

К.С.Мейрамкулова\*<sup>1</sup>, Ж.Е. Джакупова<sup>1</sup>,  
М.Т.Усербаев,<sup>2</sup>А.К. Абдыкарим<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Нур-Султан

\*Автор для корреспонденции: kuleke@gmail.com

## Изучение физико-химических закономерностей и комплексная очистка сточных вод на установке рециклинга

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены оценка эффективности очистки с установлением основных физико-химических параметров на экспериментальной лабораторной установке для рециклинга сточных вод птицефабрики. Анализ сточной воды из разных линий убойного производства по физико-химическим показателям выявил, что лабораторная установка, включающая в себе различные методы очистки, эффективно очищает воду и может быть рекомендована как технология для повторного использования на производстве. На лабораторной установке путем последовательных процессов - электрокоагуляционного воздействия и ультрафиолетового обеззараживания - была достигнута высокая степень очистки. Электролиз осуществлялся при постоянном электрическом токе в пределах 0,6-1,5 А с напряжением до 6 В в течение 10 и 5 мин, в качестве электродов использовались алюминиевые и титановые пластины. Полученные результаты демонстрировали, что содержания соединений азота составили от 0,119-36,2 мг/дм<sup>3</sup> до очистки и 0,019-5,3 мг/дм<sup>3</sup> после очистки, показатели фосфора в пределах от 5,79 мг/дм<sup>3</sup> до 0,11 мг/дм<sup>3</sup>, также хлора, соответственно, от 0,45 мг/дм<sup>3</sup> до 0,01 мг/дм<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** электрохимическая и фотохимическая очистка, загрязняющие вещества, химический анализ, электролиз, азот.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2020-133-4-54-63>

**Введение.** Тема снижения водопотребления на различных пищевых предприятиях имеет важное место для обеспечения экологической безопасности государства. Из общего пользования пресной воды по Казахстану (23542 млн. м<sup>3</sup>) на вторичное использование приходится всего лишь 48,7 млн. м<sup>3</sup> [1]. В ходе Программы по развитию аграрного сектора в Республике Казахстан на 2013-2020 годы «Агробизнес-2020» проводятся мероприятия по увеличению экономической доступности воды производителей сельскохозяйственной продукции, а также для продуктов глубокой переработки (биомасса живых клеток, биокатализ в химии, очистка почв, воды и воздуха) [2].

Загрязненные воды обуславливают собой изменение химического, физического состава и биологических характеристик, что определяет ограничения для дальнейшего использования [3]. В настоящее время одним из самых распространенных методов очистки на птицефабриках является аэробный метод [4]. Суть его заключается в использовании активного ила, но этот метод довольно энергоемкий и трудоемкий, так как процесс может значительно замедлиться из-за накопления взвешенных веществ и жиров [5].

Основной целью исследования является анализ эффективности очистки сточных вод пищевой промышленности после очистки на экспериментальной лабораторной установке, которая включает электрохимический (ЭХ) и фотохимический (УФ) методы очистки [6]. Комбинация данных методов имеет множество преимуществ по сравнению с другими методами. Электрокоагуляция не только проста в автоматизации, но и достаточно эффективна, а именно: в плане очищения сточной воды от фосфатов (которые содержатся в крови, фекальных массах и в составе чистящих средств), ничтожно малой вероятности образования осадка и очищения органического азота, источником которой также являются кровь и помет [7]. Предприятия по переработке птицы являются крупными водопотребителями, что вызывает необходимость вторичного использования сточных вод как по экологическим факторам, так и по экономическим [8].

**Материалы и методы.** Для анализа были взяты пробы сточной воды с разных линий производства на птицефабрике ПК "Ижевский", которое расположено в Акмолинской области Республики Казахстан. Отбор проб проводился в соответствии с «ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб».

