

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

С. И. Мовчан, к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»

Аннотация. Рассматриваются вопросы использования реагентов, применяемых в технологии водоочистки при обработке сточных вод гальванического производства.

Выделены основные направления использования реагентов процессов: коагуляция, нейтрализация и химическое осаждение, в локальном водоочистном оборудовании системах очистки сточных вод промышленных предприятий.

В качестве реагентов используются химические компоненты отработанного моющего раствора в определённом соотношении к шестивалентному хromу, обеспечивающем оптимальный количественный диапазон каждого компонента, входящего в состав реагента.

Предмет исследования. Использование реагентов, входящих в состав отработанного моющего раствора, в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Материалы и методы исследований. С использованием реагентов, в технологии водообработки процессов коагуляции, нейтрализации и химического осаждения, оптимизирован состав химических компонентов, последовательность их введения при обработке сточных вод и результаты их применения.

Полученные результаты. Использование реагентной обработки сточных вод позволяет оптимизировать параметры и режимы работы водоочистного оборудования, проводить обработку сточных вод в несколько этапов, при этом повышается эффективность сточных вод, стабилизируются технико-экономические показатели работы водоочистного оборудования, снижается количество образующихся жидких отходов и т. п.

Выводы. Среди основных выводов использования реагентов следует отметить следующее. Используются отходы гальванического производства, и/или сопутствующих технологий, образующиеся на этом же производстве. Повышается эффективность очистки сточных вод с повышенным содержанием ионов тяжёлых металлов. Снижаются расходы используемой воды в системах промышленного водоснабжения, что является основой ведения рационального водного хозяйства.

Ключевые слова. Реагенты, реагентное хозяйство, обработка воды, химические компоненты; отработанный моющий раствор, гальваническое производство, коагуляция, нейтрализация, химическое осаждение



Мовчан
Сергей Иванович

Работа выполнена в рамках Государственного заказа на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-03-3023-705/2 Минобрнауки России «Инновационные технологии использования воды и водных ресурсов в системах оборотного водоснабжения» (FRRS 2023-0039)»

ВВЕДЕНИЕ

Реагентная обработка – введение в воду специального вещества (реагента) с целью изменения ее характеристик. Метод реагентной обработки воды нашёл широкое применение при подготовке и использовании воды питьевого и хозяйственно-бытового назначения. Однако, имеет место использование реагентов в системах оборотного водоснабжения. Например, в системах оборотного водоснабжения металлургических предприятий на охлаждаемых поверхностях оборудования металлургических машин, где протекают взаимосвязанные и часто одновременные нежелательные процессы [1].

Рассматривается использование реагентной обработки сточных вод для удаления взвешенных веществ из нерастворённых примесей, предотвращения карбонатных сульфатных отложений при биологической обработке нефтеперерабатывающих предприятий, комплексом окисляющих и неокисляющих биоцидов широкого спектра для предотвращения биоотложений в теплообменных аппаратах и на элементах градирен [2].

Предварительная обработка сточных вод в системах оборотного, повторного и многократного использования воды включает в себя несколько взаимосвя-

занных процессов. Направленность этих процессов определяется спецификой работы промышленного предприятия. Однако, общим для большинства систем оборотного водоснабжения является использование реагентов, что ставит своей целью повышения интенсивности в работе систем промышленного использования воды и водных ресурсов.

Рассматриваются системы водяного отопления, являющиеся частью водоподготовки в малых водоборотных системах охлаждения, где проведены работы комплексонатной водоподготовки, направленные на предотвращение отложений малорастворимых солей жёсткости [3].

Необходимо отметить изыскания по оценке возможных нормативов надежности систем водоснабжения и водоотведения, используемые для проектирования и эксплуатации оборотного водоснабжения промышленных предприятий [20].

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Использование реагентов является одним из перспективных направлений в работе очистных сооружений систем оборотного водоснабжения.

В последнее время при обработке сточных вод с использованием реагентов наметилась тенденция по следующим направлениям: коагуляции, нейтрализации и химического осаждения (рис. 1) [4].

Введение реагентов, которые создают эффект коагуляции, получает возможность достигнуть высокой степени осветления сточных вод за счёт извлечения коллоидных частиц, которые практически не извлекаются во время простого отстаивания или фильтрации [4].

Поэтому одна из целей данного исследования состоит в дальнейшем развитии рациональной эксплуатации систем оборотного водоснабжения за счёт эффективной обработки сточных вод реагентами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи, связанные с работой систем оборотного водоснабжения в части обработки сточных вод. Главная задача состоит в стабилизации обработки стоков на высоком уровне и дальнейшей оптимизации компонентов, используемых реагентов (количества, состава и последовательности их введения).

