



ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОЗОНИРОВАНИЕМ В ПРИСУТСТВИИ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Нурмурадов Гундогды

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева,
г. Ашхабад Туркменистан

Чарыев Бегенч

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева,
г. Ашхабад Туркменистан

Оразбердиев Хамид

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева,
г. Ашхабад Туркменистан

Водные ресурсы испытывают на себе высокую экологическую нагрузку. Все большее количество токсичных соединений, используемых человеком для хозяйственно-бытовых нужд, попадает в акватории водных бассейнов. Не всегда степень очистки сбрасываемых вод соответствует санитарно-гигиеническим нормам, вследствие чего гибнут водные организмы, растения, животные и птицы, разрушаются природные экосистемы.

Промышленные предприятия наносят экологической среде непоправимый ущерб при сбросе стоков без предварительной качественной очистки. В соответствии с законодательством страны на предприятиях промышленности должны быть предусмотрены мероприятия по предупреждению негативного влияния на состояние водных экосистем: это может быть строительство (или модернизация имеющихся) очистных сооружений, использование систем водооборотного водоснабжения или реализация на производстве инновационных технологий, понижающих концентрацию загрязнений образующихся стоков.

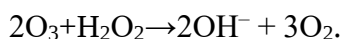
Промышленные сточные воды загрязняются отходами производства и формируются в производственном цикле, на вспомогательных участках, в теплообменной аппаратуре. Степень загрязнения стоков промышленных объектов, как правило, высокая. Вследствие того, что сточные воды содержат в своем составе большое разнообразие загрязняющих веществ, при подборе технологии очистки в первую очередь необходимо проводить анализ состава и свойств загрязненных вод.

В некоторых местах Туркменистана в 2022 году из природных источников забрано 791,65 млн м³ воды, из них использовано 739,55 млн м³, в том числе: 409,24 млн м³ (55,34 %) – на производственные нужды, 3,96 млн м³ (0,53 %) – на сельхозводоснабжение.

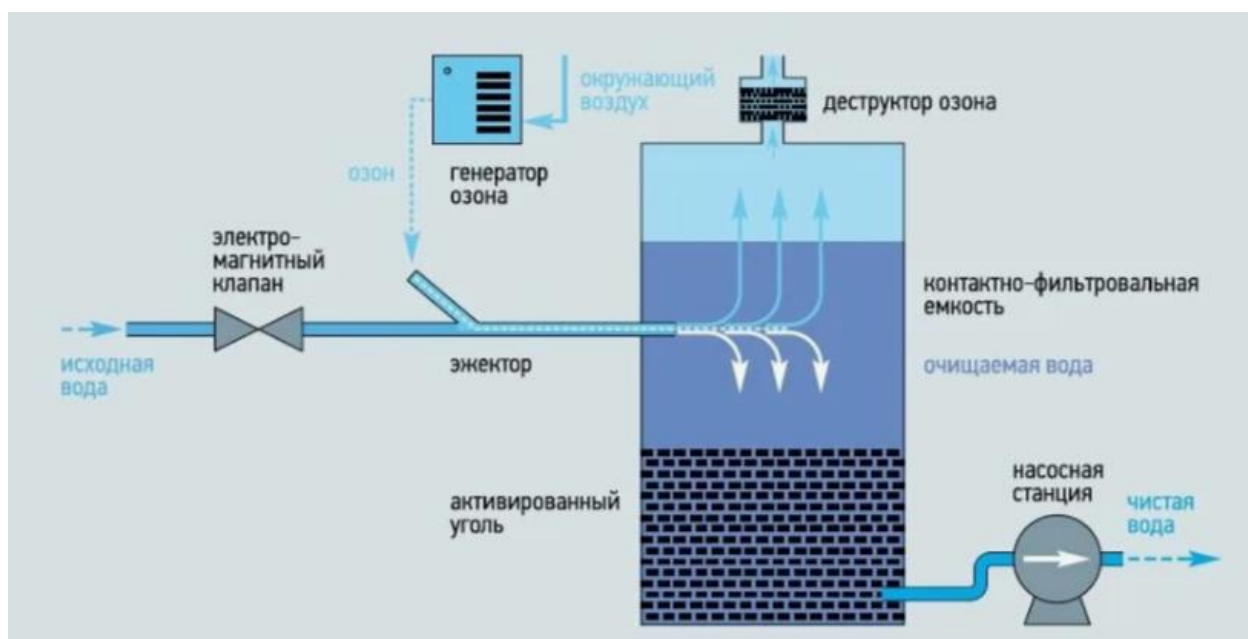
Использование воды на производственные нужды увеличилось по сравнению с 2021 годом на 7,95 млн м³ (1,94%). В виду водоёмкости многих производств разработка и совершенствование методов очистки стоков является актуальной задачей.

