



УДК 628.345.9

ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНОВОГО КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ И ВОДОПОДГОТОВКИ

В обзоре использованы материалы ОАО «Ярегская нефтетитановая компания» (ОАО «ЯНТК»).

Программа мероприятия включила в себя широкий круг вопросов, касающихся современных тенденций развития отрасли водоподготовки и водоочистки, отдельных аспектов рынка технологий и оборудования, применения систем водоподготовки и водоочистки в различных отраслях промышленности.

Application of titanium coagulant increases efficiency and productivity of water conditioning stations and reduces total cost of production of purified water.

Идея создания нового, более эффективного реагента для получения питьевой воды возникла на основе двух известных свойств соединений титана: способности гидроксида и диоксида титана сорбировать на своей поверхности ионы различных металлов и свойстве солей титана при гидролизе образовывать объемные полимерные структуры.

Дальнейшее развитие исследований по синтезу и испытаниям титанового коагулянта показали, что при усложнении композиции возможно создание новых типов коагулянтов, способных сорбировать как ионы металлов, так и ионногенные органические соединения путем коллективной или индивидуальной адсорбции.

Применение новых коагулянтов при очистке природных вод от взвешенных веществ, несущих на своей поверхности микроорганизмы, позволило при обеззараживании отказаться от предварительного хлорирования или существенно уменьшить дозы хлора. Это, в свою очередь, позволило избежать образования канцерогенных хлорорганических соединений при получении питьевой воды и облегчить последующую работу ионнообменных фильтров.

Был проведен большой объем исследований и практических испытаний по очистке природных вод и стоков от органических соединений. Как показали результаты, благодаря присутствию в хлопьях коагулянта большого количества микропор наблюдается сорбция не только ионногенных, но неионногенных органических соединений. В результате применения титанового коагулянта можно достичь глубокой очистки природной воды от органических соединений, а стоков – от нефтепродуктов.

Для обеспечения лучшей сорбции и селективного осаждения отдельных классов соединений можно целенаправленно получать требуемый тип коагулянта путем изменения состава композиции и условий синтеза на основе соединений титана.

ОЧИСТКА ПРИРОДНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Технология получения питьевой воды

Природная вода содержит ряд примесей природного и антропогенного происхождения, присутствие которых в питьевой воде нежелательно или опасно. Все указанные примеси можно условно разделить на несколько типов: взвешенные вещества, ионы тяжелых металлов, растворенные органические вещества, микроорганизмы, фито- и зоопланктон.

Технологии получения питьевой воды состоят в применении различных методов для очистки воды от примесей и ее обеззараживания. Основной стадией очистки является введение реагентов (коагулянтов) с целью удаления взвешенных веществ, микроорганизмов и других примесей. Коагулянты при введении в воду образуют хлопья, которые сорбируют разного рода примеси и оседают. Примеси удаляются с осадком.

Эффективность работы коагулянтов обычно оценивается по скорости образования и седиментации хлопьев и степени удаления взвешенных веществ.



Уникальность титанового коагулянта в сравнении с традиционными (в основном алюминиевыми) состоит в образовании в воде полимерных структур (крупных хлопьев), имеющих на поверхности много адсорбционных центров и широкий набор микропор в объеме хлопьев. Адсорбционные центры и микропоры сорбируют разного рода примеси, а большой размер хлопьев способствует высокой скорости седиментации.

Изучение степени очистки природных вод с различной мутностью показало, что с повышением мутности воды степень очистки возрастает до 90–100%, скорость образования хлопьев составляет 20–30 сек, скорость осаждения хлопьев возрастает (мутность = 0 достигается при отстое за 30–60 мин).

Известно, что бактериальное загрязнение связано с присутствием в воде взвешенных частиц. Поэтому снижение мутности приводит к резкому уменьшению общего микробного числа, коли-индексу и полному удалению фито- и зоопланктона. Применение титанового коагулянта позволяет отказаться от предварительного хлорирования воды, которое, как известно, приводит к образованию канцерогенных хлорорганических соединений, плохо удаляемых на последующих стадиях очистки.