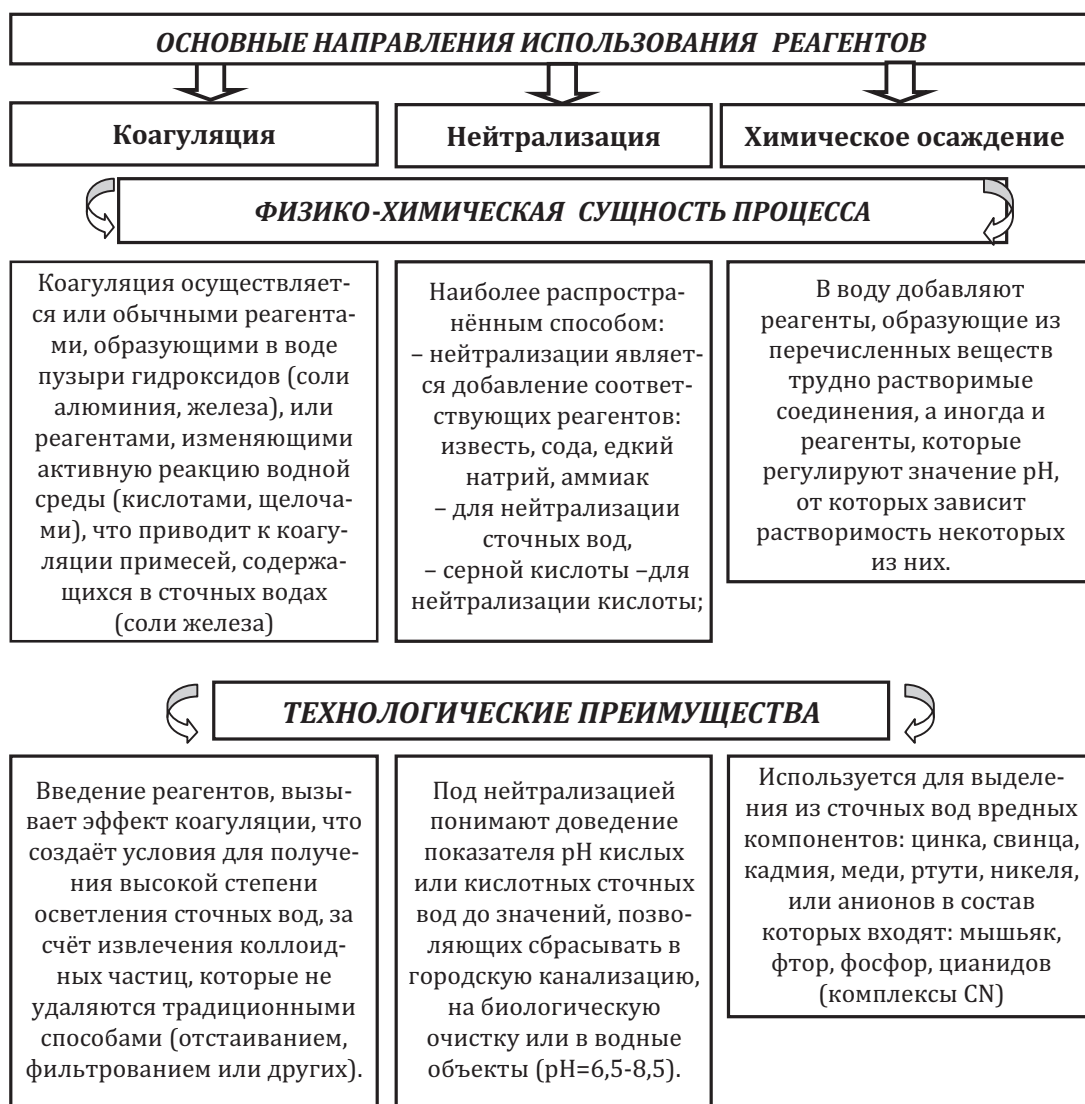


Рис. 1. Основные преимущества и сущность использования реагентов в технологических процессах

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известны способы очистки сточных вод от тяжёлых металлов с использованием отходов производства, образующихся на этом же производстве. Например, способ электролитической регенерации шестивалентного хрома из хромсульфатных отходов производства в диафрагменном электролизере со свинцовым анодом. В этом случае одновременно и непрерывно подают и выводят регенерируемые отходы в катодное и анодное отделение. Скорость протекания процесса 0,003-0,004 л/дм³ час, со стальным катодом при плотности тока – 3-7 А/дм² [5].

