

## Висновки

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість нової технології локального очищення стічних вод гальвановиробництв з використанням реагенту-осаджувана.

2. Впровадження нової розробленої технології на локальних очисних спорудах ВАТ «Радіозавод» м. Пенза дозволило:

- збільшити гідравлічну крупність пластівців, що утворюються у реакторі, з 0,4 мм/с до 0,7 м/с;

- скоротити тривалість освітлення у відстійнику періодичної дії стічних вод, що пройшли процес реагентної обробки, з 2,5 до 0,8 години;

- зменшити вміст іонів важких металів в очищених стічних водах: цинку в 5,1 рази; нікелю в 5,8 рази; міді в 4,8 рази; загального заліза в 6,0 разів;

- підвищити ефект очищення стічних вод гальвановиробництва від іонів важких металів з 84,8–96,4 % до 97,1–99,3 %.

3. Підтверджений середньорічний економічний ефект від впровадження склав понад 200 тис. руб (50 тис. гр.)/рік у цінах 2010 року.

*Досліджено вплив електророзрядної обробки на процес коагуляції та флокуляції. Наведені результати експериментальних досліджень впливу кавітації на ступінь очищення стічних вод.*

*Ключові слова:* коагуляція, флокуляція, електророзрядна обробка, кавітація.

*Исследовано влияние электро-разрядной обработки на процесс коагуляции и флокуляции. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния кавитации на степень очистки сточных вод.*

*Ключевые слова:* коагуляция, флокуляция, электро-разрядная обработка, кавитация.

*The effect of electrical discharge machining on the coagulation and flocculation. The results of experimental studies of the effect of cavitation on the degree of wastewater treatment.*

*Keywords:* coagulation, flocculation, electro-bit treatment, cavitations.

## Введение

Очистка природных и сточных вод тесно связана с охраной окружающей среды и является актуальной проблемой современности. В последнее десятилетие вследствие сброса недостаточно очищенных сточных вод

## Література

1. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство [Текст] / С. С. Виноградов; под ред. В. Н. Кудрявцева; изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Производственно-издательское предприятие «Глобус», 2002. — 352 с.
2. Запольский А. К. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства [Текст] / А. К. Запольский, В. В. Образцов. — Киев: Техника, 1989. — 200 с.
3. Андреев С. Ю. Новая технология очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов [Текст] / С. Ю. Андреев, М. В. Бікунова, А. М. Исаева, А. С. Кочергин // Информационный бюллетень «Строй-инфо» № 23. — Самара: ИСНЦ РАН, 2008.
4. Андреев С. Ю. Новая технология интенсификации работы локальных очистных сооружений цехов гальванопокрытий [Текст] / С. Ю. Андреев, Б. М. Грішин, М. В. Бікунова, А. С. Кочергин // Известия высш. учеб. заведений. Строительство. — Новосибирск, № 1, 2010.

УДК 628.314.2

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОЦЕССАХ КОАГУЛЯЦИИ И ФЛОКУЛЯЦИИ

Е. Г. Кузнецова

Аспирант\*

Контактный тел.: 095-131-02-81

E-mail: romantic14@mail.ru

Ю. Г. Сарбекова

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского сектора, докторант\*

Контактный тел.: 050-318-80-16

E-mail: a-ermolaeva@mail.ru

\*Кафедра химической технологии и дизайна волокнистых материалов Херсонский национальный технический университет Бериславское шоссе, 24, г. Херсон, Украина, 73008

промышленными предприятиями отмечено значительное повышение в водах содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов, трудноокисляемых органических соединений, синтетических поверхностно-активных веществ, пестицидов и других загрязнений. Существующие на сегодняшний день методы очистки производственных

сточных вод не совершенны и требуют значительных затрат электроэнергии, воды, химматериалов, поэтому поиск рациональных методов очистки сточных вод является актуальной задачей современности.

### Постановка проблемы

Несмотря на большое число разработок, описанных в литературе [1–3], проблему очистки природных и сточных вод нельзя считать решенной. На сегодняшний день существует необходимость совершенствования традиционных методов очистки сточных вод. В большинстве применяемых методов для удаления различного рода загрязнений предлагается использование химических реагентов. Наиболее широко распространенным методом химической очистки является коагуляция. Однако этот процесс довольно долгий и требует достаточно громоздкого оборудования. Поэтому для интенсификации процесса коагуляции нами предложено использовать физические методы, а именно электроразрядную нелинейную объемную кавитацию (ЭРНОК).

