

01460 / А. Ли, Т. Султанов и др.: заявитель и патентообладатель Ташкентский ин-т ирригации и мелиорации, UZ – № заяв-ки, 09.02.2016. Оpubl. 05.12.2019 г.

11. **Мартынова Н.Б., Абдулмажидов Х.А., Балабанов В.И.** Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-метод. пособие. – М.: МЭСХ, 2020. – 86 с.

12. Теория и методика расчета параметров строительных и мелиоративных машин / В.И. Балабанов, А. Ли, Н.Б. Мартынова и др. – Ташкент: Изд-во ТИИИМСХ, 2020. – 172 с.

Критерии авторства

Ли А., Балабанов В.И., Канназарова З. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись.

Ли А., Балабанов В.И., Канназарова З. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 16.03.2021 г.

Одобрена после рецензирования 15.04.2021 г.

Принята к публикации 12.05.2021 г.

10. Ustrojstvo dlya ochistki drenazhnyh koldtsev: poleznaya model FAP 01460 / A. Lee, T. Sultanov i dr.: zayavitel i patentoobladatel: Tashkentsky in-t irrigatsii i melioratsii, UZ – № zayavki, 09.02.2016. Opubl. 05.12.2019 g.

11. **Martynova N.B., Abdulmazhidov H.A., Balabanov V.I.** Rashet mashin i oborudovaniya prirodoobustroystva: uchebno-metod. posobie. – M.: MESH, 2020. – 86 s.

12. Teoriya i metodika rascheta parametrov stroitelnyh i meliorativnyh mashin / V.I. Balabanov, A. Lee, N B. Martynova i dr. – Tashkent: Izd-vo TIIMSH, 2020. – 172 s.

Criteria of authorship

Li A., Balabanov V.I. Kannazarova Z. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript.

Li A., Balabanov V.I. Kannazarova Z. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 16.03.2021

Approved after reviewing 15.04.2021

Accepted for publication 12.05.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.4:628.04.08

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-40-47

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА ПОЧВУ ПУТЕМ ЕГО ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

ХОЛУДЕНЕВА АЛИНА ОЛЕГОВНА , старший преподаватель
kholudeneva@penzgtu.ru

ЕФРЕМОВА САНИЯ ЮНУСОВНА, д-р биол. наук, профессор
efremova@penzgtu.ru

Пензенский государственный технологический университет; 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11. Россия

Цель исследования – снижение негативного воздействия осадка сточных вод производства картонно-бумажной продукции на почву путем их обезвоживания с помощью дегидрататора и подготовки к дальнейшей утилизации. Крупнотоннажные отходы осадка сточных вод промышленных предприятий при утилизации размещаются на полигонах захоронения, что неизбежно приводит к негативному влиянию на почвенный покров, захламлению территорий и выводу из хозяйственного оборота земельного фонда. В ходе проведенного исследования изучены известные методы обезвоживания влажосодержащих материалов и рассмотрено техническое решение для снижения объема образования данного вида отходов на примере картонно-бумажного производства. Предложена электроосмотическая установка, содержащая электроизоляционный корпус с электродами: анод, выполненный в виде токопроводящей крышки, и катод, выполненный в виде токопроводящего перфорированного днища корпуса, которые имеют между собой пространство для обезвоживаемых отходов. Для изучения процесса обезвоживания осадка

проведена серия экспериментов на установке-дегидрататоре при варьируемых параметрах напряжения между электродами. Результаты экспериментального исследования явились основой статистических выражений взаимного влияния напряжения между электродами, длительности обработки отхода, количества отведенной влаги. Получена модель, описывающая количество отводимой влаги за время обработки отхода. Установлены наиболее продуктивный режим работы установки и время обработки порции отходов. Доказано, что при помощи электроосмотического устройства эффективно удаляется до 70% влаги из объема отходов осадка сточных. Это позволяет значительно снизить их объемы, сократить площади при возможном или временном размещении и снизить экологическую нагрузку на природную среду.

Ключевые слова: осадок сточных вод, захламление земель, электроосмос, дегидрататор, отделение влаги, негативное воздействие

Формат цитирования: Холуденева А.О., Ефремова С.Ю. Снижение негативного влияния осадка сточных вод на почву путем его электроосмотического обезвоживания // Природообустройство. – 2021. – № 3. – С. 40-47. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-40-47.