Известен способ очистки сточных вод от соединений хрома, включающий контактирование воды с восстановителем металлургическим алюминием. В этом случае с целью повышения степени очистки и упрощения процесса обработки сточных вод используют смесь алюминиевой стружки и порошка при соотношении от 0,5 : 1 до 3 : 1 [6].

Разработано несколько технологий использования отходов промышленного производства. Например, возможно использование в качестве сернокислого железа отходов титанового производства. По данному способу очистки сточных вод от хрома электрокоагуляцией сернокислое закисное железо вводят в виде 5 % раствора в количестве 7,5-12,5 дм³/м³. При этом сокращается время на обработку сточных вод и затраты электрической энергии [7].

Возможно использование в качестве реагента щелочи NaOH с показателем раствора pH = 5-9. Сущность способа состоит в регенерации отработанных хромсодержащих сточных вод раствором щелочи NaOH с последующим отделением осадка фильтрацией и введением в фильтрат соединения шестивалентного хрома. Раствор предварительно нагревают до 40-50 °С, в качестве соединения шестивалентного хрома используют хромовый ангидрит в эквивалентном количестве введенной щелочи [8].

Известен способ обработки сточных вод, заключающийся в восстановлении шестивалентного хрома до трехвалентного, который производится в присутствии серной кислоты. Для осуществления процесса обработки сточных вод используют нерастворимые стальные электроды из графита или алюминиевого угля. С целью повышения степени очистки количество серной кислоты поддерживается на уровне 2-15 г/л [9].

Известен способ очистки хромсодержащих сточных вод с использованием отходов гальванического производства, находящихся в определенном соотношении к шестивалентному хрому [10, 11].

В дальнейшем отходы гальванического производства использовались для получения неорганического клея, в различном композиционном соотношении и составе используемых химических компонентов [12].

Использование ОМР обусловлено следующими технологическими преимуществами:

- использование химических компонентов, входящих в состав ОМР, связано с увеличением диспер-

гирующей возможности и эффективным действием на отдельные загрязнения, а также существенным влиянием на процесс обработки и нейтрализации сточных вод, содержащих ионы тяжёлых металлов;

- при увеличении температурного режима увеличивается скорость транспортирования скоагулированных загрязнений в пенный шар, что создаёт условия для их накопления и выделения осадков, образующихся в этом процессе;

- накопление значительных объёмов шламов способствует увеличению степени эффективности очистки стоков и выделению ионов тяжёлых металлов вместе с пенным продуктом, что упрощает технологию обработки данного вида сточных вод за счёт механического их перемещения в камере накопления жидких отходов;

- растворённые соединения, которые входят в состав сточных вод, взаимодействуют с химическими компонентами реагента, создающими в воде малорастворённые соединения тяжёлых металлов, карбонатов, сульфатов, сульфитов и т.п.;

- вместе с увеличением диспергирующего влияния на загрязнения, на процесс обработки и нейтрализации сточных вод отработанным моющим раствором обеспечивается экологическая безопасность обработанных сточных вод.

Использование растворённых электродов (стальных, алюминиевых) в электрокоагуляторе предотвращает пассивацию электродной системы, повышается безопасность эксплуатации водоочистного оборудования, обусловленная герметизацией электродной системы.

Сокращённая характеристика разработанных способов обработки сточных вод, с предлагаемой практической реализации, приведена в табл. 1.

Эффективность использования, в сравнении с другими, аналогичными методами обработки сточных вод (электрофлотацией, флотацией, электрокоагуляцией), схемы и разработанное оборудование позволяет не использовать дорогостоящие химические реагенты, за счёт использования отходов гальванического производства иногда образующихся на этом же производстве. Химические компоненты незначительно изменяют состав технологических растворов. Используемое оборудование надёжно в технологическом отношении, возможно использовать при реконструкции действующих очистных сооружений, без значительных капиталовложений стабилизировать процесс обработки стоков гальванического производства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Позволяют решить важную водохозяйственную проблему, заключающуюся в повышении надёжности работы систем оборотного водоснабжения при реагентной обработке сточных вод.

При этом выбор оптимальных параметров химических веществ, определяющих состав реагентов, проводился в несколько этапов:

- определён состав химических компонентов, входящих в состав реагента;

Таблица 1.