Нами исследован окислительный способ очистки сточных вод фанерно-плитных комбинатов. В качестве окислителя использовали озон в присутствии пероксида водорода (метод «Пероксон»). Согласно литературным данным этот метод показал хорошие результаты при очистке сточных вод пищевой, текстильной и фармацевтической промышленности от различных органических соединений. Однако этот метод не исследован для очистки сточных вод деревообрабатывающей промышленности, поэтому в данной работе испытано влияние дозы озона, соотношения озона и пероксида водорода, pH, температуры на остаточную концентрацию фенола и значение ХПК при окислительной очистке стоков данной отрасли.

В состав стоков входят токсичные для экосистем фенолы, формальдегид, нефтепродукты и другие вещества. Согласно литературным данным [2-6] эти соединения разлагаются озоном (стандартный окислительно-восстановительный потенциал 2,07 В). Глубину окисления можно повысить при совместном использовании озона и пероксида водорода в водном растворе. Этот факт объясняется образованием гидроксил-радикалов (2,70 В):



Скорость реакции зависит от исходной концентрации обоих окислителей, кислотности, концентрации озона, времени контакта, состава водной фазы. Концентрации озона и пероксида водорода подбираются экспериментальным путём.



Для исследования эффективности метода «Пероксон» использовали сточную воду, некоторые характеристики которой приведены в таблице.

Таблица

Характеристика сточной воды

№	Показатели качества воды	Результат анализа		Нормативный документ на методику (метода) измерений
		Исходная сточная вода	Сточная вода после обработки О ₃ и Н ₂ О ₂	
1	Водородный показатель (ед.рН)	4,5 ± 0,2	9,0 ± 0,2	ПНД Ф 14.1:2:3:4. 121-97
2	ХПК, мгО ₂ /дм ³	7800 ± 1160	306 ± 46	ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005
3	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3316 ± 408	559 ± 67	ПНД Ф 14.1:2:3:4. 123-97
4	Взвешенные вещества, мг/дм ³	3123 ± 164	44 ± 3	ПНД Ф 14.1:2:4. 254-09
5	Фенолы (летучие с паром), мг/дм ³	0,400 ± 0,064	0,010 ± 0,003	МП УВК 1.2.105-2013
6	Нефтепродукты, мг/дм ³	26 ± 2	0,07 ± 0,01	ПНД Ф 14.1.272-2012
7	АСПАВ, мг/дм ³	1,10 ± 0,09	0,24 ± 0,03	ПНД Ф 14.1:2:4. 15-95

Для производства озона использовали озоногенератор ОГВК-02К, для обеспечения ввода озонкислородной смеси в воду и контакта с примесями – реактор объёмом 1 дм³; прибор контроля концентрации озона в воде – фотометр «Эксперт-003». В реактор наливали предварительно профильтрованную через фильтр «Синяя лента» сточную воду, добавляли пероксид водорода до необходимой концентрации и при постоянной скорости газового потока (15 л/ч) подавали озон в обрабатываемую воду с помощью пористого керамического диспергатора. Окисление проводили в непроточном режиме, в вытяжном шкафу при герметизации озонатора. Через определенные интервалы времени проводили отбор проб и анализ остаточной концентрации фенола (МП УВК 1.2.105-2013 МП УВК 1.2.105-2013) и ХПК фотометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005). РН измеряли на рН-метре АНИОН 4100. Массовую концентрацию взвешенных веществ измеряли гравиметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:4. 254-09). Концентрацию озона в воздухе рабочей зоны контролировали с помощью индикаторных трубок ТИ-[О₃-0,003].

