Рисунок 2. Web-приложение карты твердости поля

Использованные источники:

1. Федоренко В.Ф., Рухович Д.И., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В., Трубников А.В., Мишунов Н.П. Оценка внутриполевой неоднородности почвенного покрова для технологий координатного земледелия // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 9. – С. 2-6.
2. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 140 с.
3. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Современные микропроцессорные системы для разработки средств испытаний // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 31-32.
4. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Беспроводное устройство для измерения глубины хода рабочих органов сельскохозяйственных машин // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 3. – С. 13-17.
5. Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С. Техническое средство мониторинга твердости почвы в системе координатного земледелия // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 12 (282). – С. 17-19.

УДК 636.5.034

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-220-225

*Мейрамкулова К.С., Темирбекова А.Ж.,
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан,
Республика Казахстан*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ ОТ МИКРООРГАНИЗМОВ СТОЧНЫХ ВОД ПТИЦЕФАБРИКИ

В этой статье отражены результаты исследования эффективности установки комбинированной очистки с электролизом (ЭК), ультрафильтрацией и ультрафиолетовым излучением (УФ) с точки зрения инактивации микробов в сточных водах птицефабрики. В ходе исследования было выявлено общее микробное число (ОМЧ), общее количество колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), патогенная флора, включая колифаги сальмонеллы, споры сульфитредуцирующих клостридий, синегнойная палочка, золотистый стафилококк и энтерококк. Исследованиями установлено, что от 63,95 % до 99,83 % микробов было удалено установкой электрохимической обработки, а эффективность удаления от 99,86 % до 100 % была достигнута после комбинированной обработки.

Ключевые слова: электролиз, электроды, бактерии, УФ-облучение, сточные воды, обеззараживание.

Введение. Для обеспечения повторного использования воды необходимо применять одну или несколько обработок, которые облегчают удаление твердых частиц и уменьшают микробную нагрузку. Знание параметров воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду и соответствующего недорогого эффективного метода очистки сточных вод важно для экологии водных ресурсов [1]. Удаление неорганических, органических загрязнений и патогенных микроорганизмов во время очистки сточных вод достигается путем электрокоагуляции. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с химической коагуляцией – простой принцип работы, автоматизацию, короткое время удерживания, отсутствие затрат на химические реагенты. Электрокоагуляция представляет собой электрохимический процесс с использованием постоянного тока для удаления загрязнений из раствора. В этом процессе коагулянт состоит из прочных материалов, полученных путем электролитического окисления анода [2]. Стадия электрокоагуляции была оптимизирована с учетом конструкции электрода, приложенного напряжения, времени [3]. Органическое загрязнение сточных вод вызвано жиром, непереваренной пищей, кровью, взвешенными веществами, мочевыми выделениями, экскрементами и коллоидными частицами [4]. При помещении микроорганизмов в электростатические поля происходит уменьшение размеров клеток за счет дегидратации и частичного разрушения мембранной оболочки. При этом снижается их чувствительность к действию некоторых химических веществ.

Ультрафиолетовое излучение полностью разрушает внешнюю клеточную мембрану микроорганизма, в результате чего нарушается его ДНК, что, в свою очередь, препятствует размножению [5], микроорганизмы, подвергающиеся воздействию бактерицидных длин волн УФ-света, становятся неспособными к размножению и заражению, что делает их безвредными. В этом исследовании изучалась комплексная лабораторная очистная установка с электрокоагуляцией, ультрафильтрационной очисткой и УФ-излучением на предмет ее потенциального применения для устранения микробов из сточных вод птицефабрик.

Материалы и методы. Образцы сточных вод, использованные в данном исследовании, были отобраны на птицефабрике «Ижевская», расположенной в селе Ижевское Аршалинского района Акмолинской области Республики Казахстан. Среднее ежедневное количество сточных вод, образующихся в производственных процессах, составляет примерно 2,5 м³/ч. Образцы были собраны и сохранены при 4° С для транспортировки в лабораторию. Пробы сточных вод обрабатывались на очистных сооружениях, установленных в лаборатории управления водными ресурсами и окружающей средой Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева в г. Нур-Султан Республики Казахстан. Образцы проб для анализа отбирались после электрохимической обработки для выявления эффективности электролизной обработки с точки зрения микробной инактивации. Экспериментальная установка: очистная установка состояла из последовательно установленных блоков электрохимической очистки (ЭК), ультрафильтрационной очистки и ультрафиолетовой очистки (УФ) в качестве основных очистных сооружений. В каждом опыте использовалось 1,7 л сточных вод. Основной процесс обработки начинался с блока ЭК путем подачи однополярного напряжения на металлические пластины-электроды от блока питания. Сточные воды из установки ЭК затем подвергались ультрафильтрационной обработке, подготавливая сточные воды для ультрафиолетовой дезинфекции.