Характеристика разработанных способов обработки сточных вод

Источник информации	Технологическая сущность	Формула химических компонентов ОМР	Практическая реализация
А. с. № 1730045 СССР. Способ очистки хромосодержащих сточных вод [10]	поверхностно-активные вещества (ПАВ), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	$\text{Cr}^{6+} : \text{ПАВ} : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,25-2,5) : (0,15-1,5)$	Повышается эффективность очистки сточных вод с повышенным содержанием ионов тяжёлых Cr^{6+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} и др.
А. с. № 1730046 СССР. Способ очистки хромосодержащих сточных вод [11]			Используются отходы гальванического производства, образующиеся на этом же производстве
Пат. № 9877А Уа. Способ очистки сточных вод, образующихся в гальванических отделениях [13].	триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3)	$\text{Cr}^{6+} : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} : \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 1 : (0,15-0,5) : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5)$	Уменьшается себестоимость обработки сточных вод за счёт упорядочения ведения водного хозяйства гальванических отделений
Пат. № 45347 Уа. Способ очистки сточных вод гальванического производства [14].	пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	$\text{Cr}^{6+} : \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,25-2,5) : (0,15-1,5)$	Способствует эффективному удалению масел, нефтепродуктов и аналогичных жирных растворов и соединений на их основе
Пат. № 64255 Уа. Способ очистки сточных вод гальванического производства комплексом химических компонентов [15].	поверхностно- активные вещества (ПАВ), едкий натрий (NaOH), пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	$\text{Cr}^{6+} : \text{ПАВ} : \text{NaOH} : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1 : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,15-0,5) : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5)$	Ограничено образование количества взвешенных веществ, ограничивает влияние на электродную систему камеры реакции и ускорение образования флокомплексов в пенном слое
Пат. № 94243 Уа. Способ каскадной очистки сточных вод [16].	поверхностно- активные вещества (ПАВ), едкий натрий (NaOH), пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	$\text{Cr}^{6+} : \text{ПАВ} : \text{NaOH} : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1 : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,15-0,5) : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5)$	Уменьшается количество шламов и жидких отходов гальванического производства, ограничивающих влияние на окружающую среду и обеспечивающих экологическую безопасность
Пат. № 97943 Уа. Способ очистки сточных вод, образующихся в гальванических отделениях [17].	едкий натрий (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3), тринатрийфосфат ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), стекло натриевое жидкое ($\text{Na}_2\text{OxSiO}_2$)	едкий натрий (NaOH) 40 г/л-32%	Стабилизируется процесс обработки сточных вод от ионов тяжёлых металлов. Сокращается использование воды и, как следствие, уменьшение объёмов сточных вод
		сода кальцинированная (Na_2CO_3) 40 г/л-32%	
		тринатрийфосфат ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 40 г/л-32%	
		стекло натриевое жидкое ($\text{Na}_2\text{OxSiO}_2$) 5 г/л-4%	
Пат. № 103544 Уа. Способ обработки высококонцентрированных сточных вод гальванических отделений [18].	Поверхностно- активные вещества (ПАВ), едкий натрий (NaOH), пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), сода кальцинированная (Na_2CO_3), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	$\text{Cr}^{6+} : \text{ПАВ} : \text{NaOH} : \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	Уменьшается количество жидких отходов, сокращаются объёмы использования воды и водных ресурсов в оборотном водоснабжении
Пат. № 122002 Уа. Способ обработки хромосодержащих сточных вод [19]	поверхностно – активные вещества (ПАВ), метасиликат натрия (Na_2SiO_3), пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), сода кальцинированная (Na_2CO_3), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), сернокислое закисное железо $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cr}^{6+} : \text{ПАВ} : \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} : \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,25-2,5) : (0,15-1,5) : (0,10-0,15)$	Оптимизируются химические компоненты, используемые в качестве реагента. Стабилизируется процесс обработки сточных вод

– количество каждого компонента, находящегося в определённом диапазоне, позволяет оптимизировать качественные показатели результатов обработки сточных вод;

Одним из наиболее перспективных путей выполнения указанных требований и условий работы систем оборотного водоснабжения, являющихся составной частью водохозяйственного комплекса страны, является создание и реализация основ научно-технической интенсификации ресурсосберегающих технологий в работе систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Схема обработки производственных сточных вод гальванических отделений, с использованием реагентов электрохимическими методами, приведена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема обработки производственных сточных вод гальванических отделений с использованием реагентов электрохимическими методами. Приёмник-усреднитель стоков: К – концентрированные, К – кислые и П – промывные сточные воды [10, 11, 13-17]

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Область исследований соответствует паспорту научной специальности: 1.2.4 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов по следующим научным направлениям:

- применение коагулянтов, флокулянтов, катализаторов, сорбентов и других реагентов для очистки сточных и природных вод, обработки шламов;
- замкнутые системы водного хозяйства промышленных комплексов и промышленных предприятий, работающих по безотходной или малоотходной технологии.

