

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец

Полесский государственный университет, [tpoless@gmail.com](mailto:tpoless@gmail.com)

**Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования ультразвукового воздействия на сточные воды мясообрабатывающего предприятия в контексте изменения их параметров. Оценена эффективность комбинации различных способов использования ультразвукового генератора и железосодержащих коагулянтов при очистке водных растворов, отводимых промышленными предприятиями; сделаны заключения о перспективных вариантах такого подхода.

**Ключевые слова:** сточные воды, ультразвуковой генератор, коагуляция, эффективность очистки.

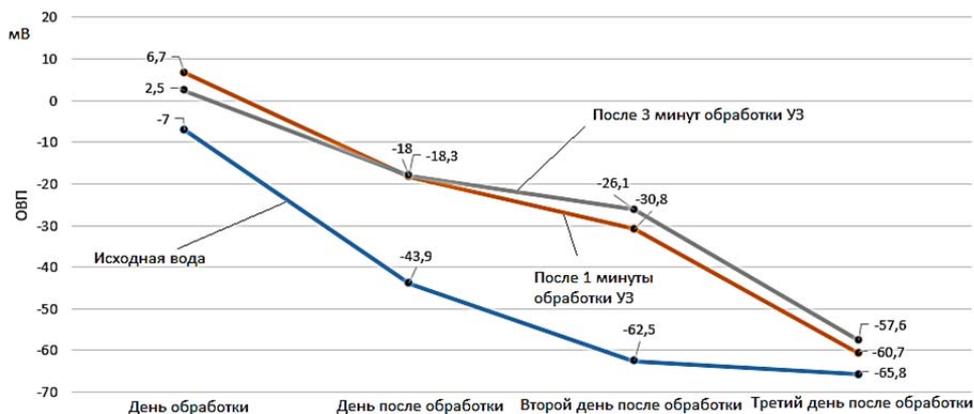
Сточные воды (СВ) мясоперерабатывающих предприятий можно классифицировать, как загрязнённые и опасные с экологической точки зрения, так как они содержат в своем составе большое количество органических и неорганических поллютантов и бактерий-возбудителей инфекционных болезней [1]. Ключевые превышения зафиксированы по фосфору, азоту аммонийному и взвешенным веществам, которые достаточно эффективно поддаются редукции с использованием железосодержащих коагулянтов [2]. При этом традиционно применяемые технологические решения требуют значительной интенсификации поскольку реагентная водообработка имеет значительные временные интервалы для качественного завершения своих процессов, что влечёт за собой соответствующие материальные затраты [3]. Одним из способов ускорения реакций является ультразвуковое (УЗ) воздействие на водные растворы [4].

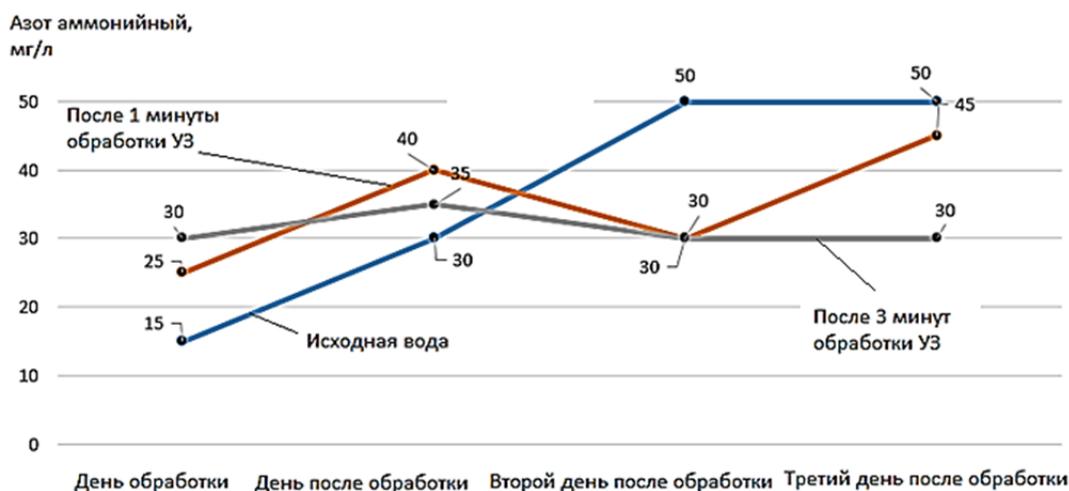
**Основная часть.** Обрабатывались сточные воды реального мясоперерабатывающего предприятия. В качестве коагулянта применялся хлорида железа  $FeCl_3$  (раствор 40%); доза во всех случаях – 35 мл/л. Ультразвуковой генератор имел следующие характеристики: интенсивность – порядка 2 Вт/см<sup>2</sup>, частота – 35 кГц.

