

Водоснабжение и строительные системы охраны водных ресурсов

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2021-1-10>
УДК 628.31:628.32:628.316.13

С.Б. Кунденко, Ю.А. Коваленко

КУНДЕНКО СВЕТЛАНА БОРИСОВНА – аспирант, старший преподаватель
(автор, ответственный за переписку), 14sveta65@mail.ru

Политехнический институт
Дальневосточный федеральный университет

Владивосток, Россия

КОВАЛЕНКО ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – к.х.н., генеральный директор

ООО «ДальВОДГЕО», vodgeo-dv@mail.ru

Владивосток, Россия

Реагентная очистка различных видов сточных вод трехкомпонентной композицией

Аннотация: Представлены результаты экспериментальных исследований реагентной очистки сточных вод трехкомпонентной композицией (коагулянт, флокулянт, щелочной реагент), которые проводились в ООО «ДальВОДГЕО». Экспериментально подобрано соотношение реагентов в композиции, причем флокулянт растворяется в кальцинированной соде и вводится после коагулянта. Испытания на стоках от пищевых производств (с высоким содержанием органических и минеральных взвешенных веществ) при недостаточном щелочном резерве подтверждают большую эффективность очистки и меньший объем осадка в случае применения композиции по сравнению с отдельным вводом реагентов.

Ключевые слова: сточные воды, интенсификация реагентной очистки, коагулянт, флокулянт, подщелачивающий реагент, коагулирующая-флокулирующая щелочная композиция

Введение

В технологии водоочистки применение трех компонентов (коагулянт, флокулянт, щелочь) усложняет реагентное хозяйство: появляются дополнительные затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений. Именно поэтому актуально использование комбинированных составов с низким щелочным резервом применительно к сточным водам небольших предприятий пищевых производств. Эти составы представляют собой многокомпонентные смеси коагулянтов, флокулянтов и различных добавок. В литературе используется множество терминов для названия этой группы реагентов: комбинированные, металл-полимерные, комплексные, смешанные коагулянты, коагулирующие составы. Их можно разделить на три основные группы:

- 1) комбинированные неорганические коагулянты;
- 2) комбинированные неорганические флокулянты;
- 3) коагулирующие-флокулирующие композиции.

Первая группа – это смеси солей металлов, в основном железа и алюминия, где могут присутствовать добавки в виде адсорбентов (активированный уголь, перлиты), увеличивающие коагулирующие свойства композиции. Вторая группа – смеси флокулянтов, которые обладают различными характеристиками и свойствами: молекулярной массой, величиной и знаком заряда, химическим строением. Компоненты коагулирующе-флокулирующих композиций – неорганические коагулянты, органические флокулянты и различные активные добавки.

© Кунденко С.Б., Коваленко Ю.А., 2021

Статья: поступила: 16.03.2020; рецензия: 25.05.2020; принята: 02.11.2020; финансирование: Дальневосточный федеральный университет.

Наиболее часто применяют алюможелезосодержащие композитные коагулянты. К наиболее известным относятся такие отечественные коагулянты, как активированный сульфат алюминия (АСА) с массовой долей хлора (Cl-) 0,5–3,6% [8], «СКИФ-180, 300», новый смесевой реагент с усиленными флокулирующими и коагулирующими свойствами [9] на основе полиоксихлорида алюминия марки «Аква-Аурат™» [10] и др. В состав бинарной композиции марки АКФК [3] входят неорганический коагулянт (сульфат алюминия) и анионный флокулянт (кремниевая кислота) [5]. Перспективность этого реагента определяется его высокой эффективностью, низкой стоимостью и наличием большой сырьевой базы для производства. Недостаток – способность к необратимому гелеобразованию при продолжительном хранении. Композитные смеси, несмотря на их эффективность и большое количество запатентованных составов, используются реже по сравнению с традиционными коагулянтами и флокулянтами [2], что сдерживает широкое внедрение данной группы реагентов для коагуляционной очистки сточных вод.

Цель настоящей статьи – разработать оптимальный состав компонентов в композиции Аква-Аурат³⁰:Na₂CO₃:Праестол852ВС, а также доказать эффективность композитного продукта для реагентной очистки сточных вод с большим содержанием органических и минеральных взвешенных веществ при недостаточном щелочном резерве.