### Анализ последних исследований и публикаций

Данные многочисленных исследований показывают, что оптимизацией технологии очистки, которая предусматривает смешение реагентов со сточными водами, а также подбором используемых коагулянтов и флокулянтов можно добиться значительного повышения эффективности химического способа.

На первом этапе с целью ускорения процесса осаждения, повышения скорости фильтрования и выделения мелкодисперсных взвешенных частиц и коллоидов в сточных и питьевых водах, а также в различных технологических суспензиях их обрабатывают коагулянтами [3].

Механизм их действия заключается в том, что, будучи введенными, в суспензию, они активно адсорбируются взвешенными веществами, склеивают их между собой и образуют крупные и прочные хлопья. Однако на процесс коагуляции влияет множество факторов, в том числе: рН среды, доза коагулянта, температура и продолжительность процесса очистки. Поэтому в большинстве случаев одного процесса коагуляции для эффективной очистки недостаточно и в промышленности для осаждения тонкодисперсных частиц, и удаления коллоидных примесей коагулянты применяют в сочетании с флокулянтами, роль которых, заключается в связывании коллоидных загрязнений в более крупные хлопья [5].

Процесс хлопьеобразования состоит из образования коллоидов гидроксида металла, укрупнения коллоидной системы и отделения коагулянта от воды вместе с коллоидными частицами загрязнений. Добавка к воде коагулянта приводит к снижению электролитического потенциала коллоидной системы вплоть до перезарядки, поэтому дозы вводимого коагулянта следует выбирать в зависимости от качественных показателей воды [6]. Важнейшее условие протекания успешного хлопьеобразования это создание оптимальных гидродинамических условий смешения и более или менее длительного перемешивания коагулянта с обрабатываемой водой [7].

При флокуляции происходит образование крупных агрегатов, оседающих под действием силы тяжести быст-

рее по сравнению с коагуляцией; при этом повышается механическая прочность хлопьев и изменяется пористость осадка. Добавление высокомолекулярных веществ — флокулянтов сокращает расход низкомолекулярных электролитов, необходимых для агрегации коллоидных частиц [8]. Однако немалую роль в процессе флокуляции играет концентрация самого флокулянта. Так, в опытах поставленных Савчуком Л. В. [4] было исследовано влияние физического воздействия ультразвуковой кавитации на концентрацию флокулянта, которое позволило интенсифицировать процесс очистки сточных вод.

Как показывает анализ научно-технической литературы, воздействие кавитации на сточные воды может ускорить процесс образования и осаждения макрохлопьев, что существенно сократит время очистки промывных сточных вод и расход химматериалов. Этот факт свидетельствует в пользу продолжения работ по интенсификации технологии очистки сточных вод методом электроразрядной нелинейной объемной кавитации.

Целью работы является исследование эффективности применения электроразрядной обработки для интенсификации процессов коагуляции и флокуляции.

### Изложение основного материала

Предпосылками для проведения исследования по применению электроразрядной обработки для очистки сточных вод стало предположение, что электроразрядная нелинейная объемная кавитация, возникающая в процессе обработки, может привести к интенсификации процессов коагуляции и флокуляции и, как следствие, к более эффективной очистке сточных вод.

Экспериментальные исследования проводили на лабораторной установке «Вега-6» мощностью 400 Вт. В качестве исходного материала для процесса промывки использовали полутонкую цыгайскую шерсть 50 качества, П длины.

Исследования Савчука Л. В., Оленича Р. Р., Знака З. О. [4] показали, что ультразвуковую обработку лучше всего проводить перед добавлением коагулянта, это объясняется кратковременным существованием активных частиц, которые интенсифицируют процесс очистки. Поэтому первым этапом исследования было изучение влияния времени обработки на изменение водородного показателя (рН) сточной воды (рис. 1).

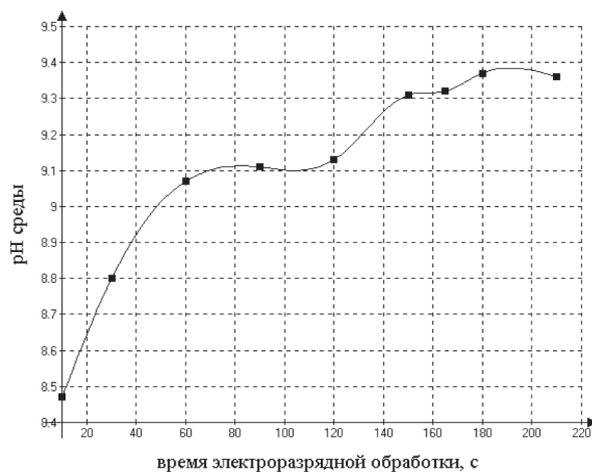


Рис. 1. Зависимость рН воды от времени кавитации

Данные исследования показывают, что с увеличением времени кавитационной обработки рН сточных вод возрастает. Это можно объяснить тем, что вследствие электроразрядной обработки уменьшается константа диссоциации воды и возрастает потенциал ионизации.