Результаты и обсуждение. Фекальное загрязнение определялось наличием штаммов *Escherichia coli*. На селективной питательной среде отмечался сплошной рост колиформных бактерий из проб воды, взятых перед очисткой на комбинированной промышленной установке. Культуральные, а также биохимические исследования показали их значительное присутствие, а именно: на МПА (мясо-пептонный агар) представляли собой слабо выпуклые полупрозрачные сероватые колонии; на средах ENDO в виде малиновых колоний с металлическим блеском; по ферментативной активности выявлен как каталаза-положительная, окислительно-отрицательная культура.

Выявлен *Enterococcus faecalis*, типичный представитель микробиоты сточных вод птицефабрики, который также как и *Escherichia coli* свидетельствует о фекальном загрязнении и одновременно является патогеном. Патогенную флору составили бактерии рода *Salmonella* и *Pseudomonas aeruginosa*. Бактерии *Pseudomonas aeruginosa* отличались особой устойчивостью к заключительной стадии очистки, т. е. обеззараживанию ультрафиолетом, продолжительность которого лимитировалось их отсутствием, тогда как остальная патогенная флора уже погибала.

Для индикации исследуемых микроорганизмов *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* проводили биохимические анализы на оксидазную и каталазную активность, а также на сахаролитическую способность.

Таблица 1

Характеристики сточных вод (количество проб = 12)

Показатели	Минимум КОЕ	Максимум КОЕ
ОМЧ	1353	2306
ОКБ	1125	2449
ТКБ	569	1035
Патогенная флора, включающая бактерии рода <i>Salmonella</i>	45	83
Колифаги	29	47
Споры сульфитредуцирующих клостридий	52	89
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2555	4003
<i>Staphylococcus aureus</i>	2032	3907
<i>Enterococcus</i>	1007	2070

Примечание: КОЕ – колониеобразующая единица; ОМЧ в КОЕ/мл, все остальные параметры в КОЕ/100 мл, ОМЧ – общее микробное число, ОКБ – общее количество бактерий кишечной палочки, ТКБ – термотолерантные бактерии кишечной палочки.

Для количественного микробиологического анализа использовали системы вакуумной фильтрации Sartorius-Stedim Biotech, в ходе которого отбирали пробы воды объемом по 100 мл, затем фильтровали через мембранные фильтры (система вакуумной фильтрации (Sartorius-Stedim Biotech) и культивировали их на специальных питательных подложках (Sartorius-Stedim Biotech) при 37 °С в течение 48 часов. Затем анализировали обеззараживающий эффект разработанной комбинированной установки до и после водоочистки. Для полной идентификации проводили окраску по Граму, определение формы и размера клетки, анализ химического состава клеточной стенки, анализ на подвижность, наличие капсулы, спор, типа дыхания и биохимическую активность.

Результаты количественного микробиологического анализа сточной воды до очистки показали высокое микробное число, что свидетельствовало об общей бактериологической загрязненности воды и высокой вероятности наличия патогенных организмов. Присутствие аэробных микроорганизмов сопровождалось высоким БПК (*N:P*) до очистки, тогда как в отсутствии их показатель БПК уменьшился до менее 5.

Как и следовало ожидать микробиота до очистки была представлена характерным разнообразием: от фекальной до патогенной микрофлоры, чему способствовало органическое загрязнение сточной воды, и подтверждает высокий показатель БПК₅, который составлял 1300.

Таблицы 2 и 3 содержат сводку результатов микробного анализа.

Таблица 2

Микробиологические результаты после электрохимической очистки сточных вод
(количество образцов = 12)

Показатели	Минимум КОЕ	Максимум КОЕ	Нормативные показатели
ОМЧ	34	100	менее 50 КОЕ в 1мл
ОКБ	0	36	отсутствие КОЕ в 100мл
ТКБ	0	87	отсутствие КОЕ в 100мл
Патогенная флора, включающая бактерии рода <i>Salmonella</i>	0	84	отсутствие КОЕ в 100мл
Колифаги	0	2	отсутствие КОЕ в 100мл
Споры сульфитредуцирующих клостридий	2	5	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	20	46	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	16	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Enterococcus</i>	0	4	отсутствие КОЕ в 100мл

Таблица 3

Микробиологические результаты очищенных сточных вод
(количество образцов = 12)