Очистка от тяжелых металлов происходит за счет адсорбции на активных адсорбционных центрах поверхности титанового коагулянта. Эффективность удаления тяжелых металлов зависит от их концентрации в природной воде, заряда иона и его ионного радиуса. Содержание железа снижается в 35 раз, хрома – в 10 раз, меди – в 15 раз, кремния – в 5 раз. При применении специальной марки титанового коагулянта содержание мышьяка в очищенной воде снижается в 100 раз.

В зависимости от состава исходной воды доза титанового коагулянта в 2–3 раза меньше доз традиционно применяемых алюминиевых коагулянтов.

Одной из проблем существующих технологий водоподготовки является высокая концентрация в очищенной воде **остаточного алюминия** (менее 500 мкг/дм³), присутствие которого отрицательно влияет на человека. В настоящее время предельно допустимое содержание (ПДК) остаточного алюминия определено санитарными органами в 200 мкг/дм³. Однако такой уровень трудно достижим при применении традиционных алюминиевых коагулянтов, особенно в период паводка.

При применении титанового коагулянта остаточное содержание алюминия не превышало 10–20 мкг/дм³. Остаточное содержание ионов

титана при норме 100 мкг/дм³ составляло 8–10 мкг/дм³, что меньше уровня его в природных водах и продуктах питания. По данным Всемирной организации здравоохранения, титан является безопасным элементом для здоровья человека и окружающей среды.

Одним из важных показателей качества очищенной воды является содержание в ней органических веществ (так называемый показатель перманганатной окисляемости и содержание органического углерода – ТОС). Природная вода, как известно, содержит большой набор различных органических соединений ионогенного и неионогенного типа. Традиционные коагулянты очищают воду от органических соединений не более чем на 60% и в основном ионогенного типа.

Уникальная способность титанового коагулянта состоит в глубокой очистке природной воды от органических загрязнений. Это связано с образованием активных адсорбционных центров на поверхности образующихся при коагуляции хлопьев, которые сорбируют органические соединения ионогенного типа, и микропор, способных сорбировать неионогенные органические соединения.

Очистка от органических соединений с применением титанового коагулянта возрастает до 90% по сравнению с сульфатом алюминия (60–80%) при дозах последнего в 2–3 раза выше. Эта пропорция сохраняется и при сезонных колебаниях исходного состава воды.

Мутность

Эффективность коагулянтов оценивается по разности между мутностью исходной и очищенной воды, отнесенной к мутности исходной воды, и оценивается в процентах. Эффективность титанового коагулянта на высокомутных и высокоцветных водах (р. Днестр, Днепр) составляет 75–80%, высокоцветных водах и маломутных (р. Нева, Волга) – 75–97%, в то время как сульфат алюминия (при дозировках в 2 раза выше) – 45–65%. Это объясняется образованием при гидролизе титанового коагулянта более крупных и более тяжелых хлопьев. Скорость образования хлопьев титанового коагулянта в зависимости от условий (температура воды, содержание взвешенных веществ, замутнитель) колеблется от 0,5 до 3 мин. Норматив по мутности в 1,5 мг/дм³ для различного типа вод достигается через 10–30 мин отстоя, полное осветление – через 20–60 мин.

Очистка от бактериального загрязнения

Известно, что бактериальное загрязнение связано с содержанием взвешенных веществ в



воде. При испытаниях (Москва, Волга) было установлено, что при 30-минутном отстое и конечной мутности 0,1–0,3 мг/дм³ бактериальное заражение снижалось: по коли-индусу с 25 000 до 40–80 кол/дм, а общее микробное число – с 170 до 0–1 кол/мл. Аналогичные испытания на р. Днепре показали снижение коли-индекса с 930 до 40 кол/дм и общего микробного числа с 900 до 11 кол/мл, на р. Днестре: ОМЧ с с 900 до 18 кол/мл, фитопланктон с 110 тыс. шт/дм до 0, зоопланктон – с 5 до 0 шт/дм.