Образцы технологической воды с линии пересъема и охлаждения поступали в установку, которая представляла собой ванну из органического стекла. Размер ячейки составляет 15 см x 13 см x 11 см с объемом 1000 см<sup>3</sup>. Расстояние между электродами составляет 2 см. Размеры пластин составляют 10,5 см x 11,5 см x 0,2 см и 10,5 см x 10,5 см x 0,8 см и 11,5 см x 13 см x 0,5 см для алюминиевых и титановых электродов соответственно (граф.1). Пробы сточных вод в количестве до 1 литра помещали в электролизер, через который пропускали постоянный электрический ток 0,9 А с напряжением до 6 В в течение 10 и 5 мин. В качестве электродов использовали пластины из алюминия, а также титановые электроды.

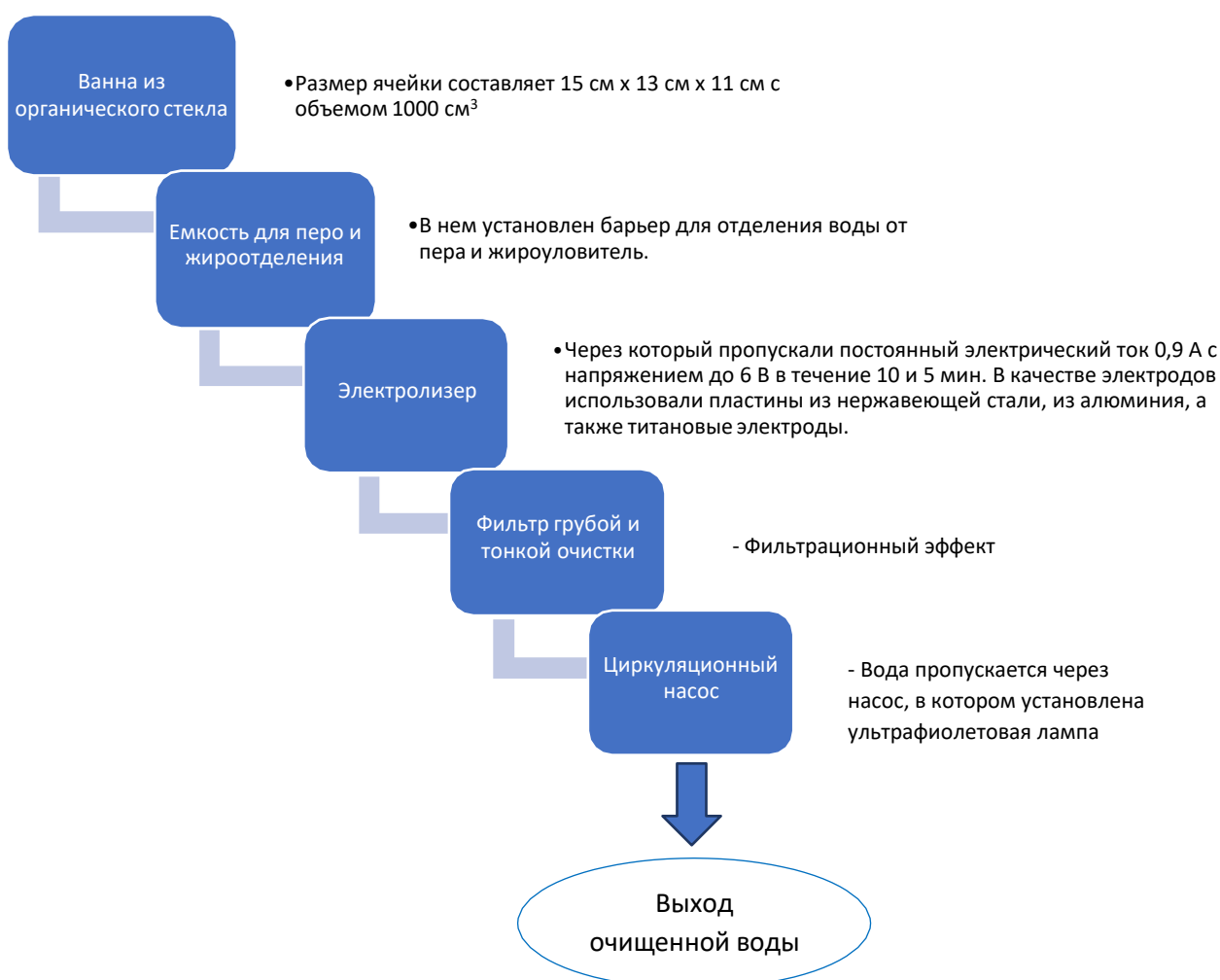


График 1. Процесс очистки сточной воды

Время экспозиции на электролизере с титановыми и алюминиевыми электродами составляло 10 минут, а УФ экспозиция производилась в течение 5 минут.