Показатели	Минимум КОЕ	Максимум КОЕ	Нормативные показатели
ОМЧ	0	0	менее 50 КОЕ в 1мл
ОКБ	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
ТКБ	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
Патогенная флора, включающая бактерии рода <i>Salmonella</i>	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
Колифаги	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
Споры сульфитредуцирующих клостридий	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	13	5	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Enterococcus</i>	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл

Показатели ОМЧ и ОКБ были основными микробиологическими параметрами, исследованными при отдельной обработке проб сточных вод из секций очистки и охлаждения убойного цеха птицефабрики. В целом, комплексная очистная установка достигла более 99,83 % эффективности удаления микробов. Результаты показывают, что подход к очистке может быть высокоэффективным даже при воздействии сточных вод с изменяющейся нагрузкой загрязнения. Впечатляющая производительность может быть тесно связана с тем фактом, что каждое устройство интегрированного завода обладает определенной способностью уничтожать микробиологию.

Качество сточных вод после электрохимической очистки. В некоторых случаях блок электрохимической очистки был в состоянии устранить все микробы в сточных водах с нулевым (0) количеством микробов, достигнутым в качестве минимального значения концентрации для ОКБ, ТКБ, патогенной флоры, включая сальмонеллу, фаги кишечной палочки,

золотистый стафилококк, а также энтерококк. В целом, наименьшее среднее значение концентрации от эффлюента ЭК наблюдалось у колифагов, достигающих 1 КОЕ/1000 мл. Однако следует также отметить, что концентрация колифагов в неочищенных сточных водах, в целом, была низкой. Кроме того, отделение ЭК столкнулось с серьезной проблемой удаления патогенной флоры, в т. ч. сальмонеллы. Средняя концентрация патогенной флоры, включая сальмонеллу, составляла 78 КОЕ/100 мл в неочищенных сточных водах, в то время как блок очистки ЭК смог снизить концентрацию до 28 КОЕ/100 мл, что можно охарактеризовать как низкую производительность по сравнению с другими изученными микробными параметрами. Ток ЭК и потенциал электрода (анода) являются одними из важных параметров, которые имеют наибольшее влияние на скорость производства сильных окислителей, ответственных за уничтожение микробов [6]. В этом отношении корректировка тока ЭК может значительно улучшить производительность блока обработки с точки зрения уничтожения микробов.

Конечное качество сточных вод после комбинированной очистки. Из таблицы 2 видно, что после комбинированной обработки очистная установка смогла устранить все микробы в сточных водах по всем изученным микробным параметрам, за исключением *Pseudomonas aeruginosa*. Для *Pseudomonas aeruginosa* в установках для обработки не наблюдалось 0 КОЕ/100 мл во время некоторых экспериментальных сессий, и микробный параметр, как правило, наблюдался как наиболее устойчивая группа среди изученных микробных параметров. В среднем после комбинированной обработки в последних сточных водах регистрировалось количество микробов 5 КОЕ/100 мл для *Pseudomonas aeruginosa*. Максимальное зарегистрированное количество микробов *Pseudomonas aeruginosa* составляло 13 КОЕ/100 мл. Однако в некоторых экспериментах очистка достигала 0 КОЕ/100 мл для *Pseudomonas aeruginosa*, как показано в таблице 2.

В целом, несмотря на проблему с *Pseudomonas aeruginosa*, такой метод смог достичь 0 КОЕ/100 мл в качестве минимального зарегистрированного значения концентрации для всех изученных микробных параметров после 40 минут удержания и в среднем 5,5 А от блока обработки ЭК, а также комбинация дозы излучения 60 мДж/см² и времени удержания от УФ-блока 24 мин. Это означает, что в списке экспериментов, по крайней мере, один эксперимент показал, как очистная установка инактивировала все микробы в сточных водах. Это явление указывает на то, что в зависимости от характеристик сточных вод подход к очистке может устранить микробы до 0 КОЕ/100 мл. С точки зрения эффективности установка для обработки ЭК способна удалить большинство микроорганизмов с эффективностью в диапазоне от 64,1 % до 99,83 %. В неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 1780 КОЕ/мл для общего микробного числа, после обработки ЭК было зарегистрировано в среднем 62 КОЕ/мл, что эквивалентно эффективности удаления 96,52 %. Для общих колиформных бактерий в неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 1991 КОЕ/100 мл, при этом 20 КОЕ/100 мл были зарегистрированы как среднее количество после обработки ЭК, что эквивалентно 99 % эффективности удаления. Кроме того, в неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 793 КОЕ/100 мл ТКБ, а после электрохимической обработки было зарегистрировано среднее количество 29 КОЕ/100 мл, что эквивалентно эффективности удаления – 96,34 %. В неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 78 КОЕ/100 мл патогенной флоры, включая сальмонеллу, а после обработки ЭК было зарегистрировано, в среднем, 28 КОЕ/100 мл патогенной флоры, включая бактерии рода *Salmonella*, что эквивалентно эффективности удаления 64,1 %.