Для дальнейшей оценки характера влияния электроразрядной обработки на сточные воды перед процессами коагуляции и флокуляции были исследованы такие показатели как температура, электропроводность (S), окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), общее количество ионов (ppm). Данные исследований представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

**Влияние электроразрядной обработки на изменение показателей сточных вод**

Время обработки, с	S, мкСм/см	ppm	ОВП, мВ	t, °C
10	2917	1487	061	22
30	2968	1514	064	25
60	2375	1208	067	28
90	2401	1240	068	31
120	2377	1233	071	35
150	2353	1204	085	43
165	2348	1203	085	43
180	2341	1190	086	35
210	2341	1184	084	35

Анализируя полученные результаты, мы видим, что с увеличением времени обработки электроразрядной нелинейной объемной кавитацией идет резкое снижение электропроводности воды, повышения температуры и RedOx-потенциала. Это объясняется тем, что электроразрядная обработка создает области с высокой концентрацией механической энергии, которая приводит к большой ударной силе, высокому давлению и напряжению сдвига дисперсионной среды (чистой воды) по отношению к дисперсной фазе (загрязнений), происходит поляризация зарядов в водных системах, которые создают электродвижущую силу поляризации и электропроводности сточных вод. Повышение температуры в свою очередь влияет на водородную связь, в которой разрушаются гидратные оболочки вокруг ионов и кластерные комплексы. Поэтому вода после обработки импульсами высокого напряжения содержит большое количество свободных радикалов, которые взаимодействуют с присутствующими загрязнениями, активируя их, положительно влияет на дальнейший процесс коагуляции и флокуляции.

Следующим этапом работы было изучение влияния электроразрядной обработки на процессы коагуляции и флокуляции. Известно, что процесс коагуляции зависит от: дозы коагулянта, температуры, рН среды и т. д. Поэтому в лабораторных условиях изучали влияние всех этих факторов на процесс коагуляции. В качестве коагулянта использовали водный раствор сульфата алюминия – Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. В качестве флокулянта применяли препарат созданный по нанотехнологиям – Есофлос А743.

Процесс коагуляции и флокуляции проводили на сточной воде полученной после промывки шерсти и обработанной ЭРНОК.

Экспериментально полученные данные приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

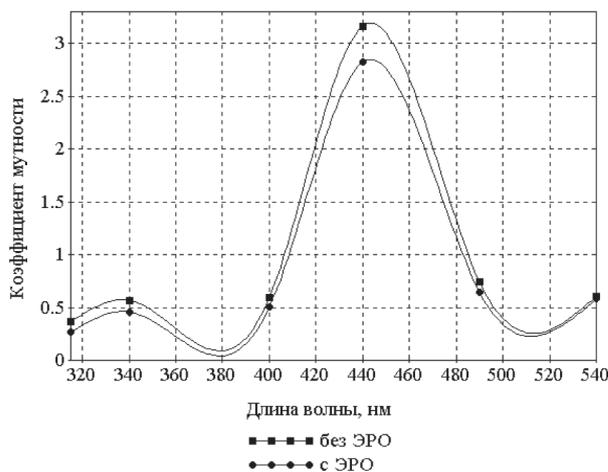
**Исследование влияния процесса коагуляции и флокуляции на показатели качества промывных вод**

Концентрация коагулянта и флокулянта, %	рН среды	Температура, °C	ОВП, мВ	Содержание Fe <sup>3+</sup> , мг/л	Содержание Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , мг/л
1	7,99	15	044	1,25	168,4
2	8,25	18	051	1,04	136,9
3	8,67	18,6	065	1,02	124,3
4	8,97	19	072	0,89	112,4
5	9,03	19,8	081	0,76	104,2
7	9,02	20	082	0,75	104,2

Из полученных данных видно, что происходит незначительное, повышение температуры и рН среды, которое можно объяснить увеличением содержания химических реагентов в промывных водах. Повышение концентрации коагулянта и флокулянта позволяет снизить показатель общей жесткости на 61 % и содержание ионов железа на 66 %. Это объясняется тем, что электроразрядная нелинейная объемная кавитация, ускоряет и интенсифицирует химические процессы, происходящие в воде [9] и приводит к извлечению из воды ионов металлов.