Затем отфильтрованную воду анализировали с помощью спектрофотометра (НАСНDR3900, Германия). Все параметры - цветность, мутность, взвешенные вещества, аммонийный азот, нитратный азот, нитритный азот, хлориды и фосфаты - были определены с использованием стандартных реагентов и наборов для испытаний в соответствии с методами, приведенными в НАСН со.

Эффективность очистки были рассчитана по формуле:

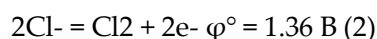
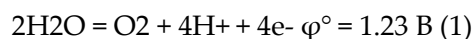
$$\text{Эффективности очистки (\%)} = \frac{C_{\text{до}} - C_{\text{после}}}{C_{\text{до}}} * 100\%,$$

где  $C_{\text{до}}$  и  $C_{\text{после}}$  – начальные и конечные концентрации показателей.

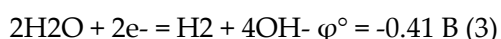
**Результаты.** Основные физико-химические показатели сточной воды с различных линий производства до и после очистки на экспериментальной лабораторной установке приведены в таблицах 1-3. В результате проведения комбинированной электро- и фотохимической очистки сточных вод птицефабрики все исследованные параметры находятся в пределах допустимых нормативных значений.

В данном исследовании удаление азотных соединений из сточных вод может быть вызвано их конверсией в молекулярный азот  $N_2$ . Многие исследователи утверждают, что механизм электрохимической очистки от азотных соединений является комплексным и зависит от многих факторов, а именно: добавления электролитов, материала электрода, плотности тока, природы ионов и т.д. Однако известно, что в результате электрохимического процесса аммоний ионы  $NH_4^+$  окисляются за счет протекающих различных химических реакций с образованием продуктов в виде газообразного азота, нитратов, нитритов,  $NO_x$  и др. [9,10].

Гипохлорит ионы ( $OCl^-$ ) и хлорноватистая кислота являются основными ионами, ответственными за непрямо окисление аммонийных ионов до свободного азота [11]. Когда электрический ток проходит через сточную воду на аноде происходят реакции разложения воды с выделением кислорода и окисления хлорид ионов (которые присутствуют в сточной воде) до молекулярного хлора согласно нижеприведенным уравнениям 1-2.



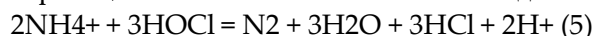
На катоде происходит электрохимическое восстановление воды, сопровождающееся выделением водорода (уравнение 3):



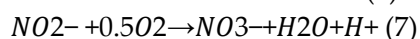
Генерированный на аноде молекулярный хлор далее подвергается реакции гидролиза с образованием хлорноватистой кислоты согласно уравнению реакции 4:



Из-за высокого окислительного потенциала образовавшаяся хлорноватистая кислота далее участвует в реакции окисления ионов аммония до газообразного азота (уравнение 5):



Согласно уравнениям 6-7 аммонийные ионы также могут окисляться до нитритов и нитратов, при взаимодействии с кислородом, выделяющимся при электролизе, происходит процесс нитрификации:



В результате физико-химических исследований с линии охлаждения (Таб.1) количество взвешенных веществ снизилось от 569 до 4 мг/дм<sup>3</sup>, что привело к снижению цветности и мутности воды, а нитратные, нитритные и аммонийные ионы снизились до нормы, за счет реакции нитрификации: аммоний переходит в нитритные и нитратные ионы при взаимодействии с кислородом, выделяющимся при электролизе.

