

**Королев Владислав Игоревич**

магистрант

**Рысаев Марат Камилевич**

магистрант

**Бариева Энза Рафаиловна**

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный

энергетический университет»

г. Казань, Республика Татарстан

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

***Аннотация:** в данной работе рассматривается процесс очистки сточных вод на существующих очистных сооружениях предприятия химической промышленности с использованием ферратов. Применение ферратов позволяет снизить образование загрязнений биогенного происхождения в сбросах сточных вод химической промышленности.*

***Ключевые слова:** ферраты, химическая промышленность, окислитель, дезинфекции сточных вод.*

На предприятиях химической промышленности используются типовые схемы очистки сточных вод, которые включают в себя механическую и биологическую очистку сточных вод. Биологические методы очистки сточных и других вод общепризнанно считаются наиболее экономически эффективными и экологически приемлемыми для удаления так называемых макрозагрязнений (биоразлагаемых органических веществ, соединений азота, фосфора, серы и т. д.) [1, с. 51]. Однако, эти методы часто оказываются недостаточно эффективными в отношении микрозагрязнений, особенно ксенобиотической природы. Характерными примерами такого рода загрязнений сточных вод являются производные диоксина, диметилформамида, фенолы, альдегиды, и др.

На сегодняшний день применение высокоокисленного железа (далее феррата) является одной из наиболее перспективных технологий в глубокой очистки сточных вод на предприятиях химической промышленности. Использование ферратов, даже при очень малых концентрациях в пределах 0,005–0,04 мг/л в пересчёте на железо ( $\text{Fe}^{6+}$ ), позволяет снизить концентрации взвешенных веществ, фосфатов, и ряда веществ ксенобиотиков в сточной воде [2, с. 87].

Ферраты обладают превосходящим потенциалом по окислительной способности в сравнении с такими окислителями как озон, перекись водорода, перманганат и хлорсодержащие соединения (табл. 1).

Таблица 1

Значения восстановительных потенциалов различных окислителей

Реагент	Химическая реакция окисления	Степень восстановительного потенциала
1	2	3
Хлор	$\text{Cl}_2(\text{r}) + 2\text{e} \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1,36
Гипохлорит	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,88
Диоксид хлора	$\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 5\text{e} \rightarrow \text{Cl}^- + 4\text{OH}^-$	1,50
Перхлорат	$\text{ClO}_4 + 8\text{H}^+ + 8\text{e} \rightarrow \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	1,38
Озон	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2,07
Пероксид водорода	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1,77
Перманганат	$\text{MnO}_4 + 8\text{H}^+ + 5\text{e} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,69
Феррат (VI)	$\text{FeO}_4 + 8\text{H}^+ + 3\text{e} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	2,20

Процесс заключается в использовании в качестве окислителя ферратов, представляющих собой двухвалентные соли высокоокисленного железа ( $\text{Fe}^{6+}$ ) с анионом  $\text{FeO}_4^{2-}$ .

В ходе окислительно-восстановительной реакции ферратов и органических соединений, степень окисления феррата понижается до  $\text{Fe}^{3+}$ . Продуктом разложения в растворе самих ферратов является гидроксид железа, который выделяется в виде коллоидных агрегатов, имеющих очень развитую поверхность, что обеспечивает дополнительную очистку посредством коагуляции. Ферраты в ка-

честве дезинфектанта обеспечивают более глубокое и надежное обеззараживание (по сравнению с хлором), не формируя токсичных соединений. Вода после обработки нетоксична [3, с. 58].

Использование данной технологии на типовых очистных сооружениях, предусматривает модернизацию действующего цеха очистки сточных вод предприятия, переоснащения оборудования, а также дополнительных знаний и навыков работникам осуществляющих бесперебойную работу оборудования. Выше-сказанные требования необходимы при применении ферратов в качестве более эффективного компонента глубокой очистки стоков [4, с. 20].

Основными достоинствами применения ферратов являются снижения концентраций загрязнений сточных вод, таких как:

1. БПК<sub>5</sub> от начальной величины 13 мг/л – 90% – 95%, при дозах по феррату калия 4–6 мг/л.
2. ХПК ниже 10 мгО/дм<sup>3</sup> при дозах 10–15 мг/л сообщается об удалении.
3. Снижению концентрации фосфат-ионов в среднем на 72% при дозе не менее 20 мг/л.
4. Удаление до 70% по трихлорэтилену достигается при дозе 30 мг/л и времени контакта 40 мин [5, с. 75].

Ферраты способны эффективно окислять и другие микрозагрязнения, поэтому на данный момент его применение является одной из самых перспективных направлений в области наилучших доступных технологий.

Используется за рубежом для глубокой очистки и обеззараживания производственных сточных вод. В Российской Федерации применяется на небольших производственных объектах, в качестве экспериментальных способов глубокой очистки сточных вод.

### ***Список литературы***

1. Королев В.И. Повышение эффективности биологической очистки сточных вод на предприятии химической промышленности / В.И. Королев, Э.Р. Бариева, Р.Р. Ситдикова // Вестник магистратуры. – 2016. – №4 (55). – С. 51–53.

2. Дедушенко С.К., Перфильев Ю.Д., Голубев А.М., Мельников П.П., Корби П.П. Патент России №2220910 «Смешанный феррат (VI) калия-натрия, способ его получения и применения».

3. Белевцев А.Н., Гандурина Л.В., Двинских Е.В., Морозова К.М. [и др.]. Отчёт о научно-исследовательской работе «Создание классификатора технологий для очистки сточных вод и обработки осадков». – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 2002. – С. 56–58.

4. Андреев В.П. Ферратные технологии: Сборник научных статей молодых ученых и аспирантов, гос. техн. ун-т. / В.П. Андреев, Ю.Б. Рылов. – Тамбов, 2008. – Вып. 21. – С. 18–20.

5. Кофман В.Я. Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод. Ч. 2 // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №11. – С. 68–78.