Наблюдаемое нами пролонгирование эффекта обеззараживания (р. Днепр) – снижение коли-индекса в среднем в 10 раз в течение 4 час связано, по-видимому, с продолжительностью отстоя и снижением мутности до 0.

Специальные исследования по снижению бактериального загрязнения при применении титанового коагулянта будут представлены в отдельном разделе.

Загрязнения хлорорганическими соединениями

Многочисленными исследованиями показано, что при первичном хлорировании природной воды с большим содержанием различных органических соединений в очищенной воде образуются канцерогенные органические соединения.

Специально проведенные исследования на природной воде р. Невы подтвердили эти результаты (рис. 1). При хлорировании исходной

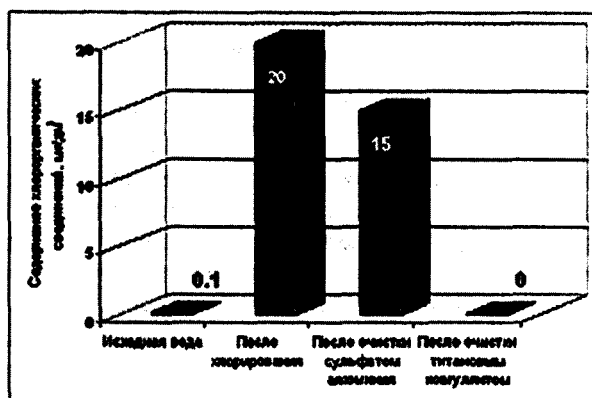


Рис. 1. Результаты исследований на природной воде воды образуется большое количество хлорорганических соединений. Последующая реагентная обработка сульфатом алюминия лишь частично удаляет эти соединения. При использовании титанового коагулянта достигнуто полное удаление хлорорганических соединений. Однако, на наш взгляд, более целесообразно на первой стадии коагуляционной очистки с применением титанового коагулянта максимально удалять органические соединения и микроорганизмы, а затем проводить контрольное хлорирование. Это позволит экономно расходовать обеззараживающие реагенты и избежать образования вредных хлорорганических соединений.

Очистка от тяжелых металлов

Титановый коагулянт является хорошим сорбентом для ионов тяжелых металлов. Изучение

Таблица 1

Эффективность применения титанового коагулянта для очистки от тяжелых металлов

Элемент, мкг/дм	Нормы: СанПин / Европейского стандарта	Водный объект					
		р. Нева	р. Нева	Скважина г. Зеленогорска	р. Волга	р. Днепр	озеро Сестрорецкий Разлив
		Коагулянт и доза, мг/дм ³					
		сульфат алюминия, 6	титановый коагулянт, 3	титановый коагулянт, 3	титановый коагулянт, 3	титановый коагулянт, 4,5	титановый коагулянт, 5
Алюминий	500/200	460	1,7	4	3	6	8
Барий	—	—	—	—	—	—	—
Титан	—/100	5,4	4,5	3,3	6,2	10	2,7
Молибден	—/70	—	—	—	—	—	—
Свинец	30/3	0,13	0,09	—	—	—	—
Серебро	—/0,5	—	—	—	—	—	—
Железо	300/100	400	100	—	—	—	—
Марганец	—/50	—	—	—	—	—	—
Медь	1000/25	14	10	—	—	3	—
Цинк	—/20	—	—	—	—	—	—



сорбции нормируемых тяжелых металлов для разных водных объектов показало, что с помощью титанового коагулянта очистка от тяжелых металлов проходит эффективно с достижением показателей СанПин 2.1.4.1074-01 и международных норм.