© Холуденева А.О., Ефремова С.Ю., 2021

Scientific article

REDUCTION OF THE NEGATIVE IMPACT OF WASTEWATER SLUDGE ON THE SOIL BY ELECTROOSMOTIC DEHYDRATION

KHOLUDENOVA ALINA OLEGOVNA , senior lecturer

kholudeneva@penzgtu.ru

EFREMOVA SAHIYA YUNUSOVNA, doctor of biological sciences, professor

efremova@penzgtu.ru

Penza state technological university; 440039, Penza, proezd Baidukova, ul. Gagarina, 1a/11. Russia

The aim of the study is to reduce the negative impact of sewage sludge from the production of cardboard and paper products on the soil by dewatering them with a dehydrator and preparing them for further disposal. Large-scale wastewater sludge from industrial enterprises during utilization is placed at disposal landfills which inevitably leads to a negative impact on the soil cover, littering of territories and withdrawal of the land fund from the economic turnover. In the course of the performed study, the well-known methods of dehydration of moisture-containing material were investigated and there was considered a technical solution to reduce the volume of formation of this type of waste using the example of cardboard and paper production. An electroosmotic installation is proposed, comprising an electrical insulation housing with electrodes: an anode made in the form of a current conductive cover and a cathode made in the form of a conductive perforated bottom of the housing which have a space between them for dehydrated waste. To study the process of sludge dewatering, a series of experiments was carried out on the dehydrator unit with variable voltage parameters between the electrodes. The results of the experimental study were the basis for statistical expressions of the mutual voltage influence between the electrodes, the duration of waste processing, the amount of removed moisture. A model has been obtained that describes the amount of moisture removed during waste treatment. The most productive operating mode of the installation, the time for treatment of waste portion have been established. It has been proven that with the help of an electroosmotic device, up to 70% of moisture is effectively removed from the volume of waste sludge. This makes it possible to significantly decrease their volumes, reduce areas for possible or temporary placement and reduce the ecological load on the environment.

Keywords: waste water sludge, land littering, electroosmosis, dehydrator, moisture removal, negative impact

Format of citation: Kholudanova A.O., Efremova S.Yu. Reduction of the negative impact of wastewater sludge on the soil by electroosmotic dehydration // Prirodoobustroystvo. – 2021. – № 3. – S. 40-47. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-40-47.

Введение. Объем переработки крупнотоннажных производственных отходов в стране составляет 6-8% от общего объема образования отходов, что гораздо ниже зарубежных стран (37-87%). Данное обстоятельство указывает на необходимость вовлечения отходов в ресурсный цикл производства, что позволит существенно сократить использование природных ресурсов и вернуть в хозяйственный оборот обширные территории, занятые под их размещение. Наряду с образованием отходов производства неизбежным является образование отходов очистки сточных вод. Складирование осадков промышленных сточных вод на полигонах и полях захоронения практикуется до сих пор, что является экономически неоправданным, поскольку связано с отчуждением значительных земельных участков, загрязнением поверхностных и подземных вод.

Обработка осадков стоков — одна из технологически сложных и дорогостоящих составляющих очистных комплексов. При этом предусматриваются максимальное снижение их влажности и объема, стабилизация и обеззараживание. С учетом того, что величина объема образующихся осадков составляет около 10% объема стоков, можно представить сложность проблем их переработки. Накопление же осадков в окружающей среде создает одну из трудноразрешимых экологических проблем.

Целью исследования явилось снижение негативного воздействия осадка сточных вод производства картонно-бумажной продукции на почву путем их обезвоживания с помощью дегидрататора и подготовки к дальнейшей утилизации.

Методы исследования. Одним из проблемных вопросов в бумажном производстве является очистка сточных вод от взвешенных мелкодисперсных частиц и органических веществ, что ведет к образованию значительного количества отходов, именуемых скопом. Известные методы обезвоживания влагосодержащих материалов, например, центрифугирование, выпаривание и другие виды термического и механического воздействия, в определенной мере имеют недостатки, и применение их в этом случае нецелесообразно по отношению к данному виду сточных вод.