Заключение.

Была изучена возможность применения комплексных очистных сооружений с применением электрохимической очистки, ультратонкой очистки и УФ излучением для устранения микробов из сточных вод птицефабрик. По результатам анализа было замечено, что блок электрохимической очистки смог удалить большинство микроорганизмов с эффективностью от 63,95 % до 99,83 %. В то время как в среднем 100-процентная эффективность удаления была достигнута для большинства изученных микробных параметров после комбинирован-

ной обработки при среднем токе 5,5 А и 40 мин. удерживания от блока электрохимической очистки, а также дозе облучения 60 мДж/см² и времени удерживания 24 мин. из установки УФ-обработки, за исключением синегнойной палочки, которая все еще выявлялась в последних сточных водах некоторых экспериментальных сеансов. В этом отношении для устранения высокостойкого микробного параметра потребуются некоторые модернизации очистной установки, такие как общее увеличение времени гидравлического удерживания, особенно для установки электрохимической очистки. Это исследование дополнительно выявило потенциал сочетания электрохимической и ультратонкой очистки с УФ-излучением для высокоэффективного устранения микробов из сточных вод птицефабрик и других сточных вод.

Использованные источники:

1. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы «Агробизнес-2020». [Электронный ресурс]. URL: <https://business.gov.kz/ru/business-support-programs/detail.php?ID=50944>. (дата обращения: 07.10.2018).
2. Мандро Н.М. Перспектива совершенствования технологических методов переработки мяса цыплят-бройлеров // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2006. – № 10. – С. 41–43.
3. Шевченко А.А., Бойченко А.А., Мясоедов А.Ю. Повышение эффективности очистки сточных вод ОАО «Птицефабрика Калужская». [Электронный ресурс]. URL: eprints.kname.edu.ua/38187/1/102-104. (дата обращения: 01.09.2019).
4. Гарзанов А.Л. Особенности проектирования локальных очистных сооружений для птицеперерабатывающих производств // Птица и птицепродукты. – 2009. – № 4. – С. 21–23.
5. Пат. 99124131 Российская Федерация. - Способ очистки технологической сточной воды птицеперерабатывающих фабрик [Текст] / Горлов И.Ф., Митрофанов А.З. Каренгина Т.В.; опубл. 20.10.2001, Бюл. № 12. – 3 с.
6. Zhan X., Healy M.G. Li, J. Nitrogen removal from slaughterhouse wastewater in a sequencing batch reactor under controlled low DO conditions // Bioprocess Biosyst. Eng. – 2009. – № 32. – P. 607-614.

УДК 629.3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-225-228

*Тишанинов И.А., Баулин Н.К.,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

ЦИФРОВОЙ МЕТОД ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье представлены цифровые методы процесса технического обслуживания и диагностирования машин в сельском хозяйстве. Обоснована методика внедрения интеллектуальных систем как способ повышения эффективности диагностирования постгарантийной автотракторной техники. Преимуществом онлайн-мониторинга систем по контролируемым параметрам является возможность своевременного технического обслуживания сельскохозяйственной техники (СХТ), автоматизация процесса.

Ключевые слова: цифровой метод, нейронная сеть, интеллектуальная система, трактор, диагностирование, техническое обслуживание.

Основной тенденцией развития цифровых процессов диагностики МТП и прогнозирования эксплуатационного состояния является возможность поддержания работоспособного цикла систем диагностирования тракторов в реальных условиях. Предложена интеллектуальная система диагностирования сельскохозяйственной техники, направленная на взаимодействие входного и выходного нейрона в нейронной сети. Методика оценки диагностических систем позволяет не только определить причину отказа отдельных узлов, но и оценить эффективность эксплуатации автотракторного агрегата в целом. [1]. Для определения системы отказов и дальнейшего прогнозирования неисправностей работы дизельного ДВС необходимо разработать алгоритм определения возможного отказа работы отдельных узлов двигателя. Требуется оптимизировать процесс получения данных, предсказать возможность появления отказов [2]. Строится график зависимости вероятности износа устройств данного типа от времени. График зависимости представлен на рисунке 1.