Остаточное содержание титана и алюминия

Одной из проблем существующей технологии очистки воды является остаточный алюминий, который, как показано опираясь на международный опыт, отрицательно влияет на здоровье человека. Применение больших доз сульфата алюминия, особенно в паводковый период, вызывает увеличение содержания остаточного алюминия (при дозах выше 7 мг/дм³) выше 500 мкг/дм³. Норматив по России, заложенный в СанПин 2.1.4.1074-01, составляет 500 мкг/дм³. Европейский стандарт предусматривает содержание остаточного алюминия не более 200 мкг/дм³. Такую же норму предполагается принять и в России.

Поскольку в некоторые марки титанового коагулянта с целью его удешевления входит и алюминий, то были поставлены специальные исследования по изучению содержания остаточного алюминия после обработки титановым коа-

гулянтом, в состав которого входили сульфат или хлорид алюминия.

Остаточное содержание титана во всех пробах очищенной воды не превышало 0,005 мг/дм³.

Очистка от органических примесей

Изучение процесса очистки воды с применением титанового коагулянта в сравнении с сульфатом алюминия проведено с определением основных классов органических веществ. Определение состава органических соединений выполнено методом масс-хроматоспектроскопии. Поскольку в состав многих органических соединений входят ионы железа и кремния, в табл. 3 также приведены данные по уменьшению содержания этих элементов в очищенных водах.

Технология очистки промышленных сточных вод

С увеличением объема промышленного производства различных видов продукции и созданием новых производств антропогенная нагрузка на природу все более возрастает. Объем неочищенных или плохо очищенных стоков увеличивается. Поэтому разработка новых, более эффективных и экономичных технологий очистки стоков и новых реагентов для этих технологий является актуальной задачей.

Таблица 2

Изучение содержания остаточного алюминия после обработки титановым коагулянтом

Доза титанового коагулянта (по активной части), мг/дм ³	Содержание алюминия в очищенной воде, мкг/дм ³ , сульфатная форма коагулянта (р. Нева)	Содержание алюминия в очищенной воде, мкг/дм ³ , хлоридная форма коагулянта (р. Днепр)
1	1,7	10
2	18	18
3	28	18
4	41	12
5	76	12
6	80	20

Таблица 3

Данные по уменьшению содержания ионов железа и кремния в очищенных водах

Содержание органических веществ, мкг/дм ³	Исходная вода	После очистки сульфатом алюминия	После очистки титановым коагулянтом
Сумма органических соединений	34,7	6,9	3,8
Жирные кислоты	11,5	3,0	1,0
Алканы	3,1	2,0	1,6
Эфиры фталиевой кислоты	0,8	0,6	0,5
Спирты	0,4	0,2	0,04
Перманганатная окисляемость, мкг O ₂ /дм ³	27,7	5,6	2,6
Железо	886	280	10,5
Кремний	300	280	60



Применение титанового коагулянта с его уникальными свойствами позволяет решить ряд задач по очистке промышленных сточных вод.

С целью уменьшения затрат на очистку промышленных стоков были использованы специальные марки титанового коагулянта, синтезированные из промежуточных продуктов производства титана и отходов других металлургических производств.

Были проведены испытания по очистке следующих типов сточных вод:

- ❖ сточные воды производства чугуна (стоки травильного отделения);
- ❖ сточные воды производства стали;
- ❖ стоки газоочисток титаномагниевого производства;
- ❖ стоки газоочисток алюминиевого производства (тонкодисперсные взвеси оксида алюминия);
- ❖ фильтраты производства пигментного диоксида титана (тонкодисперсные взвеси диоксида титана);
- ❖ стоки золоотвалов (тонкодисперсные взвеси диоксида кремния).