Названная проблема была рассмотрена в исследованиях современных

ученых — например, в статье Юань Мэн, Вэйи Лю, Хиделора Фидлер, Цзиньлан Чжан, Синьжуй Вэй, Сяохуэй Лю, Мэн Пэн, Тинтин Чжан «Оценка рисков возникновения загрязняющих веществ в процессах очистки оборотной воды производства» [1]. Вопросы переработки сточных вод рассмотрены также в статье Мохаммад Бошир Ахмед, Джон Л. Чжоу, Хуу Хао Нго, Веншан Го, Николаос С. Томайдис, Цзян Сюй «Прогресс в технологиях биологической и химической очистки для удаления и переработки загрязняющих веществ из сточных вод» [2]. Современные способы обезвоживания влагосодержащих осадков сточных вод представлены в работе Цзяли Го, Лэй Чжэн, Зифу Ли «Характеристики микроволновой сушки, потребление энергии и математическое моделирование осадка сточных вод в новой экспериментальной системе микроволновой сушки» [3].

Патентный поиск технических решений существующих устройств не способствовал решению поставленной задачи по снижению массы отхода, интенсивности и количества отделения влаги. В результате нами было предложено техническое решение, отвечающее поставленным в рамках эксперимента требованиям. Рассмотрена возможность обезвоживания отходов сточных вод с помощью дегидрататора, принцип действия основан на применении эффекта электроосмоса. Сущность технологии переработки влагосодержащих отходов заключается в использовании электроосмотического обезвоживания отходов в местах их образования. Эта технология отличается экологической безопасностью, универсальностью, а также экономичностью.

В качестве электроосмотического устройства предложен дегидрататор электроизоляционный с электродами: анод, корпус которого выполнен в виде токопроводящей крышки 3, и катод, выполненный в виде токопроводящего перфорированного днища 6 корпуса, которые имеют между собой пространство для размещения обезвоживаемой массы 2 [4]. Предусмотрена возможность установки под перфорированным днищем поддона 10 для сбора отделяющейся влаги. Поверхность электродов 3 и 6, взаимодействующая с влажным скопом, снабжена остроконечными выступами 11, которые выполнены в виде пирамид. На рисунке 1 представлена проекция общего вида предлагаемого дегидрататора [5, 6].

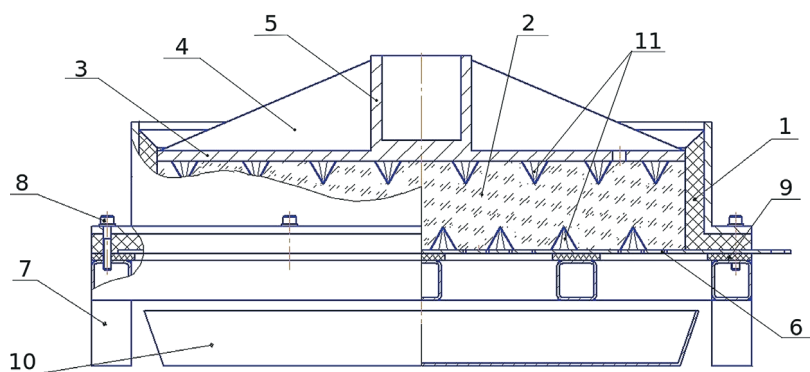


Рис. 1. Устройство дегидрататора:

1 – электроизоляционный корпус; 2 – обезвоживаемый материал; 3 – токопроводящая крышка; 4 – ребра жесткости; 5 – направляющая; 6 – токопроводящее перфорированное днище; 7 – рама; 8 – болты; 9 – изоляционные прокладки; 10 – поддон; 11 – выступы

Fig. 1. Dehydrator device:

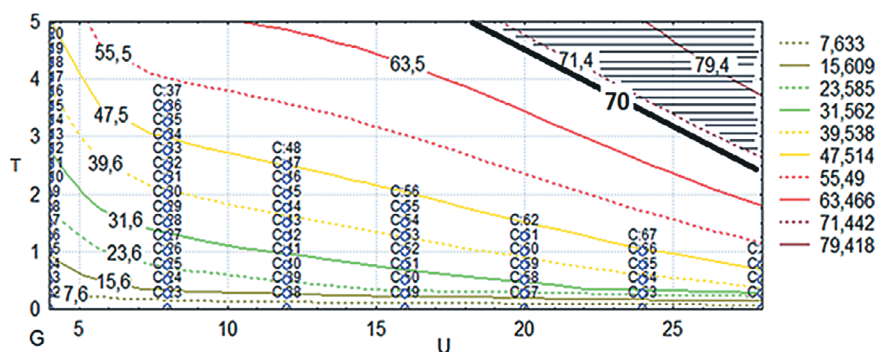
electrical insulation housing; 2 – dehydrated material; 3 – current-conducting cover; 4 – stiffening ribs; 5 – guide; 6 – current-conducting perforated bottom; 7 – frame; 8 – bolts; 9 – insulation pads; 10 – pallet; 11 – protrusions

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Осадок сточных вод после прохождения различных предварительных стадий очистки поступает на обезвоживание в дегидратор [7]. При этом крышка приподнята, а пространство под ней свободно. По мере заливки скопа он касается крышки, после чего отключается подача отходов и подводится напряжение [8]. Под действием тока и плотности целлюлоза всплывает, а жидкость может стекать в поддон через перфорированное днище. По мере уменьшения объема стоков в камере крышка опускается, а расстояние между электродами сокращается, способствуя поддержанию силы тока [9]. Наличие выступов способствует снижению зазора между электродами, так же повышая величину силы тока и ускоряя процесс отделения влаги. Кроме того, выступы на аноде и катоде препятствуют

образованию уплотнения слоев, затрудняющих эффективное действие электрического поля и задерживающих прохождение влаги [10]. При этом остроконечные выступы исключают необходимость дополнительных действий для их заглубления в рабочую массу и облегчают отвод остаточных масс [11].

Результаты исследований. Для исследования процесса обезвоживания осадка проведена серия экспериментов на предложенном устройстве при варьируемых параметрах напряжения между электродами $U(B) = 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28$. Результативное отделение влаги было получено экспериментально, из расчета порции отхода в 70 кг.

Количество отводимой влаги G (кг) от обрабатываемой порции отходов зависит от подводимого к электродам напряжения $U(B)$ и длительности воздействия T (ч) (рис. 2).

Рис. 2. Двумерное сечение модели влияния напряжения между электродами $U(B)$ и длительности обработки T (ч) на количество отведенной влаги G (кг)Fig. 2. Two-dimensional section of the voltage effect model between U electrodes (B) and T (h) treatment duration on the amount of G removed moisture (kg)

Полученные результаты исследования после регрессионной обработки представлены в виде статистических моделей. Количество отводимой влаги за время обработки описывается выражением, представленным в формуле 1:

$$G = -0.01334 \cdot U + 77.713 \cdot e^{(-25.34 + 27.576 \cdot T^{0.04} \cdot U^{-0.39} + 10.5 \cdot U^{0.167} - 21.83/U)}, \quad (1)$$

Значения статистических показателей: доверительной вероятности по F-test = 0,898257 > 0,9 и коэффициента корреляции Пирсона R = 0,988725 – говорят об адекватности полученной модели с 90%-ной доверительной вероятностью.

Размещение расчетных (по регрессионной модели) и опытных данных на красной прямой и возле нее (рис. 3) свидетельствует о хорошей сходимости результатов.



Рис. 3. График соответствия расчетных и опытных значений влияния напряжения между электродами U (В) и длительности обработки T (ч) на количество отведенной влаги G (кг)

Fig. 3. Graph of compliance of calculated and experimental values of voltage effects between U electrodes (В) and T (h) treatment duration on the amount of G removed moisture (kg)

С ростом напряжения повышается интенсивность отведения влаги от отходов, то есть происходит рост производительности устройства. В начальный период обработки интенсивность отвода влаги является высокой, а затем она постепенно снижается. При отводе 55,5 кг влаги от порции обрабатываемых отходов массой 70 кг наблюдается существенное замедление отвода влаги, то есть при достижении отведения 70% влаги от исходной массы отходов эффективность отвода жидкости резко снижается. С уменьшением напряжения время обработки возрастает, причем при напряжении менее 10 В прирост потребного времени существенно возрастает.