Основные аспекты реагентной обработки вод **Теоретические предпосылки**

Механизм очистки сточных вод определяется свойствами присутствующих в них взвешенных и растворенных органических и минеральных веществ. В сточных водах (бытовых, производственных и поверхностных) содержатся минеральные (глина, песок, сажа, сульфаты, хлориды, соли, тяжелые металлы и т.д.) и органические (белковые вещества, углеводы, жиры, масла, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества и т.д.) загрязнения. Биогенные элементы – соединения азота и фосфора присутствуют в сточных водах в органической и неорганической форме. Все перечисленные загрязнения могут находиться в грубодисперсном (оседающие под действием силы тяжести), коллоидном и растворенном состояниях. Как правило, коллоидные загрязнения отрицательно заряжены, агрегативно и кинетически устойчивы и поэтому не могут быть выделены из воды в процессе отстаивания или флотации. Для повышения эффективности очистки от грубодисперсных, коллоидных и растворенных загрязнений используют минеральные коагулянты [6]. Также применяются синтетические флокулянты в сочетании с коагулянтами (солями алюминия и железа). При низкой щелочности количество находящихся в воде бикарбонатов и карбонатов недостаточно для нейтрализации водородных ионов; положение равновесия реакции гидролиза сдвигается в левую сторону, и в воде остаются непрореагировавшие ионы алюминия или железа, поэтому необходим ввод подщелачивающего реагента (известь, кальцинированная сода или щелочь) [7].

В течение ряда лет мы проводили исследования реагентного метода очистки для небольших объемов сточных вод с большим содержанием органических и взвешенных веществ: была выявлена низкая эффективность работы флокулянта, если для протекания коагуляции проводилось подщелачивание стоков.

В водоочистке принят следующий стандартный порядок ввода реагентов: коагулянт, подщелачивающий реагент, флокулянт. После введения в сточные воды подщелачивающего реагента с избыточной щелочностью 1–2 ммоль/л наступает «быстрая коагуляция» по Смолуховскому. По данным известных фундаментальных работ Бабенкова Е.Д. и Кульского Л.А. [1, 4], структурообразование в гидрозолях алюминия и железа может рассматриваться как образование: на первом этапе – сплошной пространственной сетки, на втором – ее разрыв под влиянием гидродинамических воздействий и процессов старения. В результате разрыва образуются микрохлопья, укрупняющиеся в ходе дальнейшего объединения. Гидролиз, полимеризация и адсорбция протекают чрезвычайно быстро (до 1 с). Во время смешения начинается и

в основном заканчивается обусловленная броуновским движением коагуляция разноименно заряженных высокодисперсных частиц гидроксидов и коллоидных загрязнений. Водонасыщенность продуктов гидролиза коагулянтов зависит от их состава и структуры. Большое количество воды гидроокись алюминия включает в себя в начальный момент структурообразования. Помимо химической гидратации происходит и механический захват воды (инклюзия).

В сточных водах минеральные и органические загрязнения заряжены обычно отрицательно, только наиболее крупные и слабозаряженные частицы можно связать в трехмерные структуры с помощью анионных и неионных флокулянтов – их обычно применяют для осаждения высокодисперсных и коллоидных загрязнений в сочетании с минеральными коагулянтами, которые уменьшают агрегативную устойчивость коллоидных частиц. Структура сформировавшихся хлопьев гидроксидов алюминия после введения флокулянта изменяется незначительно, происходит лишь связывание имеющихся хлопьев в более рыхлые и крупные образования [13]. Увеличивая прочность хлопьев, флокулянты препятствуют их разрушению при перемешивании сточных вод в камерах хлопьеобразования. В связи с этим при применении флокулянтов для образования наиболее плотных и крупных хлопьев и разрушения первичных структур требуется индивидуальный подбор скорости и времени перемешивания в камере хлопьеобразования [14]. При реагентной обработке воды особое внимание должно быть обращено на подбор оптимальных условий хлопьеобразования (порядок ввода реагентов, интенсивность и продолжительность перемешивания) [15].

Анализируя теоретические аспекты и практический опыт реагентной очистки, мы отметили хорошую растворимость некоторых флокулянтов в щелочной среде. Поэтому было выдвинуто предположение, что при одномоментном вводе флокулянта и подщелачивающего реагента, флокулят будет участвовать не только в объединении мелких хлопьев, но и встраиваться в структуру «хлопка» при гидролизе коагулянта, уменьшая его водонасыщенность и увеличивая, соответственно, плотность и гидравлическую крупность.

В 2015–2020 г. мы провели ряд экспериментов по реагентной очистке различных видов сточных вод трехкомпонентной композицией (коагулянт, флокулянт, щелочной реагент): с 2015 по 2018 г. – в ООО «ДальВОДГЕО» (в то время там работали оба автора статьи), затем совместно с ДВФУ. Композиция разработана для пищевых производств – очистки их сточных вод с высоким содержанием органических и минеральных взвешенных веществ при недостаточном щелочном резерве (рН менее 6,5).