Светопроницаемость определялась на спектрофотометре ПЭ5300ВИ. Другие показатели качества водного раствора оценивались в лабораторных условиях исходя из методики Лурье (округляя полученные результаты).

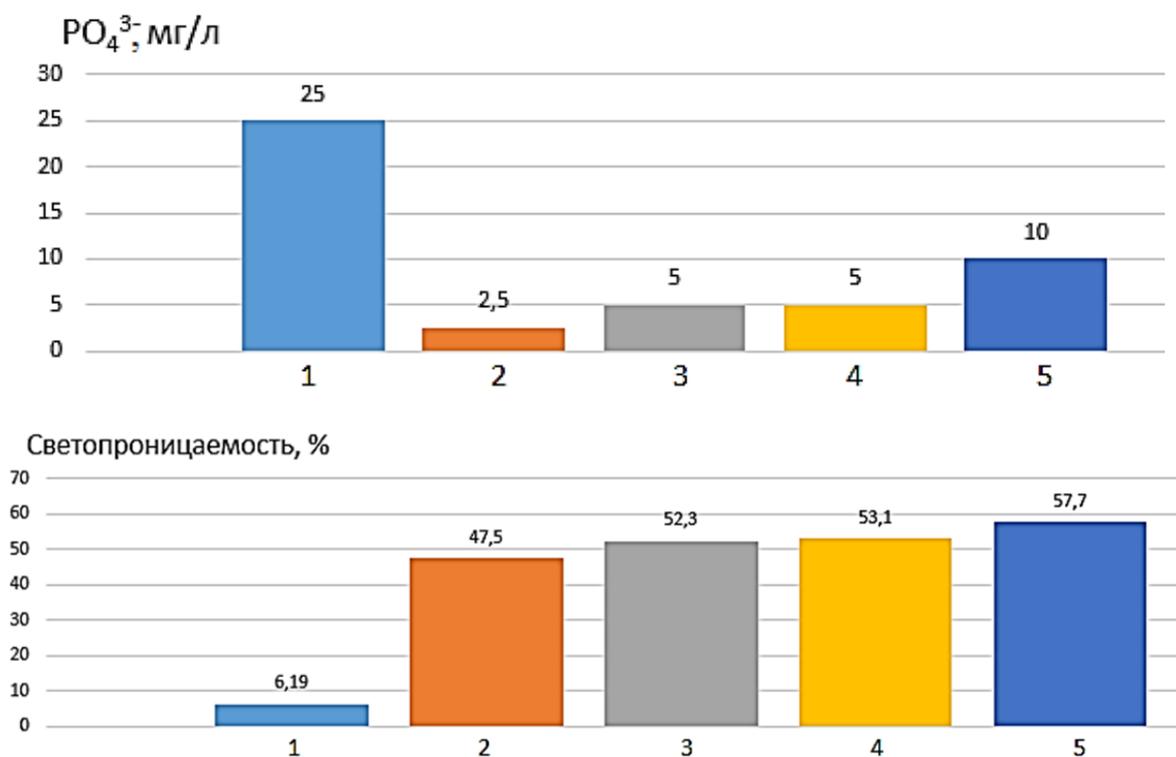
Последовательность исследований:

- оценка воздействия УЗ на СВ без добавления реагентов, в том числе через суточные промежутки при температуре хранения  $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 1);
- экспериментальное исследование влияния различных вариантов комбинации УЗ и внесения коагулянта в сточные воды: «изначально дозировка хлорида железа с формированием скоагулировавших комплексов – УЗ-воздействие»; «одновременная дозировка реагента с УЗ-воздействием при различных интервалах работы УЗ-генератора» (рис. 2), во всех случаях СВ отстаивалась на протяжении 30 минут; в том числе оценка результатов через суточные интервалы после обработки при температуре хранения  $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 3).