С течением времени хранения или обработки отходов наблюдается естественный процесс расслоения отходов по уровню влажности. В случае обработки отходов с начальной влажностью, менее исходной, необходимая длительность обработки будет определяться выражением, представленным в формуле 2:

$$T = T(W_k) - T(W_n), \quad (2)$$

где $T(W_k)$, $T(W_n)$ – прогнозируемая длительность обработки; (W_k) , (W_n) – влажность отходов на начало и конец предполагаемой обработки.

Длительность цикла работы дегидрататора составляет T_c (ч), описывается выражением, представленным в формуле 3:

$$T_c = T_z + T + T_v + T_d, \quad (3)$$

где T_z – длительность заполнения рабочей полости дегидрататора, ч; T_v – длительность опорожнения рабочей полости дегидрататора, ч; T_d – длительность неучтенных операций, ч.

С учетом количества рабочих емкостей Z (шт.) дегидрататора с массой рабочей порции отходов (кг) производительность оборудования обработки отходов будет описываться выражением, представленным в формуле 4:

$$Q_0 = \frac{M \cdot Z}{T_z + T + T_v + T_d} \geq Q_s = \frac{M_s}{N \cdot T_c \cdot \tau}, \quad (4)$$

где Q_s – средняя производительность участка за сутки, кг/ч; M_s – суточная масса отходов, кг; T_c – длительность смены обработки отходов, ч; N – количество рабочих смен за сутки, шт.; τ – коэффициент использования времени смены.

Максимально допустимое время обработки порции отходов будет описываться

выражением, представленным в формуле 5:

$$T = \frac{M \cdot Z \cdot N \cdot T_c \cdot \tau}{M_s} - (T_z + T_v + T_d). \quad (5)$$

Наиболее продуктивным режимом работы установки является режим с напряжением $U = 16$ В, время обработки порции отходов при этом составляет от 1,5 до 1,75 ч на порцию отходов 70 кг. При этом режиме удастся удалить около 45 кг жидкости за первый час работы и около 5 кг за последующее время. Общая масса влажных отходов сокращается более чем на 70% при энергозатратах, эквивалентных режиму с напряжением $U = 4$ В. Это связано с сокращением времени работы установки при повышении напряжения с 5 ч при $U = 4$ В до 1,75 ч при $U = 16$ В. При дальнейшем повышении напряжения на обкладках установки $U = 20...28$ существенное сокращение времени обработки отходов не установлено. При этом расход электроэнергии будет расти пропорционально подаваемому напряжению.

Библиографический список

1. Yuan Meng, Weiyi Liu, Heidelore Fiedler, Jinlan Zhang, Xinrui Wei, Xiaohui Liu, Meng Peng & Tingting Zhang. Fate and risk assessment of emerging contaminants in reclaimed water production processes // *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. – 2021. – Vol. № 15. – № 104. DOI: 10.1007/s11783-021-1392-8/.
2. Mohammad Boshir Ahmed, John L. Zhou, Huu Hao Ngo, Wenshan Guo, Nikolaos S. Thomaidis, Jiang Xu. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review // *Journal of Hazardous Materials* – Vol. 323. – Part A. – 2017. – S. 274-298. DOI:10.1016/j.jhazmat.2016.04.045.
3. Jial iGuo, Lei Zheng, Zifu Li. Microwave drying behavior, energy consumption, and mathematical modeling of sewage sludge in a novel pilot-scale microwave drying system // *Science of The Total Environment* – Vol. 777. – № 146109. – 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146109.
4. Пат. на полезную модель: RU195068 U1 Российская Федерация, МПК B01D61/56. Электроосмотическое устройство обезвоживания пористого материала / Холуденева А.О.; заявитель и патентообладатель Холуденева А.О.;

Выводы

На основе анализа источников литературы и проведенного патентного поиска предложено техническое устройство в виде дегидрататора для обезвоживания крупнотоннажных отходов картонно-бумажного производства.

В процессе лабораторных исследований установлено, что методом электроосмотического обезвоживания удаляют до 70% влаги из объема отхода, не прибегая к использованию коагулянтов.

Получены зависимости количества отводимой влаги от напряжения и длительности воздействия, позволяющие установить производительный режим работы дегидрататора. Наибольшая эффективность достигнута при напряжении $U = 16$ В, время обработки составляет 1,5-1,75 ч на 70 кг отходов.