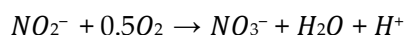
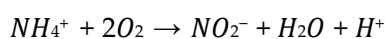


Таблица 1

Результаты физико-химического анализа сточной воды с линии охлаждения до и после электролизной и комбинированной очистки на лабораторной установке

Показатели	До очистки, мг/дм <sup>3</sup>	После очистки		Нормативные показатели
		10 мин электролиз, мг/дм <sup>3</sup>	10/5 мин электролиз/фотохимия, мг/дм <sup>3</sup>	
рН	7,7	7,2	7,2	He > 6-9
Мутность	215	324	0,0	He > 1,5 мг/дм <sup>3</sup>
Цветность	3490	2061	35	He > 20
Взвешенные вещества	569	371	4	
Хлор свободный	0,45	0,01	0,01	He > 0,3-0,5 мг/дм <sup>3</sup>
Хлор общий	0,04	0,0	0,0	He > 0,8-1,2 мг/дм <sup>3</sup>
Азот нитритов	0,119	0,0	0,019	He > 3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Азот нитратов	22	12,7	3,8	He > 45,0 мг/дм <sup>3</sup>
Фосфаты и общий фосфор	5,79	4,8	0,11	He > 3,5 мг/дм <sup>3</sup>
Аммонийный азот	1,35	1,24	0,16	He > 2,0 мг/дм <sup>3</sup>

Концентрация нитритов ничтожно мала, так как нитрит является промежуточным ионом. Он быстро окисляется до нитратов. Также наблюдается переход аммония в молекулярный азот при присутствии хлора.

Соединения фосфора могут легко переходить из одной формы в другую. При электролизе фосфатные ионы нейтрализуются катионами металлов. Поэтому концентрация фосфатных ионов составила 0,11 мг/дм<sup>3</sup> [12]. Таким образом, норма концентраций азотосодержащих и фосфатных ионов характеризует отсутствие органических веществ животного происхождения и нитрифицирующих бактерий в воде[13].

Таблица 2

Результаты физико-химического анализа сточной воды с линии пересъема до и после комбинированной очистки на лабораторной установке

Показатели	До очистки, мг/дм <sup>3</sup>	10/5 мин электролиз/фотохимия, мг/дм <sup>3</sup>	Нормативные показатели
рН	7,4	7,2	Не > 6-9
Мутность	177	0	Не > 1,5 мг/дм <sup>3</sup>
Цветность	1844	33	Не > 20
Взвешенные вещества	312	1	
Хлор свободный	0,31	0,07	Не > 0,3-0,5 мг/дм <sup>3</sup>
Хлор общий	0,21	0,09	Не > 0,8-1,2 мг/дм <sup>3</sup>
Азот нитритов	0,181	0,040	Не > 3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Азот нитратов	36,2	5,3	Не > 45,0 мг/дм <sup>3</sup>
Фосфаты и общий фосфор	5,45	0,19	Не > 3,5 мг/дм <sup>3</sup>
Аммонийный азот	2,16	1,10	Не > 2,0 мг/дм <sup>3</sup>

Эффективность очистки в исследуемых случаях идентичная, рассчитывалась по сточной воде с линии пересъема и линии охлаждения вместе (Таб.3, Граф.2)

Таблица 3

Эффективность очистки физико-химических показателей сточной воды с линий пересъема и охлаждения

Показатель	Эффективность очистки с линии охлаждения	Эффективность очистки с линии пересъема
Мутность	100%	100%
Цветность	99,9%	99,9%
Взвешенные вещества	99,2%	99,6%
Хлор свободный	97,7%	77,4%
Хлор общий	58%	57%
Азот нитритов	84,03%	77,9%
Азот нитратов	82,7%	85,3%
Фосфаты и общий фосфор	98,1%	96,5%
Аммонийный азот	88,1%	49%

Исходя из результатов до и после комбинированной очистки с линии пересъема на лабораторной установке по физико-химическим показателям видно, что сточная вода содержала меньше концентраций взвешенных веществ по сравнению с линией охлаждения, но при этом эффективность очистки на одном уровне (Граф.2).