Однако при значительном увеличении концентрации реагентов (< 5 %) ускоряется процесс образования малорастворимого гидроксида алюминия, который коагулирует, образуя плотный осадок. Опытным путем была установлена оптимальная концентрация коагулянта и флокулянта, при которой мутность воды была минимальна – 2 % и 3 % (табл. 2).

Так как мутность исследуемой воды является одним из важнейших показателей степени очистки сточных вод, то на следующем этапе работы было исследовано влияние электроразрядной обработки на коэффициент мутности (τ) промывных вод в процессах коагуляции и флокуляции. Экспериментальные данные по определению коэффициента мутности сточных вод представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Влияние электроразрядной обработки на мутность сточных вод

Анализ кривых, представленных на рис. 2, показывает, что под действием электроразрядной обработки коэффициент мутности снижается на 11,06 % в сравнении с необработанными сточными водами. На наш взгляд этот факт и факт снижения общей жесткости и извлечения из воды ионов металлов дает возможность утверждать о целесообразности применения электроразрядной нелинейной объемной кавитации для повышения эффективности очистки сточных вод.

**Вывод**

В результате проведенной работы установлено, что электроразрядная обработка сточных вод, полученных после промывки шерсти, интенсифицирует процесс коагуляции и флокуляции и улучшает показатели качества сточных вод: уменьшается мутность обрабатываемой воды, снижается содержание ионов железа и общая жесткость.

**Литература**

1. Поповский М. В. Нормирование природных ресурсов в новых условиях хозяйствования [Текст] // Текстильная промышленность. — 1989. — № 7. — С. 24–26.
2. Кочетков М. А. Охрана природы и улучшение использования природных ресурсов в легкой промышленности [Текст] // Текстильная промышленность. — 1989. — № 7. — С. 29–31.
3. Терновцев В. Е. Очистка промышленных сточных вод [Текст] / В. Е. Терновцев, В. М. Пухачев. — К. : Будівельник, 1986. — 120 с.
4. Гончарук В. В. О механизме воздействия ультразвука на водные системы [Текст] / В. В. Гончарук, В. В. Маляренко, В. А. Яременко // Химия и технология воды. — 2004. — Т. 26. — № 3. — С. 275–286.
5. Запольский А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды [Текст] / А. К. Запольский, А. А. Баран. — Л. : Химия, 1987. — 208 с.
6. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами [Текст] / Е. Д. Бабенков. — М. : Знание, 1983. — 64 с.
7. Вейцер Ю. И. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды [Текст] / Ю. И. Вейцер, Д. М. Минц. — М. : Стройиздат, 1975. — 191 с.
8. Пушкарев В. В. Физико-химические особенности очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ [Текст] / В. В. Пушкарев, И. Д. Трофимов. — М. : Химия, 1975. — 144 с.
9. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности [Текст] / Л. А. Юткин. — Л. : Машиностроение, 1986. — 253 с.

УДК 574, 504.55, 75, 501.75

# ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧАСТИЦ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ТЭС УКРАИНЫ

**А. М. Касимов**

Доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией 1.8  
Лаборатория «Систем и методов управления  
промышленными отходами и выбросов в атмосферу»\*  
**Контактный тел.:** (057) 702-07-37

**А. А. Ковалев**  
Аспирант\*

**А. Я. Калиновский**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра инженерной и аварийно спасательной техники  
Национальный университет гражданской защиты Украины  
ул. Чернишевского, 94, Харьков, 61023

\*Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем  
ул. Бакулина, 6, Харьков, 61166

*Розглянуті основні властивості відходів ТЕС та шляхи міграції сполук важких і рідких металів в ґрунтах в районах їх розміщення.*

**Ключові слова:** відходи ТЕС, міграція елементів в ґрунтах.

---

*Рассмотрены основные свойства отходов ТЭС и пути миграции соединений тяжелых и редких металлов в почвах в районах их размещения.*

**Ключевые слова:** отходы ТЭС, миграция элементов в почвах.

---

*Basic properties of wastes of thermal power-stations and way of migration of connections of heavy and rare metals are considered in soils in the districts of their placing.*

**Keywords:** wastes of thermal power-stations, migration of elements in soil.