Коагулирующе-флокулирующая щелочная композиция для реагентной очистки сточных вод

В качестве подщелачивающего реагента для небольших расходов сточных вод экономически целесообразно использовать кальцинированную соду (Na_2CO_3): она, в отличие от извести, не требует строительства известкового хозяйства. В ходе лабораторных исследований выявлено, что в сочетании с кальцинированной содой наиболее эффективными оказались коагулянт оксихлорид алюминия и флокулянт «Праестол 852BC». Учитывая хорошую растворимость флокулянтов типа «Праестол» в щелочной среде (граница применения по значению рН 1,0–14 [11]), мы провели ряд лабораторных экспериментов с различными видами сточных вод с вводом после коагулянта щелочной флокулирующей композиции, причем флокулянт затворялся в 10% растворе кальцинированной соды и вводился после коагулянта.

Методика эксперимента: после предварительного отстаивания в течение двух часов для различных видов сточных вод определялись оптимальные дозы коагулянта и подщелачивающего реагента по классической методике пробного коагулирования. Далее в литровые цилиндры заливали осветленные сточные воды (три параллельные пробы каждого вида), устанавливали датчик рН метра, вводили оптимальную дозу 10% (по Al_2O_3) раствора Аква-Аурат³⁰, перемешивая (10–15 об/мин) в течение 2 мин. Затем вводили различные сочетания подщелачивающей композиции (Na_2CO_3 –Праестол852BC), продолжая медленно перемешивать с аналогичной скоростью до появления хлопьев. После появления первых хлопьев

добавляли несколько капель подщелачивающего агента (чтобы процесс коагуляции протекал при избыточной щелочности) и фиксировали значение рН, продолжая перемешивать еще 1–2 с. В контрольный цилиндр вводили аналогичные дозы реагентов отдельно. При оптимальных дозах коагулянта и подщелачивающего реагента флокулянт вводился дозами: от 1 до 5 мг/л по товарному продукту – в составе композиции и отдельно. После этого цилиндры оставляли в покое, наблюдая за образованием и осаждением хлопьев. Через час отстаивания фиксировали объем осадка и отбирали пипеткой пробу воды из середины осветленного слоя. Пробу отфильтровывали через бумажный фильтр «белая лента» и определяли концентрацию загрязнений сточных вод по показателю БПК₅ (биологическое потребление кислорода в течение 5 сут) и остаточный алюминий (при наличии остаточного алюминия в пробе более 0,05 мг/л – результаты не учитывались, эксперимент повторяли).

По данным лабораторных исследований, доза флокулянта составила от 1,5 до 4 мг/л, она зависела от вида сточных вод и вводимой дозы коагулянта. В табл. 1 представлены данные исследований по обработке сточных вод реагентной композицией и отдельном вводе реагентов для нескольких сточных вод пищевых производств.

Таблица 1

Обобщенные данные обработки сточных вод щелочной композицией и при отдельном вводе реагентов

Сточные воды	Обработка сточных вод композицией: Аква-Аурат ³⁰ :Na ₂ CO ₃ :Праестол852BC			Отдельный, последовательный ввод реагентов: - Аква-Аурат ³⁰ - Na ₂ CO ₃ - Праестол852BC		
	Оптимальная пропорция композиции по товарному продукту, мг/л	Эффект очистки по БПК ₅ , %	Объем осадка от объема сточных вод, %	Дозы реа- гентов по товарному продукту, мг/л	Эффект очистки по БПК ₅ , %	Объем осадка от объема сточных вод, %
От разделки рыбы	300:293:3	92	6,5	-300 -293 -3	87	7,1
От производства колбасной продукции и мясных полуфабрикатов	310:312:3,1	91	6,2	-310 -312 -3,1	85	6,8
От производства рыбной муки	395:400:4	88	6,9	-395 -400 -4	82	7,5
От производства кулинарии из морепродуктов и консервных цехов	255:257:2,5	96	5,3	-255 -257 -2,5	92	5,8
Смесь хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод от сезонной туристической базы (пищевый блок, прачечная)	150:145:1,5	95	4,3	-150 -145 -1,5	93	4,8

Примечание. Реагентная обработка композицией: коагулянт Аква-Аурат³⁰ – смешение 2 мин, ввод щелочной композиции Na₂CO₃:Праестол852BC, смешение до появления первых хлопьев (30–40 с). Отдельный ввод реагентов, смешение: коагулянт Аква-Аурат³⁰ – 2 мин, Na₂CO₃ – 30–40 с (до первых хлопьев), Праестол852BC – 2 мин.

Результаты

Итак, выявлено следующее. Соотношение реагентов композиции можно свести к пропорции: 100(Аква-Аурат³⁰):100(Na₂CO₃):1(Праестол852BC), по товарному продукту для сточных вод с щелочным резервом 6,0–6,5 и большим содержанием взвешенных и органических веществ.

При обработке стоков реагентной композицией коагуляция сточных вод наступает при рН 7,4–8,9 и снижается на 0,4–0,6 единиц в течение 30 мин после начала хлопьеобразования, поэтому перед сбросом в водоем или сети городской канализации не требуется корректировка рН. Протекает «скорая коагуляция» с образованием крупных хлопьев. Скорость осаждения хлопьев (0,18–0,3 мм/с) зависит от доз вводимых реагентов и состава загрязнений сточных вод.