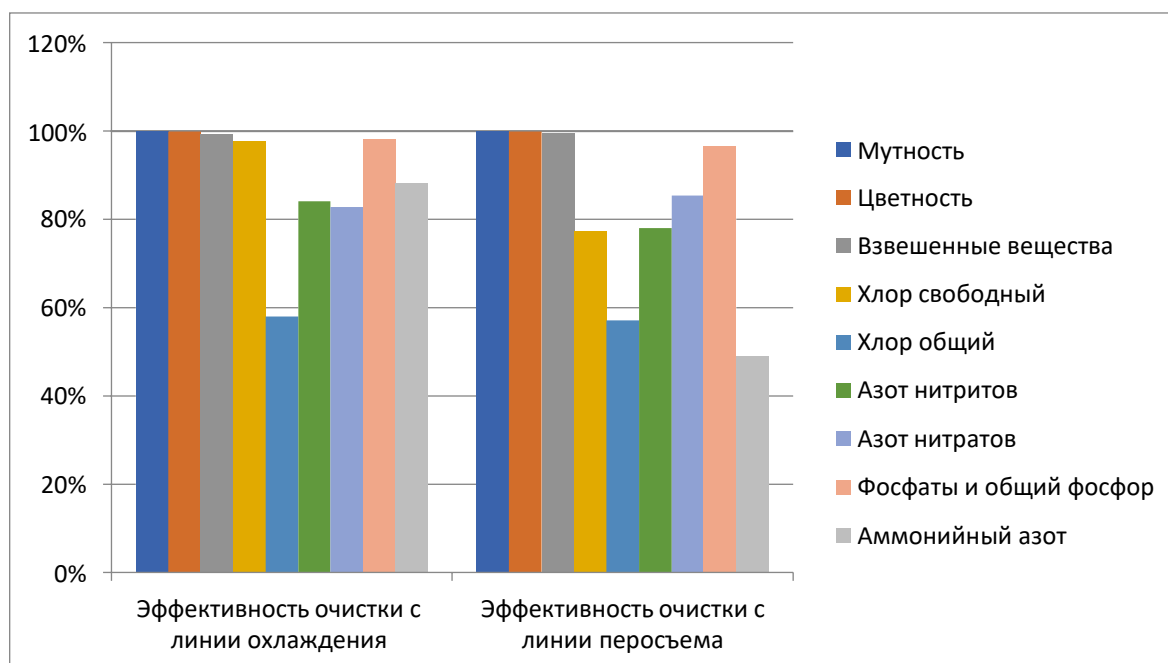


График 2. Эффективность очистки сточной воды птицефабрики на экспериментальной лабораторной установке

Как показано в таблицах 1 и 2, использование только одного метода очистки недостаточно. Необходимо комбинировать различные методы, чтобы добиться результатов. Особенно это заметно по содержанию концентрации хлора, который после комбинации методов уменьшается в 2 раза [6,7,14]. Физические показатели (мутность, цветность и взвешенные вещества) достигают 100% эффективности очистки.

**Выводы.** В данном исследовании были использованы два метода очистки: электрохимический и фотохимический. Очистка сточной воды анодным окислением и катодным восстановлением способствует поляризации коллоидных частиц и распаду токсичных соединений на простые соединения. Тем самым обеспечивается извлечение загрязнителей из сточных вод.

При электрохимической очистке были использованы алюминий-титановые электроды. Так как под действием тока происходит растворение анода, в воду переходят катионы алюминия. Они образуют гидроксиды металлов в виде хлопьев и наступает интенсивная коагуляция, что благотворно влияет на очистку сточных вод.

Фотохимическая лабораторная установка предназначена для проверки предполагаемых технических решений и уточнения отдельных характеристик. Этот метод экологически безопасный, так как в отличие от окислительных технологий (хлорирование, озонирование) после воздействия УФ в воде не образуется вредных органических соединений, даже в случае многократного превышения требуемой дозы. При этом УФ установка более компактна по размерам и достаточно проста в эксплуатации.