Сточная вода деревообрабатывающих комбинатов представляет собой мутную дисперсную систему разных оттенков коричневого цвета, поэтому предварительно определяли изменение концентрации взвешенных веществ во времени при отстаивании. Для осветления воды потребовалось не менее 50 минут. Подобрано оптимальное значение pH сточной воды для проведения окислительной очистки. Нами проведены две серии опытов при разном значении pH от 3 до 13: классическое озонирование и озонирование в присутствии пероксида водорода. Результаты свидетельствуют, что эффективность озонирования резко возрастает при добавлении активатора. Остаточная концентрация фенола при этом понизилась с 0,05 до 0,01 мг/дм³, а pH с 11,0 до 8,0. Лучшие результаты получены при pH равном от 8,0 до 10,0, поэтому перед окислением сточную воду подвергали фильтрованию и подщелачивали до оптимального значения кислотности.

Следующим этапом было изучение влияния температуры сточной воды, дозы озона и соотношение мольных концентраций озона и пероксида водорода на остаточную концентрацию фенола. Минимальная остаточная концентрация фенола была достигнута при 20 °С, дозе озона 0,5 г/дм³, соотношении $C_{O_3}:C_{H_2O_2} = 2:1$.

Проведены опыты по получению кинетических кривых изменения концентрации фенола при окислении (рисунок 1). При озонировании сточной воды без пероксида водорода (кривая 1) концентрация фенола уменьшается на 0,310 мг/дм³ за 55 минут до остаточного значения 0,085 мг/дм³. Концентрация фенола после озонирования с пероксидом водорода уменьшается на 0,390 мг/дм³ в течение 40 минут (кривая 2) и достигает остаточного значения 0,01 мг/дм³, при этом доза озона в 10 раз меньше, чем при классическом озонировании.