При обработке стоков реагентной композицией для сточных вод пищевых производств не только уменьшается объем осадка, но и увеличивается эффект очистки, которая составила 88–96%.

Полевые испытания

Для локальной очистки небольших объемов сточных вод предприятий пищевой промышленности наиболее часто применяется схема очистки, которая включает: сетчатый барабанный фильтр, усреднитель сточных вод с механическими мешалками и напорный реагентный флотатор. В качестве реагентов применяются соли железа и щелочь. Во флотаторах стоки насыщаются воздухом под давлением и подаются в напорный резервуар, где выделяются нерастворившиеся пузырьки воздуха и протекает процесс хлопьеобразования (образование сплошной пространственной сетки и ее разрыв). Наличие пузырьков воздуха при флотации увеличивает количество разрывов, образуется много мелких хлопьев. Далее вода проходит через редукционный клапан, в котором давление снижается до атмосферного, и поступает во флотоотстойник, где часть скоагулированных загрязнений всплывают, образуя флотопену, а часть выпадает в осадок. Несмотря на то что реагентная флотация имеет ряд недостатков (предварительная фильтрация, перекачивание части объема сточных вод, два вида осадков, механическое удаление пены), схема очистки с флотаторами применяется на многих отечественных и зарубежных предприятиях для обработки стоков, содержащих жиры и большое количество органических веществ. В процессе отстаивания такие осадки имеют свойство всплывать, а в отстойниках с тонкослойными модулями – выносятся с потоком воды из межполочного пространства.

Для решения вышеперечисленных проблем авторами статьи разработана конструкция моноблока очистки (камера хлопьеобразования, трубчатый тонкослойный отстойник и фильтр с плавающей загрузкой) [12]. Конструкция оборудована съемными крышками и патрубком для подключения к системе вентиляции.

Полевые испытания разработанного состава композиции проводились на эксплуатируемых очистных сооружениях рыбколхоза «Тихий океан» (разделочный и консервный цеха), схема которых представлена на рис. 1, и сезонной туристической базы «Рекреационный комплекс в районе бухты Руднева» (жилые корпуса, пищеблок, прачечная, банный комплекс) (рис. 2), в состав которых входят установки коагуляционные физико-химической очистки [12].

В таблицах 2 и 3 представлены данные полевых испытаний обработки сточных вод композицией и при раздельном вводе реагентов.

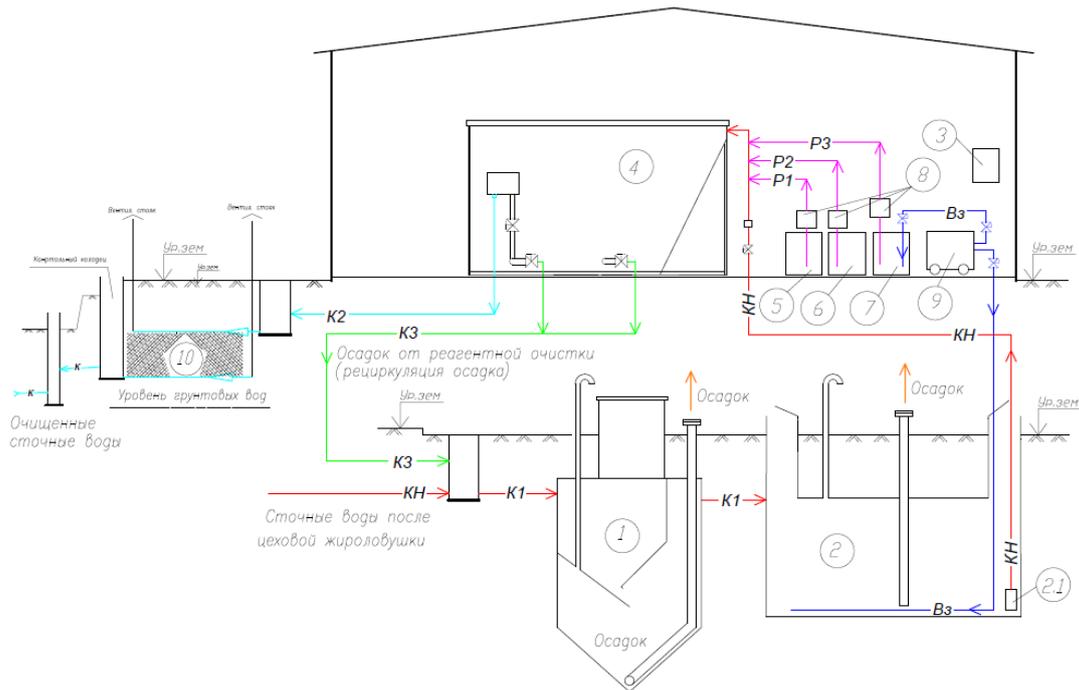


Рис. 1. Схема очистных сооружений рыбоперерабатывающего предприятия производительностью до 200 м³/сут:

1 – двухъярусный отстойник, 2 – накопитель сточных вод, совмещенный с канализационной насосной станцией, 2.1 – погружной насос, 3 – шкаф управления; 4 – установка коагуляционная физико-химической очистки сточных вод производительностью 5 м³/ч, 5–7 – растворные баки реагентов, 8 – насосы-дозаторы, 9 – компрессор, 10 – песчано-гравийный фильтр. Трубопроводы: K1 – сточные воды, KH – канализация напорная, K2 – очищенные сточные воды, K3 – осадок от реагентной очистки, P1, P2, P3 – трубопроводы реагентов

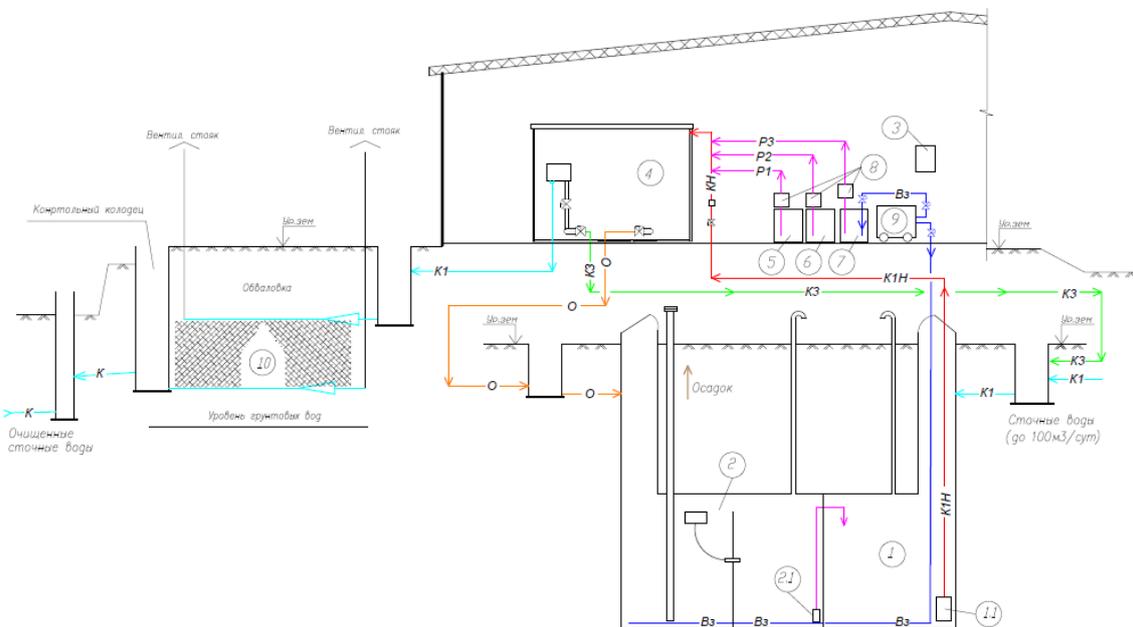


Рис. 2. Схема очистных сооружений сезонной туристической базы производительностью до 100 м³/сут:

1 – накопитель сточных вод, совмещенный с канализационной насосной станцией, 2 – уплотнитель осадка, 1.1 и 2.1 – погружной насос, 3 – шкаф управления, 4 – установка коагуляционная физико-химической очистки сточных вод производительностью 3 м³/час, 5, 6, 7 – растворные баки реагентов, 8 – насосы-дозаторы, 9 – компрессор, 10 – песчано-гравийный фильтр. Трубопроводы: K1 – сточные воды, KH – канализация напорная, K – очищенные сточные воды, K3 – вода от промывки фильтров, O – осадок от реагентной очистки, P1, P2, P3 – трубопроводы реагентов

Таблица 2

Данные полевых испытаний. Объем осадка

Сточные воды	Обработка сточных вод композицией: Аква-Аурат ³⁰ :Na ₂ CO ₃ :Праестол 852BC		Раздельный, последовательный ввод реагентов: -Аква-Аурат ³⁰ -Na ₂ CO ₃ -Праестол 852BC	
	Пропорция композиции по товарному продукту, мг/л	Объем осадка от объема сточных вод, * %	Дозы реагентов по товарному продукту, мг/л	Объем осадка от объема сточных вод, * %
Рыбколхоз «Тихий океан»	300:293:3	6,5–6,54	300 293 3	6,9–7,1
Сезонная туристическая база «Рекреационный комплекс в районе бухты Руднева»	150:145:1,5	4,3–4,5	150 145 1,5	4,8–4,9

* Через вентиль «опорожнение отстойника» (рис. 3) в литровые цилиндры отбирали про-бы, отстаивали в течение часа и сравнивали объем осадка.