В результате комбинированного метода эффективность очистки аммонийных, нитратных, нитритных и фосфатных ионов достаточно высокая, что не допускает рост обсеменённости микроорганизмами в воде. Высокий показатель эффективности очистки от взвешенных веществ свидетельствует об избавлении от коллоидных частиц жира, белка и других органических соединений.

Таким образом, очистка сточных вод цехов птицеводства с высоким содержанием остатков перьев, крови и жира, а также патогенных микроорганизмов через лабораторную электрофотохимическую установку, обеспечивает суммарно эффективное обеззараживание и детоксикацию от всех содержащихся в нем вышеперечисленных примесей, что обеспечивает соблюдение норм выбросов вредных веществ в окружающую среду. Очищенная вода соответствует техническим нормам и может быть рекомендована для использования в технических целях птицефабрики повторно.

### Список литературы

1. Статистический комитет Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. URL: <https://stat.gov.kz/search>. (Дата обращения: 03.03.2020).
2. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы «Агробизнес-2020»: URL: <https://business.gov.kz/ru/business-support-programs/detail.php?ID=50944> (Дата обращения: 16.02.2020)
3. Мандро Н.М. Перспектива совершенствования технологических методов переработки мяса цыплят-бройлеров// Хранение и переработка сельхозсырья. - Москва: Пищевая промышленность. – 2006. - №10. - С.41–43.
4. Parawira W., Kudita I., Nyandoroh M.G., Zvauya R. A study of industrial anaerobic treatment of opaque beer brewery wastewater in a tropical climate using a full-scale UASB reactor seeded with activated sludge // Process. Biochem. –2005. –Vol. 40. –P. 593– 599.
5. Masse D., Masse L. The effect of temperature on slaughterhousewastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors // Bioresour. Technol. –2001. –Vol. 76. –P. 91–98.
6. Meiramkulova K.S., Tolysbayev B.K., Kydyrbekov A.S., Rink L.I., Tsoy Yu.A., Lyubimov V.E., Mishurov N.P. Ekologicheskaya otsenka vodopolzovaniya ptitsefabrik Respubliki Kazakhstan// Tehnika i oborudovanie sela. -2018. -№ 12. -P. 30-32.
7. Del Nery V., Nardi I.R., Damianovic M.H.Z., Pozzi E. Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant // Resour. Conserv. Recy. –2007. –Т.50. –С.102–114.
8. Патент РФ № 99124131/12, 20.10.2001 Горлов И.Ф.; Митрофанов А.З.; Каренгина Т.В. Способ очистки технологической сточной воды птицеперерабатывающих фабрик // Патент России № 2174958. 1999. - URL: <http://ru-patent.info/21/70-74/2174958.html> (Дата обращения: 16.02.2020)
9. Lin S.H., Wu C.L. Electrochemical removal of nitrite and ammonia for aquaculture// Water Res., 1996, Vol. 30, P. 715-721.
10. A.C.A. De Vooy, R.A. Van Senten, J.A.R. Van Veen. Electricatalitic reduction of NO<sub>3</sub>- on palladium/copper electrodes// J. Mol. Catal. A Chem., 2000, Vol. 154, P. 203-215.
11. Kapalka A., Cally A., Neodo S., Comninellis C., Wachter M., Udert K.M. Electrochemical behavior of ammonia at Ni/Ni(OH)<sub>2</sub> electrode// Electrochem. Commun. -2010. - Vol.12. - P. 18-21.

12. Капалка А. Окисление аммиака до азота, опосредованное электрогенерированным активным хлором на Ti / PtOx-IrO<sub>2</sub> // Электрохимия связи. – 12 (9). – С.1203-1205.
13. Kazem G., Ghasem A., Hassan Z. Electrochemical treatment of poultry slaughterhouse wastewater using iron and aluminium electrodes//Res. Journal of Chem. and Envir. -2012. –Vol. 16 (3). – P. 98-103.
14. K. Eryuruk. Electrochemical treatment of wastewaters from poultry slaughtering and processing by using iron electrodes// Journal of Cleaner Prod. -2018. 172. –P. 1089-1095.