Поэтому цель исследований состоит в разработке новых и усовершенствовании существующих реагентов для очистки сточных вод, используемых на локальных очистных сооружениях, направленных на обеспечение интенсификации ресурсосберегающих

технологий в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка и усовершенствование реагентной обработки сточных вод за счёт использования химических компонентов – отработанных моющих растворов.
2. Оптимизация химических компонентов, входящих в состав отработанного моющего раствора, используемого при обработке сточных вод гальванического производства.
3. Использование реагентов, состоящих из отработанного моющего раствора, позволяющего производить обработку сточных вод на локальных очистных сооружениях.

Результаты и рекомендации практической реализации полученных результатов исследований. Техническая схема обработки сточных вод с использованием химических компонентов в качестве ОМР, которые определяют количественное соотношение и обезвреживании отходов, образующихся вследствие предыдущих операций.

Блок-схема обработки производственных сточных вод гальванических отделений с использованием реагентов представлена на рис. 3.

О	$Cr^{6+} : ПАВ : Na_2SiO_3 : Na_2CO_3 : Na_4P_2O_7 = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,25-2,5) : (0,15-1,5)$
	$Cr^{6+} : Na_3P_3O_{10} : Na_4P_2O_7 : Na_2SiO_3 : Na_2CO_3 = 1 : (0,15-0,5) : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5)$
М	$Cr^{6+} : Na_4P_2O_7 : Na_2SiO_3 : Na_2CO_3 : Na_3P_3O_{10} = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,25-2,5) : (0,15-1,5)$
	$Cr^{6+} : ПАВ : NaOH : Na_2SiO_3 : Na_4P_2O_7 : Na_2CO_3 : Na_3P_3O_{10} = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,15-0,5) : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5)$
Р	$Cr^{6+} : ПАВ : NaOH : Na_2SiO_3 : Na_4P_2O_7 : Na_2CO_3 : Na_3P_3O_{10} = 1 : (0,05-0,5) : (0,05-0,5) : (0,15-0,5) : (0,15-0,5) : (0,05-0,5) : (0,05-0,5)$

Рис. 3. Количественные показатели использования реагентов

Одним из решений использования реагентов является каскадная обработка сточных вод. Целью каскадной очистки стоков является оптимизация технологических параметров и режимов работы сточных вод с использованием химических компонентов, входящих в состав реагентов [16, 19].

При каскадной очистке сточные воды смешивают с раствором электролита, входящего в состав химических компонентов в определённом соотношении к шестивалентному хрому: $Cr^{6+} : ПАВ : NaOH : Na_4P_2O_7 : Na_2SiO_3 : Na_2CO_3 : Na_3P_3O_{10}$, с общей концентрацией в пределах 50-100 мг/дм³. Электролиз проводят с использованием стальных электродов и напорной флотацией, поэтапно вводя химические компоненты в соотношении к Cr^{6+} (мас. ч.):

ПАВ (поверхностно-активные вещества)	0,15 ... 0,5
едкий натрий (NaOH)	0,05 ... 0,5
пирофосфат натрия ($Na_4P_2O_7$)	0,15 ... 0,5
метасиликат натрия (Na_2SiO_3)	0,15 ... 0,5
сода кальцинированная (Na_2CO_3)	0,05 ... 0,5
триполифосфат натрия ($Na_3P_3O_{10}$)	0,05 ... 0,5

Кроме того, каскадное (поэтапное) введение химических компонентов отработанного моющего раствора повышает влияние ПАВ на стойкость прямых эмульсий, различных составных масел и нефтепродуктов, и условия образования твердых частиц.

В одном случае: электролиз проводят с удельными затратами электрического заряда в пределах 100-600 Кл/дм³ – в одном случае и 600-4000 Кл/дм³ – в другом случае [10, 11].

В другом случае электролиз проводят с удельными затратами электрического заряда в пределах 100-600 Кл/дм³ – в одном случае, 600-1000 Кл/дм³ – в другом случае и 1000-4000 Кл/дм³ – в третьем случае [19].

Повышение эффективности очистки производственных и бытовых сточных вод достигается путём поэтапного (каскадного) введения химических компонентов и создания условия для поверхностного и межфазного натяжения на границе раздела фаз. Создаются условия для активации при смачивании различных загрязнений и очистки от загрязнений с различным содержанием нефтепродуктов, различного количественного их состава.