Таблица 3

Данные полевых испытаний. Результаты очистки сточных вод

Показатели загрязнений	Исходный сток*		Очищенные сточные воды*		Эффект очистки, %	
	1	2	1	2	1	2
Взвешенные вещества, мг/л	500–800	210–230	$\frac{5-10^{**}}{5-10}$	$\frac{5-10}{5-10}$	$\frac{95,5-97}{95,5-97}$	$\frac{95,5-97}{95,5-97}$
БПК ₅ – биологическое потребление кислорода, мг/л	600–800	180–245	$\frac{45-68}{50-74}$	$\frac{32-36}{35-40}$	$\frac{91,5-92,5}{91-91,8}$	$\frac{82-85}{81-83}$
PO ₄ ³⁻ – фосфаты, мг/л	23–30	12–15	$\frac{4-6}{4,5-7}$	$\frac{0,5-2,1}{0,6-2,3}$	$\frac{80-82}{76,7-80,4}$	$\frac{86-95,8}{76,7-97,3}$
NH ₄ ⁺ – азот, мг/л	38–63	21–29	$\frac{5-14}{5,5-15,5}$	$\frac{6,1-8,2}{6,8-8,9}$	$\frac{77,8-86,8}{75,5-85,5}$	$\frac{70,95-71,7}{67,6-69,3}$
Остаточный алюминий после коагуляции, мг/л	0,03–0,04	0,03–0,04	0,03–0,04	0,03–0,04	–	–
pH, ед.	6,0–7,0	6,2–7,3	8,0–8,5	7,8–8,2	–	–
Температура сточных вод, °С	14–16	16–17	14–16	16–17	–	–

* Пробы отбиралась через пробоотборники исходной и очищенной воды (см. рис. 3).

** В знаменателе показатели загрязнений стоков обработанных композицией, в числителе – раздельный ввод реагентов. Примечание. 1 – сточные воды рыбколхоза «Тихий океан» после локальной жи-роловушки; 2 – сточные воды сезонной туристической базы «Рекреационный комплекс в районе бухты Руднева».

По результатам полевых испытаний обработки сточных вод композиционным составом модифицирована разработанная авторами конструкция установки физико-химической очистки [12] (см. рис. 3). Ее моноблок состоит: из последовательно расположенных трех узлов ввода и смешения реагентов, камеры хлопьеобразования (загрузка из кубиков пенополисти-рола 15*15 мм), отстойника с тонкослойными модулями трубчатой конструкции и фильтра с плавающей загрузкой (дробленый пенополистирол фракции 3 мм). Установка дооборудована

электрифицированными затворами, работой которых управляет шкаф по сигналу от датчиков мутности и уровня, что позволяет работать установкам без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Предусмотрено постоянное удаление осадка из установки в размере 3–5% от объема сточных вод.

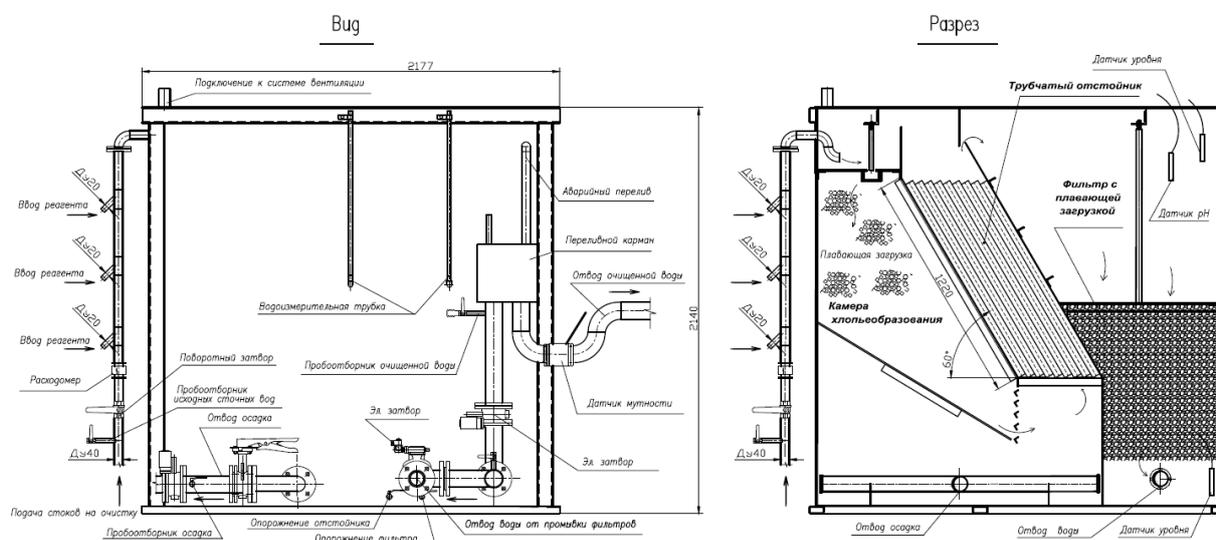


Рис. 3. Модифицированная установка реагентной очистки сточных вод производительностью 3 м³/ч, габаритными размерами 1000×2177×2140(Н)