**К.С. Мейрамкулова, Ж.Е. Джакупова А. К. Абдыкарим**

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-сұлтан, Қазақстан*

### **Суды екінші рет пайдалану үшін эксперименттік зертханалық қондырғыда ағындысуларды тазартудың физика-химиялық көрсеткіштерін талдау**

**Аннотация:** Бұл мақалада құс фабрикасының ағынды суларын қайта өңдеуге арналған эксперименттік зертханалық қондырғыда негізгі физика-химиялық көрсеткіштерін орнату арқылы тазалаудың тиімділігін бағалау қарастырылған. Сою өндірісінің әртүрлі бағыттарындағы ағынды суларды физика-химиялық көрсеткіштері бойынша талдау әртүрлі тазарту әдістерін қамтитын зертханалық қондырғы суды өндірісте қайта пайдалану үшін тиімді тазартатынын анықтады. Бұл қондырғыда тізбекті процестер: электрокоагуляциялық әсер ету және ультракүлгін зарарсыздандыру нәтижесінде ағынды сулар жоғары дәрежеде тазаланады. Электролиз 0,6-1,5 А аралығындағы тұрақты электр тогында 6 В кернеумен 10 және 5 мин аралығында жүргізілді, электрод ретінде алюминий және титан пластиналары қолданылды. Алынған нәтижелер азот қосылыстарының құрамы тазартуға дейін 0,119-36,2 мг/дм<sup>3</sup> және тазартудан кейін 0,019-5,3 мг/дм<sup>3</sup> құрағанын, фосфор 5,79 мг/дм<sup>3</sup>-ден 0,11 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін, сондай-ақ хлор көрсеткіштері 0,45 мг/дм<sup>3</sup>-ден 0,01 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін өзгергенін көрсетті.

**Түйін сөздер:** электрохимиялық және фотохимиялық тазалау, ластаушы заттар, химиялық талдау, электролиз, азот.

**K.S. Meiramkulova, Zh. E. Jakupova, A.K. Abdykarim**

*Department of Management and Engineering in the field of environmental protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

### **Analysis of physical and chemical properties of wastewater treatment by an experimental laboratory facility for water reuse**

**Annotation:** This paper studies the efficiency of water treatment by detecting the main physical and chemical properties of water at the experimental facility for recycling wastewater in a poultry farm. Analysis of physical and chemical properties of wastewater at different lines of slaughtering stage revealed that the laboratory facility combined with different water treatment technologies efficiently purifies water to be reused. This facility by the process of electrocoagulation and ultraviolet disinfection ensures high degree of purification. Electrolysis was carried out at the direct current of 0.6-1.5 A with a



voltage of up to 6 V for 10 and 5 minutes. Aluminum and titanium plates were used as electrodes. The results revealed that the content of nitrogen compounds was 0.119-36.2 mg/dm<sup>3</sup> before purification and 0.019-5.3 mg/dm<sup>3</sup> after purification, phosphorus variables were from 5.79 mg/dm<sup>3</sup> to 0.11 mg/dm<sup>3</sup>, and chlorine, respectively, equaled from 0.45 mg/dm<sup>3</sup> to 0.01 mg/dm<sup>3</sup>.

**Key words:** Electrochemical and photochemical purification of water, pollutants, chemical analysis, electrolysis, nitrogen.