Обезвоживание отходов осадка сточных вод при помощи предложенного устройства позволит значительно снизить их объемы и тем самым сократить площади при их возможном или временном размещении, предотвратить попадание химических компонентов в грунтовые воды и нарушение баланса питательных веществ в почве.

References

1. Yuan Meng, Weiyi Liu, Heidelore Fiedler, Jinlan Zhang, Xinrui Wei, Xiaohui Liu, Meng Peng & Tingting Zhang. Fate and risk assessment of emerging contaminants in reclaimed water production processes // *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. – vol. № 15. – № 104. – 2021. DOI: 10.1007/s11783-021-1392-8
2. Mohammad Boshir Ahmed, John L. Zhou, Huu Hao Ngo, Wenshan Guo, Nikolaos S. Thomaidis, Jiang Xu. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review // *Journal of Hazardous Materials* – Vol. 323, Part A. – 2017. – S. 274-298. DOI:10.1016/j.jhazmat.2016.04.045
3. Jial iGuo, Lei Zheng, Zifu Li. Microwave drying behavior, energy consumption, and mathematical modeling of sewage sludge in a novel pilot-scale microwave drying system // *Science of The Total Environment* – Vol. 777. – № 146109. – 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146109
4. Pat. 195068 U1 Rossijskaya Federatsiya, MPK B01D61/56. Elektroosmoticheskoe ustrojstvo obezvozhivaniya poristogo materiala / Kholudeneva A.O.; zayavitel i patentobladatel, Zayavka: 2019122911, 2019.07.16, opublikovano: 2020.01.14

заявка: 2019122911, 2019.07.16, опубл.: 14.01.2020.

5. **Kholudeneva A.O., Efremova S.Yu., Kononov V.V.** Studying the electrodynamic parameters of dehydration of moisture-containing waste using an electroosmotic dehydrator // *HELIX* – Vol. 10. – Issue 2. – 2020. – Pp. 104-111. DOI: 10.29042/2020-10-2-104-111.

6. **Kholudeneva A.O.** Substantiation of electric field impact use on the process of moisture separation from porous waste structures // *International transaction journal of engineering management & applied sciences & technologies*. – Vol. 11. – Iss. 3. – № 11A03K. – 2020. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.51.

7. **Холуденева А.О.** Теоретические обоснования возможности внедрения автоматизированной информационно-измерительной системы управления процессом электроосмоса / Сб. научных трудов Межд. научно-практ. конф. «Информационные технологии в экономических и технических задачах». – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2016. – С. 197-199.

8. **Холуденева А.О.** Математическое моделирование факторов, влияющих на энергоэффективность электроосмотического обезвоживания осадков сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности / Сб. научных трудов Всероссийской научно-практ. конф. «Актуальные вопросы современной науки: теория и практика научных исследований» – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2017. – С. 184-188.

9. **Kholudeneva A.O.** The study of the characteristics of electroosmotic porous waste dehydration subject to the influence of the physical model of osmosis and voltage dynamics // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. – 2018. Vol. 10. – № 10. – С. 2142-2146/

10. **Холуденева А.О., Ефремова С.Ю.** Исследование особенностей водоминерально-органического отхода целлюлозно-бумажного производства / Сб. научных трудов по материалам Всероссийской научно-практ. конф. «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения». – Саратов: Изд-во Амирит, 2019. – С. 185-188.

11. **Холуденева А.О.** Изучение особенностей энергосберегающей технологии снижения негативного воздействия осадков сточных вод // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2019. – № 10-1 (37). – С. 180-184.

5. **Kholudeneva A.O., Efremova S.Yu., Kononov V.V.** Studying the electrodynamic parameters of dehydration of moisture-containing waste using an electroosmotic dehydrator // *HELIX* – vol. 10. – issue 2. – 2020. – pp. 104-111. DOI: 10.29042/2020-10-2-104-111

6. **Kholudeneva A.O.** Substantiation of electric field impact use on the process of moisture separation from porous waste structures // *International transaction journal of engineering management & applied sciences & technologies*. – vol. № 11. – issue 3. – № 11A03K. – 2020 DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.51

7. **Kholudeneva A.O.** Teoreticheskie obosnovaniya vozmozhnosti vnedreniya avtomatizirovannoj informatsionno-izmeritelnoj sistemy upravleniya protsessom elektroosmosa // V sb.: *Informatsionnye tehnologii v ekonomicheskikh i tehniceskikh zadachah*. – Penza: PENZGTU, 2016. – S. 197-199.