Выводы и перспективы исследования

Проведенное исследование и полевые испытания показали успешность применения реагентной композиции для очистки сточных вод с низким щелочным резервом. Результаты сравнения экспериментальных данных, представленные в таблицах 1–3, подтверждают состоятельность предложенной композиции по сравнению с отдельным вводом реагентов и ее большую эффективность: повышение глубины очистки на 10–12%, меньшую влагоемкость и меньший объем осадка – 7–9%. Экспериментально выявлены пропорции коагулирующего состава: 100 (Аква-Аурат³⁰):100 (Na₂CO₃):1 (Праестол852BC), которые могут уточняться в процессе эксплуатации очистных сооружений.

Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод о возможности интенсификации процесса реагентной очистки сточных вод при использовании коагулирующей-флокулирующей щелочной композиции. Упрощается технология приготовления и дозирования реагентов (щелочной агент и флокулянт затворяются в одной ёмкости и дозируются одним насосом-дозатором), сокращаются капитальные и эксплуатационные затраты.

В дальнейшем предполагается продолжить исследования по расширению области применения композиции для различных сточных вод.

Вклад авторов в статью: С.Б. Кунденко – постановка задачи исследований, экспериментальные исследования, обработка данных, оформление статьи; Ю.А. Коваленко – теоретическая постановка задачи исследований, оформление статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 356 с.
2. Бойкова Т.Е., Богданович Н.И., Воронов К.Б. Эффективность применения коагулянтов при водоподготовке в целлюлозно-бумажной промышленности в условиях севера // Лесной журнал. Архангельск. 2019. № 1. С. 141–152. DOI: 10.17238/issn0536-1036. 2019.1.141
3. Кузин Е.Н., Кручинина Н.Е. Оценка эффективности использования комплексных коагулянтов в процессах очистки сточных вод машиностроительного производства // Успехи в химии

- и химической промышленности. 2019. № 10(62). С. 142–146. DOI:10.6060/-ivkkt.-20196210.5939
4. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев: Наукова думка, 1980. 564 с.
 5. Пат. № 2088527 Российская Федерация, С01F 7/74. Способ получения алюмосиликатного коагулянта / И.В. Силос, В. Ким, Б.С. Лисюк, Н.А. Макаров, В.И. Захаров. ООО Промышленно-финансовая компания «ИНМЕТ». № 95106759/25; заявл. 26.04.1995; опубл. 27.08.97, Бюл. № 45. 3 с.
 6. Самбурский Г.А., Устинова О.В., Леонтьева С.В. Особенности стандартизации химических реагентов для подготовки питьевой воды (на примере коагулянта полиоксихлорида алюминия) // Водоснабжение и санитарная техника. 2020. № 1. С. 15–22. DOI: 10.35776/MNP.2020.01.02
 7. Седова Е.Л., Воронцов К.Б., Буркова С.А. Влияние условий коагуляционной обработки на эффективность очистки лигнинсодержащей сточной воды по данным планового эксперимента // Лесной журнал. [Архангельск]. 2019. № 4. С. 159–167. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.159
 8. ТУ 2163-003-47091990-2012. Активированный сульфат алюминия (АСА).
 9. ТУ 2163-014-00205067-00. «СКИФ-180, 300» – новый смесевой реагент с усиленными флокулирующими и коагулирующими свойствами. Технические условия.
 10. ТУ 2163-069-00205067-2007. «Полиоксихлорид алюминия марки АКВА-АУРАТ™» различных модификаций. Технические условия.
 11. ТУ 2216-001-40910172-98. «Праестол» фирмы ООО «Дегусса Евразия» на основе акриламида.
 12. ТУ 4859-001-80923724-2008. Установки коагуляционные физико-химической очистки.
 13. Шачнева Е.Ю. Применение флокулянтов серии АК-631 для флокуляционной очистки сточных вод промышленных предприятий // Вода и экология: проблемы и решения. 2014. № 4(72). С. 62–71. DOI: 10.23968/2305–3488.2017.22.4.62–71
 14. Hanbai Park, Sung-il Lim, Hosun Lee, Dal-Sik Woo. Water blending effects on coagulation-flocculation using aluminum sulfate (alum), polyaluminum chloride (PAC), and ferric chloride (FeCl₃) using multiple water sources. *Desalination and Water Treatment*. 2016;57(16):7511–7521. DOI: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1025583>
 15. Wei N., Zhang Z., Liu D., Wu Y., Wang J., Wang Q. Coagulation behavior of polyaluminum chloride: effects of pH and coagulant dosage. *Chinese J. of Chemical Engineering*. 2015;23(6):1041–1046. DOI: 10.1016/j.cjche.2015.02.003

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2021-1-10>

Kundenok S., Kovalenko Yu.