## References

1. Statisticheskiiy komitet Respubliki Kazahstan [Statistical Committee of the Republic of Kazakhstan]. [Elektronnyiy resurs]. Available at: <https://stat.gov.kz/search> (Accessed: 03.03.2020)
2. Agribusiness 2020 Development Program for the Agro-Industrial Complex in the Republic of Kazakhstan for 2013-2020. [Web resource]. – Available at: <https://business.gov.kz/ru/business-support-programs/detail.php?ID=50944> (accessed 16.02.2020)
3. Mandro N.M. Perspektiva sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh metodov pererabotki myasa chy`plyat-brojlerov [The prospect of improving technological methods for processing broiler chicken meat], Khranenie i pererabotka sel`khozsy`r`ya. - Moskva: Pishhevaya promy`shlennost` [Storage and processing of agricultural raw materials. Food industry], № 10, 41–43(2006).
4. Parawira W., Kudita I., Nyandoroh M.G., Zvauya R. A study of industrial anaerobic treatment of opaque beer brewery wastewater in a tropical climate using a full-scale UASB reactor seeded with activated sludge, Process. Biochem, 40, 593– 599(2005).
5. Masse D., Masse L. The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors, Bioresour. Technol. 76, 91–98(2011).
6. Meiramkulova K.S., Tolysbayev B.K., Kydyrbekov A.S., Rink L.I., Tsoy Yu.A., Lyubimov V.E., Mishurov N.P., Ekologicheskaya otsenka vodopolzovaniya pitsefabrik Respubliki Kazahstan, Tehnika i oborudovanie sela, № 12, 30-32(2018).
7. Del Nery V., Nardi I.R., Damianovic M.H.Z., Pozzi E. Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant, Resour. Conserv. Recy. 50, 102–114(2007).
8. Patent 99124131 of Russian Federation. - The method of purification of technological wastewater from poultry processing plants / Gorlov I.F., Mitrofanov A.Z., Karengina T.V.; published 10.20.2001, Bulletin 12.- 3 p – Available at: <http://ru-patent.info/21/70-74/2174958.html> (accessed 16.02.2020)
9. Lin S.H., Wu C.L. Electrochemical removal of nitrite and ammonia for aquaculture. Water Res., 30, 715-721(1996).
10. A.C.A. De Vooys, R.A. Van Senten, J.A.R. Van Veen. Electricatalitic reduction of NO<sub>3</sub>- on palladium/copper electrodes, J. Mol. Catal. A Chem., 154, 203-215(2000).
11. Kapalka A., Cally A., Neodo S., Comminellis C., Wachter M., Udert K.M.. Electrochemical behavior of ammonia at Ni/Ni(OH)<sub>2</sub> electrode. Electrochem. Commun., 12, 18-21(2010).
12. Kapalka A. Okislenie ammiaka do azota, oposredovannoe elektrogenerirovannym aktivnym hlorom na Ti / PtOx-IrO<sub>2</sub>//Elektrohimiya svyazi. 12 (9), 1203-1205(2010).
13. Kazem G., Ghasem A., Hassan Z. Okislenie ammiaka do azota, oposredovannoe e`lektrogenerirovannym aktivnym khlorom na Ti / PtOx-IrO<sub>2</sub> [Electrochemical treatment of poultry slaughterhouse wastewater using iron and aluminium electrodes], E`lektrokimiya svyazi [Res. Journal of Chem. and Envir.], 16 (3), 98-103(2012).
14. Eryuruk K. Electrochemical treatment of wastewaters from poultry slaughtering and processing by using iron electrodes, Journal of Cleaner Prod., 172, 1089-1095(2018).

**Сведения об авторах:**

*Мейрамкулова К. С.* - д.б.н., профессор кафедры управления и инжиниринга в сфере охраны окружающей среды Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

*Джакупова Ж.Е.* – к.х.н., доцент кафедры химии, Евразийский национальный университет им Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

*Абдыкарим А.К.* - младший научный сотрудник кафедры управления и инжиниринга в сфере охраны окружающей среды, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

*Meiramkulova K.S.* – Doctor of Biological Science, Professor, Department of Management and Engineering in the field of environmental protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan Str.13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

*Jakupova Zh. E.* – Candidate of Chemical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan Str.13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

*Abdykarim A.K.*- Junior Researcher of the Department of Management and Engineering in the Field of Environmental Protection of the L.N. Eurasian National University, Kazhymukhan Str.13, Nur-Sultan, Kazakhstan.