8. **Kholudeneva A.O.** Matematicheskoe modelirovanie faktorov, vliyayushchih na energoeffektivnost elektroosmoticheskogo obezvozhivaniya osadkov stochnyh vod tsellyulozno-bumazhnoj promyshlennosti // V sb.: *Aktualnye voprosy sovremennoj nauki: teoriya i praktika nauchnyh issledovaniy*. – Penza: PENZGTU, 2017. – S. 184-188.

9. **Kholudeneva A.O.** The study of the characteristics of electroosmotic porous waste dehydration subject to the influence of the physical model of osmosis and voltage dynamics // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. – 2018. – vol. 10. issue № 10. – С. 2142-2146

10. **Kholudeneva A.O., Efremova S.Yu.** Issledovanie ossobennostej vodominalno – organicheskogo othoda tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva // V sb.: *Ekologicheskyy monitoring opasnyh promyshlennyh objektov: sovremennye dostizheniya, perspektivy i obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti naseleniya*. – Penza: PENZGTU, 2019. – S. 185-188.

11. **Kholudeneva A.O.** Izuchenie osobennostej energosberegayushchej tehnologii snizheniya negativnogo vozdeystviya osadkov stochnyh vod // *Mezhdunarodny zhurnal gumanitanyh i estestvennyh nauk*. – 2019. – № 10-1 (37). – S. 180-184.

Критерии авторства

Холуденева А.О., Ефремова С.Ю. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись.
Холуденева А.О., Ефремова С.Ю. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 12.05.2021 г.

Одобрена после рецензирования 05.06.2021 г.

Принята к публикации 28.06.2021 г.

Criteria of authorship

Kholudanova A.O., Efremova S.Yu. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript.

Kholudanova A.O., Efremova S.Yu. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 12.05.2021

Approved after reviewing 05.06.2021

Accepted for publication 28.06.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.67

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-47-54

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, д-р техн. наук, профессор

vbalabanov@rgau-msha.ru

МАРТЫНОВА НАТАЛЬЯ БОРИСОВНА ✉, канд. техн. наук, доцент

nmartinova@rgau-msha.ru

АБДУЛМАЖИДОВ ХАМЗАТ АРСЛАНБЕКОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

abdulmajidov@rgau-msha.ru

МАКАРОВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ, старший преподаватель

makaleksandr17@mail.ru

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

Проанализированы показатели валового сбора картофеля в Московской области за последние годы. Доказано, что рост посевных площадей не всегда приводит к повышению валового сбора. Не менее важно обеспечить комфортные условия для роста и развития растений. Осадки в Московской области в весеннее-летний период выпадают крайне неравномерно: дни с ливневыми дождями, формирующими слой осадков в десятки миллиметров, чередуются с безосадочными днями и неделями. Обоснована необходимость проведения дополнительных поливов для создания оптимального водно-воздушного баланса для развития растений, оценены преимущества использования капельного полива в этих целях, позволяющего доставлять поливную воду непосредственно в корнеобитаемую зону растения. Рекомендовано совмещение операций по формированию картофельных гребней с укладкой капельной ленты, так как в начальный период развития растению хватает запасов влаги материнского клубня и проведения дополнительных поливов не требуется. Разработана конструкция укладчика капельной ленты на базе гребнеобразователя Grimme GF-75/4 для повышения степени механизации при укладке капельной ленты. При рабочей скорости 3,2...5,5 км/ч производительность машины составила 0,51...0,97 га/ч. В ходе дальнейших исследований рассчитана норма полива с учетом эллиптической формы контура увлажнения, что позволило исключить избыточный полив. После монтажа системы капельного орошения полив осуществлялся постоянной нормой при достижении влагоемкости 70% от ППВ с корректировкой времени между поливами. Использование системы капельного полива позволило повысить урожайность картофеля сортов Ред Скарлетт и Жуковский ранний на 26,5%...28% соответственно.