SVETLANA KUNDENOK, Postgraduate Student, Senior Lecturer (Corresponding Author),
 14sveta65@mail.ru
 Polytechnic Institute,
Far Eastern Federal University
 YURI KOVALENKO, Candidate of Chemical Sciences, General Director,
 DalVODGEO LLC, vodgeo-dv@mail.ru
 Vladivostok, Russia

Reagent treatment of various types of wastewater with a three-component composition

Abstract: The results of experimental studies of reagent wastewater treatment with a three-component composition (coagulant, flocculant, alkaline reagent), which were carried out at DalVODGEO LLC (from 2015 to 2018, when one of the authors, S.B. Kundenok, worked as a chief project engineer in this organizations), then jointly with the Far Eastern Federal University (2017–2020). The ratio of reagents in the composition was experimentally selected, and the flocculant is dissolved in soda ash and introduced after the coagulant. Tests on effluents from food production (with a high content of organic and mineral suspended substances), with an insufficient alkaline reserve, confirm the greater efficiency of purification and a smaller volume of sediment

in the case of using the composition in comparison, with the separate injection of reagents.

Keywords: waste water, intensification of reagent treatment, coagulum, flocculant, alkalizing reagent, coagulating-flocculating alkaline composition

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES

1. Babenkov E.D. Water purification by coagulants. M., Science, 1977, 356 p.
2. Boykova T.E., Bogdanovich N.I., Voronov K.B. The effectiveness of the use of coagulants in water treatment in the pulp and paper industry in the north. *Lesnoy Zhurnal*. 2019(1):141–152. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.141
3. Kuzin E.N., Kruchinina N.E. Evaluation of the effectiveness of the use of complex coagulants in wastewater treatment processes in machine-building production. *Success in Chemistry and Chemical Industry*. 2019:62(10):142–146. DOI: 10.6060/ivkkt.20196210.5939
4. Kul'sky L.A. Theoretical foundations and technology of water conditioning. Kiev, Scientific Thought, 1980, 564 p.
5. Pat. 2088527 Russian Federation, C01F 7/74 / I.V. Silos, V. Kim, B.S. Lisyuk, N.A. Makarov, V.I. Zakharov. LLC Industrial and financial company *INMET*. N 95106759/25; declared 1995.04.26, publ. 1997.08.27, bull. 45. 3 p.
6. Samburskiy G.A., Ustinova O.V., Leontyeva S.V. Features of standardization of chemical reagents for the preparation of drinking water (for example, coagulant polyoxochloride aluminum). *Water Supply and Sanitary Engineering*. 2020(1):15–22. DOI: 10.35776/MNP.2020.01.02
7. Sedova E.L., Vorontsov K.B., Burkova S.A. Influence of coagulation treatment conditions on the efficiency of purification of lignin-containing waste water according to the data of a planned experiment. *Lesnoy Zhurnal*. 2019(4):159–167. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.159
8. TU 2163-003-47091990-2012 Activated aluminum sulfate (ACA).
9. TU 2163-014-00205067-00 *SKIF* - 180, 300 is a new mixed reagent with enhanced flocculating and coagulating properties. Technical specifications.
10. TU 2163-069-00205067-2007 *AQUA-AURAT*™ brand aluminum polyoxochloride of various modifications. Technical conditions.
11. TU 2216-001-40910172-98 *Praestol* of the company *Degussa Eurasia* LLC based on acrylamide.
12. TU 4859-001-80923724-2008 Physicochemical treatment coagulation units.
13. Shachneva E.Yu. Application of flocculants of the AK-631 series for flocculation wastewater treatment of industrial enterprises. *Water and Environmentalists: Problems and Solutions*. 2014;4(72):62–71. DOI: 10.23968/2305–3488.2017.22.4.62–71.
14. Hanbai Park, Sung-il Lim, Hosun Lee, Dal-Sik Woo. Water blending effects on coagulation-flocculation using aluminum sulfate (alum), polyaluminum chloride (PAC), and ferric chloride (FeCl₃) using multiple water sources. *Desalination and Water Treatment*. 2016;57(16):7511–7521. DOI: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1025583>
15. Wei N., Zhang Z., Liu D., Wu Y., Wang J., Wang Q. Coagulation behavior of polyaluminum chloride: effects of pH and coagulant dosage. *Chinese J. of Chemical Engineering*. 2015;23(6):1041–1046. DOI: 10.1016/j.cjche.2015.02.003