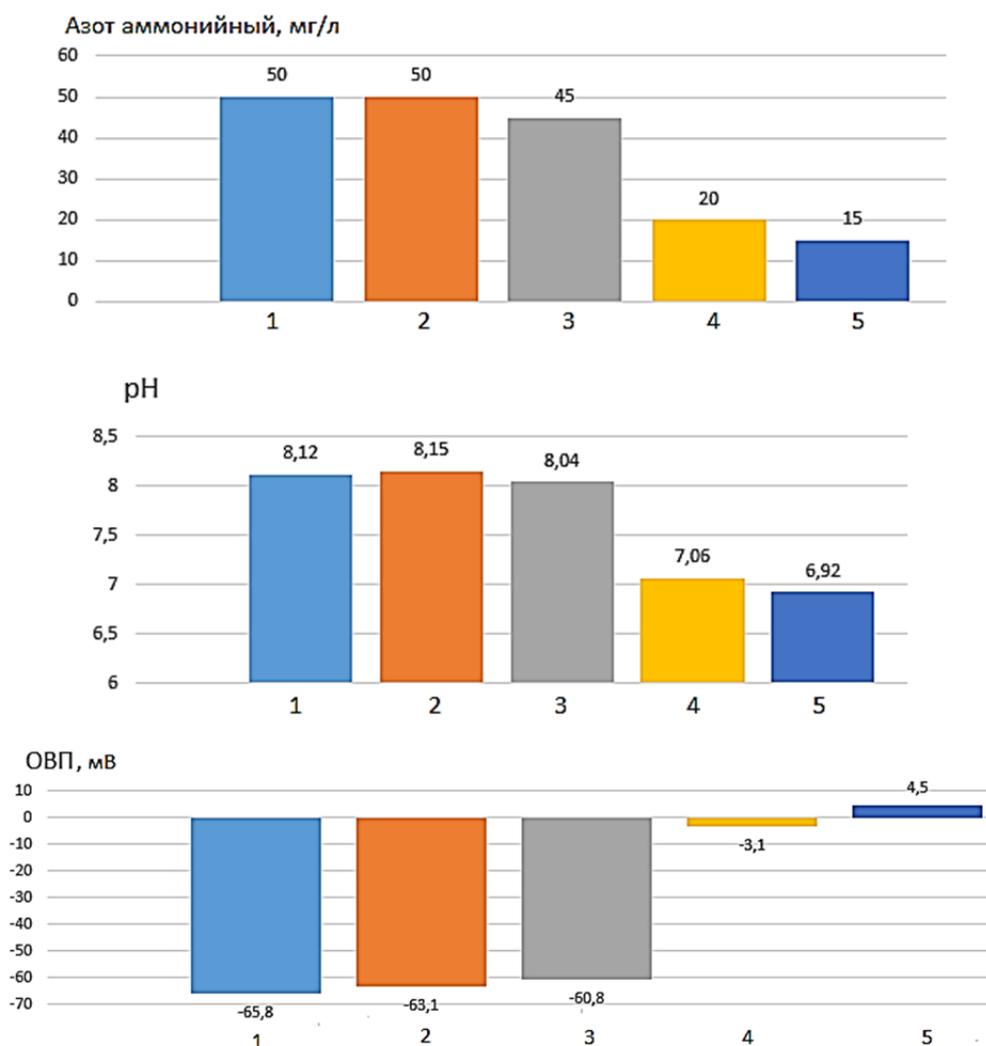




**Рисунок 1. – Графические зависимости воздействия УЗ на параметры сточных вод мясоперерабатывающего предприятия без добавления реагентов (ОВП – окислительно-восстановительный потенциал)**