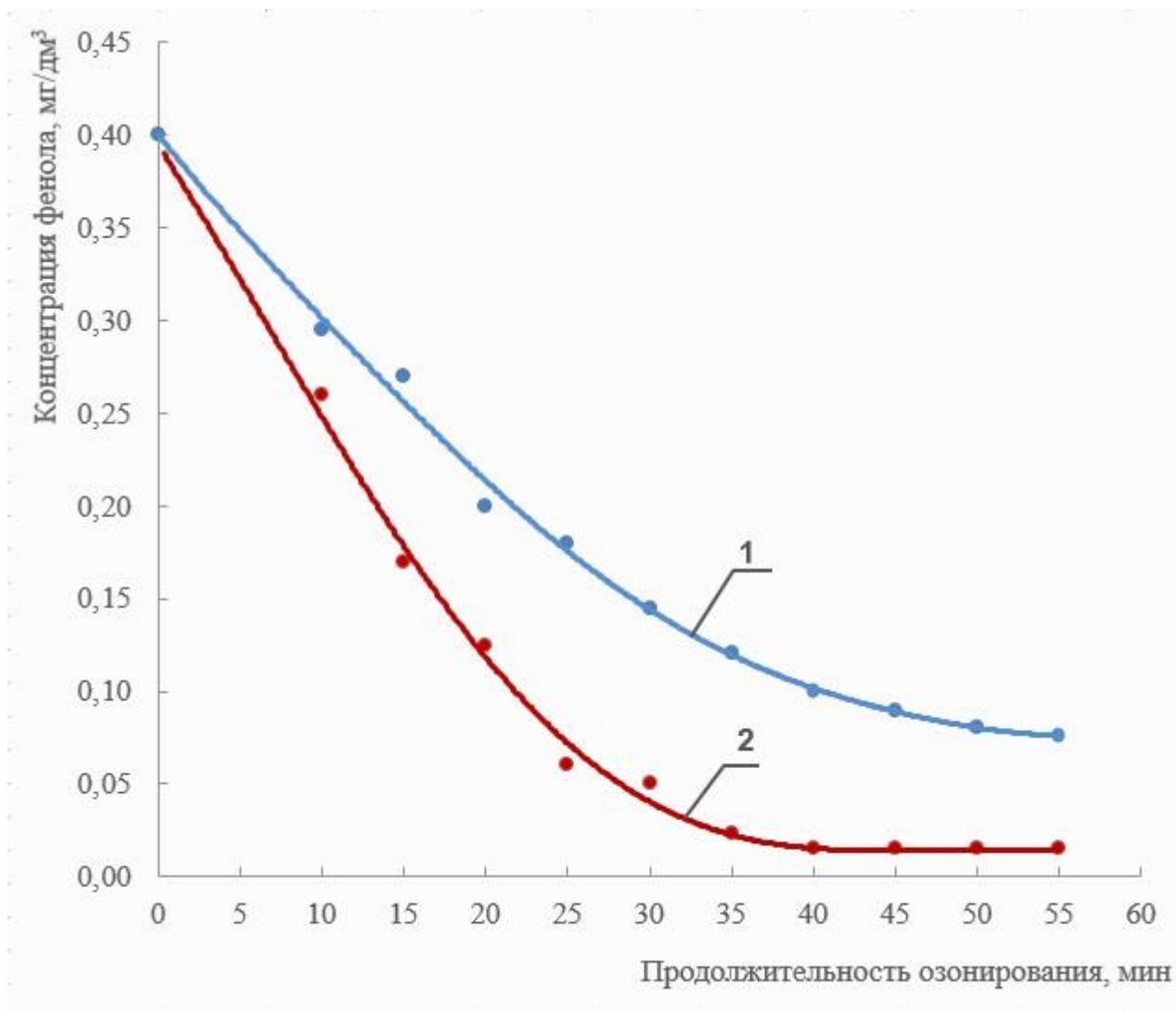


Рисунок 1. Кинетические кривые изменения концентрации фенола при озонировании (кривая 1 – озонирование без H_2O_2 при температуре – $23^{\circ}C$, дозе озона – 5 г/дм^3 , $pH=11$; кривая 2 – озонирование в присутствии H_2O_2 при температуре – $20^{\circ}C$, дозе озона – $0,5\text{ г/дм}^3$, мольном соотношении $CO_3:H_2O_2=2:1$, $pH = 8 - 10$)

Полученные результаты хорошо согласуются с механизмом озонирования в присутствии пероксида водорода.

Сточные воды содержат взвешенные вещества в большом количестве, поэтому исследовано влияние осветления на эффективность озонирования в присутствии пероксида водорода. Были взяты пробы для озонирования до и после фильтрования через фильтр марки «Синяя лента» при оптимальных условиях, описанных выше. При озонировании мутной воды основная доза озона тратится на осаждение взвешенных веществ, и окисление фенола происходит в незначительной степени. Остаточная концентрация фенола при этом в 8 раз выше, чем после окисления осветлённой воды.

В исследуемой сточной воде присутствуют также нефтепродукты и поверхностно-активные вещества, поэтому при очистке сточной воды от токсичных органических веществ контролировали не только снижение концентрации индивидуального вещества – фенола, но и изменение ХПК, которая является интегральным показателем загрязненности воды окисляемыми органическими веществами техногенного происхождения (рисунок 2).