Способ очистки хромсодержащих сточных вод происходит следующим образом. При электролизе в раствор электролита, содержащего небольшие примеси поверхностно-активных веществ, кальцинированную соду, метасиликат, пирофосфат и триполифосфат натрия, а также сернокислое закисное железо (табл. 2), где происходит активация поверхности стальных электродов и увеличивается скорость транспортировки железосодержащего коагулянта в сточную воду с содержанием ионов хрома Cr⁶⁺ и Cr³⁺. Химические добавки позволяют получить более концентрированный раствор коагулянта, а также более мелкие пузырьки газовой фазы.

При дальнейшем смешивании железосодержащего коагулянта со сточной водой ускоряется окислительно-восстановительная реакция (табл. 2), происходит формирование флотокомплексов и

эффективность процесса флотации гидроксидов в пенный слой в несколько раз выше по сравнению с известными способами (табл. 3). Это позволяет повысить степень очистки сточных вод.

При очистке хромсодержащих сточных вод железосодержащим коагулянтом, полученным при электролизе предложенным способом, общая концентрация вводимых в электролит химических компонентов должна находиться в пределах 50-100 мг/дм³ (рис. 4).

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Использование реагентов для очистки сточных вод в системах промышленного водоснабжения промышленных предприятий позволило определить системный подход, который состоит в следующем:

1. Разработаны новые и усовершенствованы существующие технические решения обработки стоков химическими компонентами, входящими в состав отработанных моющих растворов, используемых при реагентной обработке сточных вод промышленных предприятий в процессах коагуляции, флотации и химической обработки.

2. Результаты проведенных исследований апробированы в промышленном производстве на установках комбинированного типа, которые внедрены в работу систем промышленного водоснабжения, с производительностью водоочистного оборудования в пределах от 1 до 10 м³/час.

3. Установлено, что использование определённых реагентов возможно при различном их сочетании, при соблюдении порядка их введения, количественного соотношения с учётом специфики производства и условий образования сточных вод. Однако, необходимо придерживаться времени и порядка введения химических компонентов, начиная с минимального уровня и сохраняя диапазон (количество) каждого компонента.

Таблица 2.

Соотношение химических компонентов к Cr⁶⁺ и эффективность очистки сточных вод

Соотношение химических компонентов Cr ⁶⁺	X ₁	X ₂	X ₃	X ⁴	X ₅	X ₆
	ПАВ	Na ₄ P ₂ O ₇	Na ₂ SiO ₃	Na ₂ CO ₃	Na ₅ P ₃ O ₁₀	Fe ₃ O ₄ ·x7H ₂ O
	поверхностно-активные вещества	пирофосфат натрия	метасиликат натрия	сода кальцинирована	триполифосфат натрия	сернокислое железное
1,0	0,15-0,5	0,05-0,5	0,05-0,5	0,25-2,5	0,15-1,5	0,10-0,15
Эффективность очистки сточных вод, %						
y ₁	98,25	98,5	99,0	98,0	97,5	99,0
y ₂	97,25	98,75	99,0	98,5	99,25	98,5
y ₃	98,75	98,5	99,0	98,5	98,75	98,5
y ₄	98,5	98,5	99,0	98,0	99,0	98,5
y ₅	98,75	98,5	99,0	98,0	99,25	98,5
y ₆	98,5	98,5	98,75	98,5	98,5	97,5

Таблица 3.

Сравнительные показатели эффективности обработки сточных вод и количества образования осадков и флотошлама при использовании химических компонентов и соответствующих добавок

№ п/п	Формула химических компонентов ОМР	Добавки	Эффективность очистки			Объём	
			Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	осадка	флотошлама
1, 2	Cr ⁶⁺ : ПАВ: Na ₂ SiO ₃ : Na ₂ CO ₃ : Na ₄ P ₂ O ₇	Лабомид-203 (ТУ-38107-38-73)	0,01	0,015	0,8	12	0,5
3	Cr ⁶⁺ : Na ₄ P ₂ O ₇ : Na ₂ SiO ₃ : Na ₂ CO ₃ : Na ₅ P ₃ O ₁₀	Лабомид-201 (ТУ-38107-38-73)	0,01	0,011	0,65	11,0	0,45-0,50
4	Cr ⁶⁺ : ПАВ : NaOH :Na ₂ SiO ₃ : Na ₄ P ₂ O ₇ : Na ₂ CO ₃ : Na ₅ P ₃ O ₁₀	Лабомид-201 (ТУ-38107-38-73)	0,01	0,012	0,70	11,5	0,40-0,45
5	ПАВ: NaOH :Na ₂ SiO ₃ : Na ₄ P ₂ O ₇ : Na ₂ CO ₃ :Na ₅ P ₃ O ₁₀	Лабомид-203 (ТУ-38107-38-73)	0,01	0,012	0,75	10,5	0,45-0,50
6	Cr ⁶⁺ : ПАВ : NaOH:Na ₂ SiO ₃ : Na ₄ P ₂ O ₇ :Na ₂ CO ₃ :Na ₅ P ₃ O ₁₀	Пивная дробина консервированная	0,01	0,011	0,80	10,0	0,40-0,45
7.	Cr ⁶⁺ ПАВ: NaOH:Na ₂ SiO ₃ : Na ₄ P ₂ O ₇ :Na ₂ CO ₃ :Na ₅ P ₃ O ₁₀ : :FeSO ₄ x 7H ₂ O	Лабомид-203 (ТУ-38107-38-73)	0,01	0,012	0,75	10,5	0,45-0,50