**Рисунок 2. – Графические зависимости влияния различных вариантов комбинации УЗ и внесения коагулянта на показатели качества сточных вод: 1 – исходная сточная вода, 2 – классическая коагуляция без УЗ обработки с перемешиванием мешалкой, 3 – внесения коагулянта с перемешиванием мешалкой, формирование агрегированных комплексов и через 5 минут обработка УЗ на протяжении 30 секунд, 4 – одновременное внесение коагулянта и УЗ обработка сточной воды на протяжении 30 секунд, 5 – одновременное внесение коагулянта и УЗ обработка сточной воды на протяжении 120 секунд**



**Рисунок 3. – Графические зависимости влияния различных вариантов комбинации УЗ и внесения коагулянта на показатели качества сточных вод через 4 дня после обработки (обозначения такие же, как представлены на рисунке 2)**

Полученные зависимости комбинированной обработки сточной воды мясоперерабатывающего предприятия указывают на следующие аспекты:

- оценка воздействия УЗ на СВ без добавления реагентов (см. рис. 1):
- сразу после окончания процесса УЗ-генерации ОВП не значительно повышается (по сравнению с исходной СВ), но на протяжении 2 дней оно находится в зоне более благоприятной блокированию «гнилостного брожения» – только на третий день после УЗ-воздействия значения ОВП всех растворов фактически совпадают; между продолжительностями самой УЗ-обработки значительной разницы нет;
- после УЗ-воздействия на протяжении 3 минут концентрация азота аммонийного возрастает в 2 раза (до 30 мг/л), однако потом она и на третий день остаётся стабильной; в исходной воде два дня идут негативные процессы аммонификации и аноксидных преобразований со стабилизацией на уровне 50 мг/л;
- зависимости влияния различных вариантов комбинации УЗ и внесения коагулянта (см. рис. 2 и 3):
- после отстаивания на протяжении 30 минут мелкодисперсные комплексы «коагулянт+фосфаты» в случаи УЗ-обработки осели значительно хуже, чем при классическом перемешивании мешалкой; выполнил фильтрацию через тканное полотно во всех случая концентрация фосфора ниже 1,5 мг/л;

- светопроницаемость СВ при УЗ обработке, при сравнении с традиционным подходом, на 5-10% выше;
- после 4 дней по окончании активной фазы эксперимента показатели качества СВ режимов одновременного внесения коагулянта и УЗ воздействия имеют значительно лучшие значения по сравнению с аналогами (особенно важно по концентрации азота аммонийного), при этом 120 секунд УЗ-генерации более положительно воздействует и на рН и ОВП, по сравнению с длительностью 30 секунд.

**Выводы.** Наиболее приемлемым, с точки зрения повышения эффективности (интенсификации) реагентной очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий, является одновременное внесение хлорида железа и УЗ-обработки на протяжении 2 и более минут.

Ультразвуковую технологию целесообразно использовать для стабилизации показателей сточных вод и без применения иных методов водообработки, как средство предобработки, изначально выполнив удаление, как минимум, грубо- и среднedisперсных взвешенных веществ.

Дальнейшие исследования обосновано нацелить на уточнение режимных параметров комбинации УЗ-воздействия и химических подходов удаления загрязнителей из водных растворов с построением соответствующих математических моделей.

#### **Список использованных источников**

1. Оценка эффективности параметров безреагентной электролизной очистки сточных вод от азотсодержащих соединений / В. Н. Штепа [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности: научный журнал. - 2022. - Том 30, №4. - С. 48-56.
2. Штепа, В.Н. Экспериментальная оценка эффективности способов очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов / В.Н. Штепа, В.О. Китиков, И.В. Барановский // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: сборник трудов. - Минск : БГТУ, 2023. - С. 345-353.
3. Схема комбинированной очистки сточных вод текстильных производств с использованием АОПс-технологий / В.Н. Штепа [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета : научный журнал. – 2023. - № 1 (44). – С. 114-124.
4. Штепа, В.Н. Применение автоматизированных электролизных процессов в системах очистки сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий / В.Н. Штепа, В.И. Дунай, О.Н. Прокопеня // Вестник Брестского государственного технического университета : научно-практический журнал. - 2023. - № 2 (131). - С. 127-131.