Указанные стоки содержали, кроме тонкодисперсных взвесей твердых веществ, тяжелые металлы: железо, хром, марганец, никель, медь, вольфрам, ванадий и другие металлы. Испытания по очистке указанных стоков проводили в сравнении с традиционными коагулянтами, на основе соединений алюминия, железа и магния, при добавлении в качестве флокулянта полиакриламида (ПАА). Результаты испытаний показали:

- ❖ эффективность удаления взвешенных веществ из стоков металлургических производств при применении титанового коагулянта составляет 80–10% против 45–75% при применении хлорного железа с ПАА;
- ❖ эффективность осаждения тонкодисперсных взвесей из стоков газоочисток и золоотвалов при применении титанового коагулянта составляет 90–100% в сравнении с 20–50% при использовании традиционных коагулянтов.

Степень очистки от соединений тяжелых металлов при применении титанового коагулянта составляет:

- ❖ от железа – 90–99%;
- ❖ от хрома – 70–80%;
- ❖ от марганца – 60–79%;
- ❖ от никеля – 99,4–99,5%;
- ❖ от меди – 72–75% (против 30–43% с сульфатом алюминия);
- ❖ от ртути – 90–100%;
- ❖ от вольфрама – 60–70%;
- ❖ от ванадия – 90–92,6%.

Оптимальные дозы титанового коагулянта составляли при очистке от тяжелых металлов от

0,9 до 3 мг/дм³ (по сумме металлов) против 6 мг/дм³ по активной части для сульфата алюминия. Доза и тип марки титанового коагулянта зависят от степени загрязнения стоков. При очистке стоков от взвешенных веществ и тяжелых металлов доза титанового коагулянта составляла 20–50 мг/дм³ против 40–10 мг/дм³ при применении хлорного железа и 30–40 мг/дм³ ПАА. Содержание тяжелых металлов в очищенных стоках не превышало норм ПДС (предельно допустимых содержаний).

Одним из основных источников загрязнения стоков тепловых электростанций являются кислые смывы оборудования, содержащие серную кислоту (4–5 г/дм³), трехвалентное железо и соли тяжелых металлов. Очистка таких стоков осуществляется методом нейтрализации и дополнительным вводом активированной кремниевой кислоты, сульфата алюминия и хлорной извести. Степень очистки от тяжелых металлов не достигает норм ПДС. При применении титанового коагулянта с предварительным окислением трехвалентного железа и нейтрализации свободной серной кислоты позволило снизить содержание тяжелых металлов до норм ПДК.

Широкое распространение за последнее время получило загрязнение различных водоемов, в том числе источников питьевого водоснабжения нефтепродуктами. Применение титанового коагулянта, особенно марок с внутренним окислителем, позволило при дозах 2–3 мг/дм³ достичь снижения содержания нефтепродуктов с 35 до 0,1–0,12 мг/дм³ при степени очистки 99,6–99,7%.

УДАЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ

Большую трудность представляет очистка сточных вод, содержащих плохо отстаиваемых тонкодисперсные взвеси оксидов различных металлов.

Проведенные испытания по очистке стоков показали:

- ❖ стоки газоочисток алюминиевого производства, содержащие взвеси тонкодисперсного оксида алюминия, могут быть очищены на 85–87% против 45% с сульфатом алюминия при меньшем расходе реагента;
- ❖ фильтраты производства пигментного диоксида титана, содержащие взвеси тонкодисперсного диоксида титана, могут быть очищены на 100% против 42% с сульфатом алюминия при дозах, в 2 раза меньших. Полученные осадки могут быть использованы в основном производстве;
- ❖ стоки золоотвалов, содержащие взвеси тонкодисперсного диоксида кремния, также



могут быть очищены на 100% против 52% с сульфатом алюминия и при расходе, в 2 раза меньшем;

❖ стоки газоочисток производства магния, содержащие взвеси тонкодисперсного оксида магния, при расходе титанового коагулянта, в 2 раза меньшем, могут быть очищены полностью.

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТИПОВ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА

Исследования по сравнительной эффективности работы коагулянтов на основе соединений титана проводились в сопоставлении с традиционно используемыми при очистке сточных вод реагентами: полиакриламидом (ПАА) и хлоридом железа (FeCl_3).