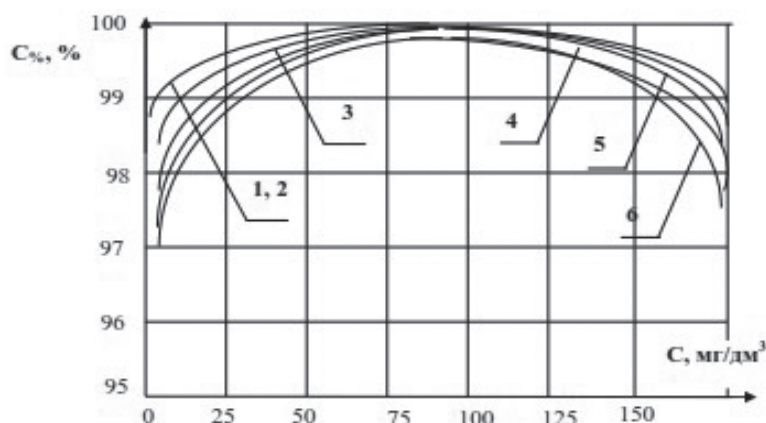


Рис. 4. Эффективность обработки сточных вод при оптимальной концентрации химических компонентов до Cr⁶⁺ отработанного моющего раствора (50-100 мг/дм³) при реализации разработанных технических решений со следующим соотношением: 1-7 – соответствует порядковому номеру (таблица 3)

4. Химические компоненты, используемые в определенном соотношении к шестивалентному хрому, обеспечивают эффективную (на уровне 99,0-99,5 %) обработку сточных вод с высокими начальными концентрациями (хрома (VI) в пределах 300-350 г/дм³; меди в пределах (II) 100-150 г/дм³; железа (III) в пределах 180-200 г/дм³; хрома (III) в пределах 80-100 г/дм³) и др. загрязнителей.

5. Использование разработанных технических решений при обработке сточных вод позволяет оптимизировать количественное соотношение и состав химических компонентов [10, 11, 13], последовательность их введенная [14, 15, 17] и оптимизацию минимальных затрат электрического тока [10, 11, 18.], а также обеспечить экологическую безопасность водных объектов [19].

6. С использованием современного математического аппарата оптимизированы оптимальные показатели очистки сточных вод с использованием реагентов, используемых при обработке стоков в промышленных условиях работы аппаратов и отдельных технологических решений, в широком диапазоне их производительности и различной величине загрязнений.

7. Остаточная концентрация по основным загрязнителям снижается до минимально допустимых значений, что позволяет создать условия для уменьшения общих затрат, повышения уровня эффективности их обработки и оптимизации главных параметров и характеристик очистки сточных вод гальванических производств промышленных предприятий.