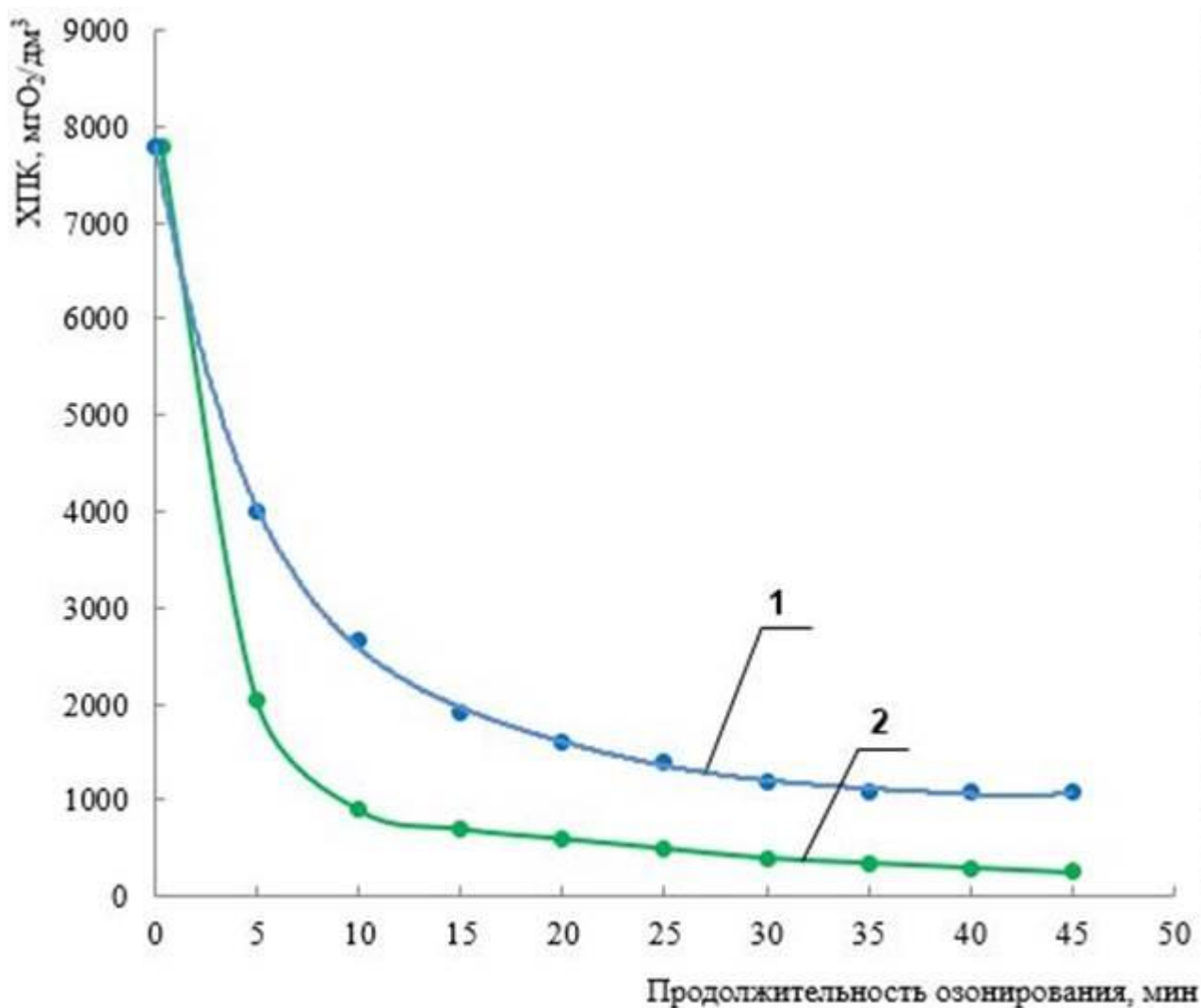


Рисунок 2. Кривые изменения показателя ХПК в сточной воде после фильтрования и озонирования: без пероксида водорода (кривая 1), в присутствии пероксида водорода (кривая 2)

Полученные результаты свидетельствуют о следующем: эффект очистки по ХПК при озонировании в присутствии пероксида водорода достигает 96 %, без пероксида водорода – 87 %. Физико-химические показатели сточной воды после очистки по выбранной методике приведены в таблице.

Очищенная сточная вода была исследована на токсичность методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий (ПНД Ф 14.1:2:3.13-06), а также тест-растений (семена овса и проростки кресс-салата). Результаты исследования показали, что исследуемые сточные воды после очистки не токсичны. Индекс токсичности снизился от 0,38 (при классическом озонировании) до 0,28. Полученные результаты согласуются с теоретическими представлениями о химизме разложения фенола, который изучен достаточно подробно [8].

Таким образом, по сравнению с классическим озонированием разработанная методика окисления, позволяет снизить дозу озона с 5 до 0,5 г/дм³, рН исследуемой сточной воды с 11 до 8, химическое потребление кислорода с 87 до 96 %, концентрацию остаточного фенола с 0,085 до 0,01 мг/дм³, индекс токсичности сточной воды с 0,38 до 0,28 (допустимая степень токсичности), что соответствует пятому классу «Практически неопасные вещества». Применение пероксида водорода при озонировании исследуемой сточной воды позволяет отказаться от физико-химической стадии очистки (коагуляция + флокуляция), что является экологически целесообразным