Кроме того, в связи с использованием в качестве одного из компонентов титановых коагулянтов отходов металлургического производства, содержащих окислы хрома, никеля, меди, особый интерес представляло изучение возможного вторичного загрязнения очищенных стоков примесями, входящими в состав отходов.

Для исследований отбирали пробы сточных вод металлургических производств цветных и черных металлов. Было изучено влияние дозровок титанового коагулянта на эффективность процессов осаждения тонкодисперсных взвесей с одновременной очисткой от тяжелых металлов.

Дозировки реагентов как титанового коагулянта, так и традиционных варьировались от 10 до 100 мг/л по основному веществу.

На основании полученных результатов исследований сравнительной эффективности процессов осаждения взвесей и очистки от тяжелых металлов с применением титанового коагулянта (ТК), хлорного железа (FeCl_3) и полиакриламида (ПАА) можно сделать следующие выводы:

❖ эффективность процессов осаждения взвесей во всех исследованных сточных водах титановыми коагулянтами (на оптимальных дозировках) выше, чем традиционными реагентами (ПАА и FeCl_3);

❖ для сточных вод металлургических производств цветных металлов оптимальная дозировка титанового коагулянта составляет 20 мг/л (при эффективности процессов осаждения взвесей 90–100%);

❖ для стоков металлургических производств черных металлов – 30–40 мг/л (при эффективности процессов осаждения взвесей – 70–90%);

❖ степень очистки от тяжелых металлов по разным элементам на 25–90% выше при применении титанового коагулянта, чем при использовании традиционных реагентов.

ПОДГОТОВКА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Надежная и устойчивая работа теплоэнергетических установок во многом зависит от качества питательной воды, которое определяется отсутствием в ней растворимых солей металлов и органических соединений. Присутствие последних особенно нежелательно, т.к. при парообразовании происходит перераспределение примесей между паром и малым количеством образующейся влаги.

В зоне фазового перехода в паровых турбинах создается коррозионно-агрессивная среда с высоким содержанием химически активных органических кислот, образующихся в результате термодеструкции. Интенсивная коррозия наблюдается уже при концентрации органических веществ более 1 мг/дм³.

Поэтому подготовка питательной воды состоит из нескольких этапов: предварительная коагуляционная очистка, очистка на угольных фильтрах, дегазация – удаление диоксида углерода, очистка на нескольких блоках катионно- и анионнообменных фильтрах. Значительные затраты на подготовку питательной воды окупаются увеличением срока службы дорогостоящего оборудования и стабильной работой электростанций.

Определяющим этапом в системе водоподготовки является первый этап – коагуляционная очистка природной воды, в процесс которого удаляются все основные примеси: взвешенные вещества, ионы тяжелых металлов, органические соединения и биопримеси. Традиционно применяемые реагенты (соли алюминия или железа) удаляют большую часть указанных примесей, но плохо очищают от органических соединений. Удаление органических соединений частично решается при пропускании через угольные и ионнообменные фильтры. Однако при протекании органических соединений после первого этапа очистки эти фильтры работают с большой нагрузкой и подчас не могут обеспечить глубокую очистку от органики.

Уникальные свойства нового коагулянта на 60–90% адсорбировать тяжелые металлы (Fe, Cr, Mn, Hg, Cd, V и др.) и эффективно, на 80–90%, удалять ионногенные и неионногенные органические соединения сложного состава делают его перспективным реагентом для систем подготовки питательной воды теплоэнергетических установок. Предварительное тестирование титанового коагулянта для воды р. Невы показало, что мутность воды снижается в среднем с 4,3 до 0,026 мг/дм³ (против 0,14 мг/дм³ с сульфатом алюминия), цветность – с 24,4 до 2,23 град. (против 4,8 с сульфатом алюминия),



окисляемость – с 9,28 до 2,12 мгО₂/дм³ (против 3,8 с сульфатом алюминия).

При опытно-промышленных испытаниях качество очищенной воды в сравнении с одновременно работающей технологией с применением сульфата алюминия, подщелачиванием исходной воды и введением флокулянта приведено в табл. 4.