Список литературы

1. Лобанов, А. А. Реагентная обработка воды в системе оборотного водоснабжения / А. А. Лобанов // Гидравлика, гидрология, водные ресурсы. Прибороустройство – 2011. – № 1. С. 87-88.
2. Тен, К. И. Обработка воды реагентным способом в системах оборотного водоснабжения / К. И. Тен // Форум молодых учёных. 2017. № 1(5). – С. 595-599.
3. Пинчук, О. А., Костко, А. Ф., Караван, С. В. Комплексонатная водоподготовка в малых водооборотных системах охлаждения // Вестник Международной академии холода «Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение». 2020. № 3. С. 3-9.
4. Мацнев, А. І. Водовідведення на промислових підприємствах. Навчальний посібник / А. І. Мацнев, Л. А. Саблій. – Рівне: Українська державна академія водного господарства, 1998. – 209 с.
5. А. с. № 583202 СССР. МКИЗ С25 В 1/00, С01 G37/00, С02 С5/12. Способ электрохимической регенерации шестивалентного хрома / Е. С. Лецких, В. Г. Мороз. – № 1952557/23–26; Заявл. 25.07.73; Оpubл. 10.12.77; Бюл. № 45.
6. А. с. № 882951 СССР. МКИЗ С02 F 1/70. Способ очистки сточных вод от соединений хрома / В. С. Галахов, Э. П. Агосян, В. А. Комаров, В. А. Ушков, Б. Б. Блинов. – № 2884140/29–26; Заявл. 18.02.80; Оpubл. 23.11.81; Бюл. № 43.
7. А. с. № 739007 СССР, МКИЗ С02 F 1/46. Способ очистки сточных вод от хрома электрокоагуляцией / В. В. Вершинина. – № 2480376/29–26; Заявл. 03.05.77; Оpubл. 20.06.80; Бюл. № 21.
8. А. с. № 865812 СССР. МКИЗ С02 С 1/46. Способ регенерации отработанных хромсодержащих растворов / С. С. Афонский, Г. Н. Новицкая, Е. С. Губская, С. Б. Лепская, И. Я. Киреев, П. З. Изотова. № 2847397/29–26; Заявл. 06.12.79; Оpubл. 23.09.81; Бюл. № 11.
9. А. с. № 639820 СССР. МКИЗ С02 С5/12. Способ обработки сточных вод / Е. Г. Ризо, Е. Г. Герасимов, В. П. Бурцев, И. В. Грибкова, Л. В. Мирвода, В. И. Тюфтина и А. И. Земленикова. – № 2334192/29–26; Заявл. 15.03.76; Оpubл. 30.12.78; Бюл. № 48.
10. А. с. № 1730045 СССР. МКИ7 С02 F1/46. Способ очистки хромсодержащих сточных вод / Н. И. Бунин, С. И. Мовчан; Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства. – Заявка № 4670283/26; заявл. 30.03.89; опубл. 30.04.92. Бюл. № 16. 12 с.
11. А. с. № 1730046 СССР. МКИ7 С02 F1/46. Способ очистки хромсодержащих сточных вод / Н. И. Бунин, С. И. Мовчан; Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства. – Заявка № 4670283/26; заявл. 30.03.89; опубл. 30.04.92. Бюл. № 16. 11 с.
12. Бунина, Л. Н., Мовчан, С. И. Технология получения неорганического клея с использованием осадков гидроксидов тяжёлых металлов / Л. Н. Бунина, С. И. Мовчан // журнала «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Строитель Донбасса. № 2–2023. С. 13–18.
13. Пат. № 9877 Уа. Способ очистки сточных вод, образующихся в гальванических отделениях / С. И. Мовчан. – Заявка № и 2005 03515, заявл. 14.04.2005; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10. – 9 с.
14. Пат. № 45347 Уа. МПК7 С02 F1/46. Способ очистки сточных вод гальванического производства / С. И. Мовчан. – Заявка № и 2009 04539, заявл. 07. 05.2009; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21. – 9 с.
15. Пат. № 64255 Уа. МПК7 С02 F1/46. Способ очистки сточных вод гальванического производства комплексом химических компонентов / С. И. Мовчан, М. В. Морозов. – Заявка № и 2010132249, заявл. 08.11.2010; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21. – 12 с.
16. Пат. № 94243 Уа. МПК7 С02 F1/46 (2006.01). Способ каскадной очистки сточных вод / С. И. Мовчан. – Заявка № и 2014 03882 Заявл. 14.04.2014, опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21. – 12 с.
17. Пат. № 97943 Уа. МПК7 С02 F11/00. Способ очистки сточных вод, образующихся в гальванических отделениях / С. И. Мовчан. – Заявка № и 2014 11865 Заявл. 09.10.2014, опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7. – 12 с.
18. Пат. № 103544 Уа. МПК7 С02 F1/46 (2006.01). Способ обработки высококонцентрированных сточных вод гальванических отделений: патент / С. И. Мовчан. – Заявка № и 201505048 / Заявл. 25.05.2015, опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24. – 11 с.
19. Пат. на изобретение № 122002 Уа. С2 МПК7 С02 F1/463 (2006.01). С02 F101/22 (2006.01). Способ обработки хромсодержащих сточных вод / С. И. Мовчан. – Заявка № и 2018 06127; заявл. 01.06.2018, опубл. 25.08.2020. Публикация сведений о заявке 10.12.2019, Бюл. № 23. Публикация сведений о выдаче патента 25.08.2020, Бюл. № 16. – 14 с.
20. Найманов, А. Я. Возможные нормативы надежности систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / А. Я. Найманов, А. А. Найманова // Науковий вісник будівництва, Харків, Харк. нац. ун-т будівн. і арх., 2013. – № 71. – С. 397-402.