Сравнительное содержание органического углерода по методу ТОС приведено в табл. 5.

Остаточное содержание ионов титана в исходной и очищенной воде составляло 0,003–0,005 и 0,002–0,007 мг/дм³ соответственно.

При пропуски очищенной воды только через блок ионообменного фильтра (катионно- и анионнообменники) глубина очистки от органических соединений повышается практически в 2 раза. Аналогично изучение состава органических примесей при пропуски по традиционной схеме показало не только более высокий уровень загрязнений, но и частичное вымывание органических соединений из ионообменных фильтров.

Таким образом, замена традиционных коагулянтов на новый эффективный коагулянт на основе соединений титана не только повышает качество предварительной очистки воды, но и улучшает работу, и увеличивает срок службы ионообменных фильтров.

ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНОВОГО КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ

Проведены санитарно-гигиенические исследования по обоснованию условий применения титанового коагулянта в современных технологиях очистки и химической обработки воды плавательных бассейнов.

Гигиеническая оценка, выполненная в Медицинской академии им. И.И. Мечникова (Россия, г. Санкт-Петербург), проводилась на действующем оборудовании системы очистки и химической подготовки воды плавательного бассейна.

В работе учитывались основные факторы, влияющие на качество воды: состояние исходной воды, подаваемой из систем горячего и холодного водоснабжения, нагрузка на единицу объема бассейна, кратность сменяемости воды. Качество воды бассейна контролировалось по полному перечню показателей: микробиологических, паразитологических и физико-химических. Испытания проводились при различных нагрузках и наибольшем времени полного прохождения воды через систему очистки (6 час) с использованием титанового коагулянта и без такового. Особое внимание уделялось способности титанового коагулянта к гидролизу и опасности образования продуктов трансформации при хлорировании.

Таблица 4

Сопоставление качества очищенной воды с применением титанового и алюминиевого коагулянтов

Показатели качества воды	Единицы измерения	Исходная вода	Вода, очищенная титановым коагулянтом	Вода, очищенная сульфатом алюминия
Цветность	град.	27–27,3	4,7–6,7	10–13
Окисляемость	мгО ₂ /дм	7,8–8,6	3,3–4,0	3,8–4,3
Содержание железа	мкг/дм	360–370	80–95	144–165
Остаточное содержание алюминия	мкг/дм	20–30	60–130	150–200

Таблица 5

Сравнительное содержание органического углерода по методу ТОС, мг/дм³

Точки отбора проб воды по стадиям очистки	По технологии с сульфатом алюминия	По технологии с титановым коагулянтом
Коагулированная вода	6,12	4,15
После механических фильтров	6,53	4,85
После катионитовых фильтров Н I	6,15	4,15
После анионитовых фильтров А I	3,57	1,75
После катионитовых фильтров Н II	3,63	1,76
После анионитовых фильтров А II	3,12	1,32



В результате проведенных исследований установлено:

♦ титановый коагулянт полностью гидролизуется при температуре 20°C в течение одного часа, гидролиз ускоряется под влиянием температуры, ультрафиолетового облучения и озона;

♦ титановый коагулянт не хлорируется во времени и не образует опасных продуктов трансформации;

♦ титановый коагулянт не имеет запаха как в насыщенных растворах, так и при использовании его в концентрациях от 1 до 10 рабочих доз;

♦ титановый коагулянт не вызывает окраску воды и ее опалесценцию;

♦ использование титанового коагулянта в концентрациях до 5 рабочих доз не сопровождается образованием токсичных продуктов гидролиза;

♦ титановый коагулянт не оказывает раздражающего действия на слизистые оболочки глаз и кожные покровы. Не выявлена его способность вызывать аллергические реакции.

При применении титанового коагулянта наблюдается осветление воды (снижение мутности) за счет удаления взвешенных веществ вместе с сорбированными микроорганизмами, обесцвечивание воды за счет удаления гуминовых кислот и более эффективное удаление из воды тяжелых металлов. Одновременно вода очищается от органических соединений, являющихся базой для образования при хлорировании канцерогенных галогенсодержащих соединений.

Применение титанового коагулянта на уровне одной рабочей дозы уменьшает содержание сапрофитных бактерий до допустимого уровня и снижает содержание общих колиформных бактерий и колифагов на 99,45–99,68%.

К наиболее значимым с гигиенических позиций примесям относятся соединения железа, которые в комплексе с марганцем, кремнием, органическими соединениями и микроорганизмами могут образовывать осадки, способствующие биообрастанию бассейна и трубопроводов. Обработка воды титановым коагулянтом снижает содержание железа ниже норм ПДК. Содержание остальных примесей тяжелых металлов снижается до такого уровня, что не требует дополнительного контроля. Биообрастание бассейнов при этом значительно уменьшается.

Сравнение эффективности очистки с титановым коагулянтом и без него показало, что без коагулянта за тот же период времени и нагрузки мутность возросла в 10 раз, содержание аммиака, хлоридов и хлороформа – в 2 раза, микроорганизмов – в 26 раз, колифагов – в 3–4 раза.

На основании этих исследований получено гигиеническое заключение на «Систему очист-

ки, химической обработки, подогрева и автоматического поддержания уровня воды плавательных бассейнов».

Ярко выраженные сорбционные свойства титанового коагулянта по отношению к приоритетным токсикантам (тяжелым металлам, органическим соединениям, радионуклеидам) бактериальному и вирусному загрязнению, а также низкая токсичность (IV класс опасности титанового коагулянта) позволяют рекомендовать его к использованию в системе очистки воды плавательных бассейнов.

ТИТАНОВЫЙ КОАГУЛЯНТ И ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ (РН) ВОДЫ

В известных технологиях очистки природной воды с низким щелочным резервом и низким рН применяется предварительное подщелачивание: введение соды, едкого натра или извести. При использовании алюминиевых коагулянтов и особенно при низких температурах обрабатываемой воды, для усиления хлопьеобразования одновременно вводят флокулянт. Все это усложняет технологический процесс водоподготовки и повышает удельные затраты на производство очищенной воды.

В большинстве случаев применения титанового коагулянта в этих же условиях не требуется применения дополнительных реагентов. Благодаря гибкой технологии синтеза титанового коагулянта возможно получение реагента с кислотным модулем, оптимально подходящего к той или иной очищаемой воде.

Титановый коагулянт с низким кислотным модулем быстро образует крупные хлопья в воде с низкой щелочностью (0,50–0,55 ммоль/дм³) при рН 7,1–7,5 и при температуре очищаемой воды ниже 10°C. При этом достигается высокая степень очистки от тяжелых металлов, органических соединений и микроорганизмов.

При очистке природных вод с рН 7,8–9,0 и более высоким щелочным резервом применяется титановый коагулянт с более высоким кислотным модулем, что позволяет уменьшить его удельный расход на очистку воды.

При очистке сточных вод с очень низким рН (<5) и высоким содержанием железа нами были использованы специальные марки титанового коагулянта или предварительное окисление и нейтрализация. Такой прием позволил использовать сорбционные способности гидроксида железа и вывести из процесса основную массу примесей. Введение титанового коагулянта на заключительной стадии очистки позволяет достичь высокой степени очистки от тяжелых металлов, уменьшить дозу коагулянта и одновременно снизить стоимость очистки воды.

ОТ РЕДАКЦИИ

В №3, 2010 г. не были указаны авторы материала «Применение титанового коагулянта для водоочистки и водоподготовки».

Сообщаем, что ими являются Стремиллова Н.Н., д-р техн. наук и Стремиллов С.В., M.Env.Sc. (адрес для переписки serguei.stremilov@titanfloc.com).

Редакция приносит извинения за допущенную неточность.