

## **Лабораторная работа**

### **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ**

Цель работы: Ознакомиться с существующими методами очистки сточных вод от взвешенных веществ.

Задачи: 1) Изучить методику пробного коагулирования. Провести очистку сточной воды от взвешенных веществ с использованием разных коагулянтов.

2) Определить оптимальные дозы коагулянтов.

#### **1. Теоретическая часть**

##### **1.1. Общая характеристика сточных вод**

Многообразие промышленных производств, огромное число промышленных продуктов, применяемых и получаемых в технологических процессах, обуславливают образование различных сточных вод, загрязненными всевозможными органическими и неорганическими веществами.

Сточная вода – это вода, бывшая в бытовом, производственном или сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшая через какую-либо загрязненную территорию. В зависимости от условий образования сточные воды делятся на бытовые или хозяйственно-фекальные, промышленные и поверхностный сток.

Хозяйственно-бытовые воды – это стоки душевых, бань, прачечных, столовых, туалетов, от мытья полов и др. Они содержат примеси, из которых примерно 58 % составляют органические вещества и 42 % – минеральные.

Поверхностный сток образуется в результате выпадения атмосферных осадков, таяния снега и стока с территории предприятий. Эти воды загрязняются органическими и минеральными веществами.

Промышленные сточные воды представляют собой жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке органического и неорганического сырья. В технологических процессах источниками сточных вод являются:

1) воды, образующиеся при протекании химических реакций (они загрязнены исходными веществами и продуктами реакции);

2) воды, находящиеся в виде свободной и связанной влаги в сырье и исходных продуктах и выделяющиеся в процессах переработки;

3) промывные воды после промывки сырья, продуктов и оборудования;

4) маточные водные растворы;

5) водные экстракты и абсорбенты;

6) воды охлаждения;

7) другие сточные воды: воды с вакуум-насосов, конденсаторов смешения, систем гидрозолоудаления, после мытья тары, оборудования и помещений.

Промышленные сточные воды делятся на две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые). Загрязненные преимущественно сточные воды содержат различные примеси в зависимости от вида производства и подразделяются на три группы:

1. Загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности, заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных материалов и изделий и др.)

2. Загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, микробиологической промышленности: заводы по производству пластмасс, каучука и др.).

3. Загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, текстильной, легкой, целлюлозно-бумажной, фармацевтической промышленности: заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, витаминов и др.).

Существует несколько путей уменьшения количества загрязненных сточных вод, среди которых следует отметить следующие:

1. Разработка и внедрение безводных технологических процессов.
2. Усовершенствование существующих процессов.
3. Разработка и внедрение современного оборудования.
4. Внедрение аппаратов воздушного охлаждения.
5. Повторное использование очищенных сточных вод в оборотных и замкнутых системах.

Основным направлением уменьшения сброса сточных вод и загрязнения ими водоемов является создание замкнутых систем водного хозяйства. Под замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия понимается система, в которой вода используется в производстве многократно без очистки или после соответствующей обработки, и которая исключает образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоем.

Для создания замкнутых систем водоснабжения, а также перед сбросом в водоприемник промышленные сточные воды подвергаются очистке механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами.

Физико-химические показатели промышленных сточных вод отдельных предприятий (табл. 1.1.) свидетельствует о широком диапазоне колебаний состава этих вод, что вызывает необходимость тщательного обоснования оптимального метода очистки для каждого вида этих вод.

Таблица 1.1.

Физико-химические показатели состава сточных вод некоторых  
промышленных предприятий

Показатель	Деревообрабатывающая промышленность	Комбинат строительных материалов	Металлургический комбинат	Производство сульфитной целлюлозы	Гидролизный завод	Завод микробиологической промышленности
рН	6,6–7,8	7,2	8,0	3,5	6,8–7,8	7,0–8,0
Окисляемость, мгО <sub>2</sub> /л	100–500	1,3–3,5	50	235	220–250	0,4–3,6
Содержание: взвешенных веществ, мг/л	75–1100	1500–3000	500	150	600–800	90–330
плотного остатка, мг/л	–	3400	600	3100	8600	1500–3100

## 1.2. Методы очистки сточных вод от взвешенных веществ

Взвешенные примеси, содержащиеся в сточных водах, подразделяются на твердые и жидкие, и образуют с водой дисперсную систему. В зависимости от размера частиц дисперсные системы делят на три группы:

- 1) грубодисперсные системы с частицами размером более 0,1 мкм (суспензии и эмульсии);
- 2) коллоидные системы с частицами размером до 0,1 мкм (1 нм);
- 3) истинные растворы, содержащие частицы, размеры которых соответствуют размерам отдельных молекул или ионов.

Для удаления взвешенных частиц из сточных вод используют гидромеханические процессы (периодические или непрерывные) процеживания, отстаивания (гравитационное и центробежное), фильтрования. Выбор метода зависит от размера частиц, их физико-химических свойств и концентрации, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.

Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием воды через решетки и волокнуловители. Решетки могут быть неподвижными, подвижными, а также совмещенными с дробилками (комминаторы). Решетки, изготовленные из металлических стержней с зазором между ними 5–25 мм, устанавливаются на пути движения сточных вод под углом 60–75°.

При эксплуатации решетки должны непрерывно очищаться, что осуществляется, как правило, механически, например с помощью вертикальных или поворотных граблей. Снятые с решеток загрязнения направляют на переработку. Для измельчения отходов используют дробилки.

Решетки-дробилки представляет собой агрегат, совмещающий функции решетки и дробилки. Дробилки измельчают отходы, не извлекая их из воды.

Для удаления более мелких взвешенных веществ, а также ценных продуктов, применяют сита, которые могут быть двух типов: барабанные или дисковые. Сито барабанного типа представляет собой сетчатый барабан с отверстиями 0,5–1,0 мм. При вращении барабана сточная вода фильтруется через его внешнюю или внутреннюю поверхность в зависимости от подвода воды снаружи или внутрь. Задерживаемые примеси смываются с сетки водой и отводятся в желоб. Производительность сита зависит от диаметра барабана и его длины, а также свойств примесей. Сита применяют в текстильной, целлюлозно-бумажной и кожевенной промышленности.

Отстаивание применяют для осаждения из сточных вод грубодисперсных примесей. Осаждение происходит под действием силы тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители.

Песколовки применяют для предварительного выделения минеральных и органических загрязнений с размером частиц 1,2–0,25 мм из сточных вод. В зависимости от направления движения сточной воды песколовки делят на горизонтальные с прямолинейным и круговым движением воды, вертикальные и аэрируемые песколовки.

Отстойники используют для выделения из сточных вод твердых частиц размером менее 0,25 мм. По направлению движения сточной воды в отстойнике они делятся на горизонтальные, вертикальные, радиальные и комбинированные.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные резервуары, имеющие два или более одновременно работающих отделения (рис. 1.1. а.). Вода движется от одного конца отстойника к другому. Глубина отстойника составляет 1,5–4 м, а ширина коридора 3–6 м. Равномерное распределение воды достигается при помощи поперечного лотка. Горизонтальные отстойники рекомендуется применять при расходах сточных вод свыше 15000 м<sup>3</sup>/сут. Эффективность отстаивания достигает 60 %.

Схема вертикального отстойника одной из конструкций показана на рис. 1.1. б. Отстойник представляет собой цилиндрический или квадратный в плане резервуар с коническим дном. Сточную воду подводят по центральной трубе. После поступления внутрь отстойника вода движется снизу вверх по желобу. Для лучшего ее распределения и предотвращения образования мути трубу делают с раструбом и распределительным щитом. Таким образом, осаждение происходит в восходящем потоке,

скорость которого равна 0,5–0,6 м/с. Высота зоны осаждения 4–5 м. Каждая частица движется с водой вверх со скоростью  $V$  и под действием силы тяжести вниз со скоростью  $V_{oc}$ . Поэтому различные частицы будут занимать различное положение в отстойнике. Частицы, имеющие  $V_{oc} > V$ , будут быстро оседать, а частицы, имеющие  $V_{oc} < V$ , будут уноситься вверх. Эффективность отстаивания в вертикальных отстойниках на 10–20 % ниже, чем в горизонтальных. Вертикальные отстойники используют для выделения окалина из сточных вод кузнечно-прессовых и прокатных цехов.

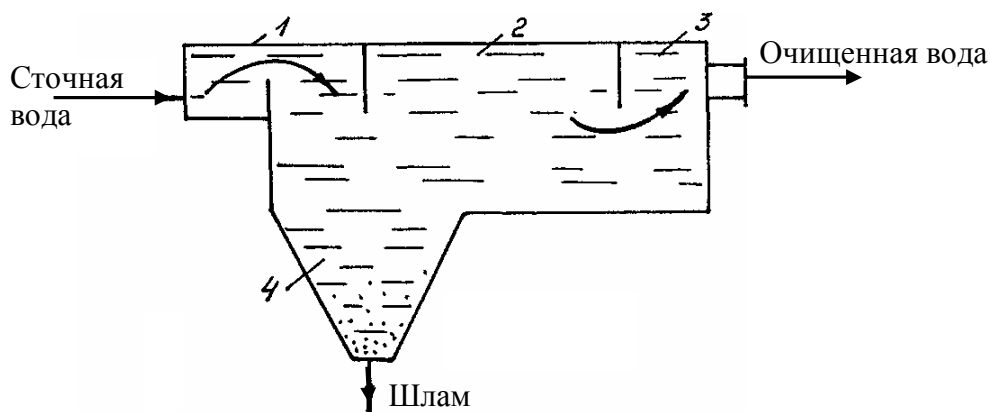
Широкое применение для очистки производственных сточных вод на больших заводах находят радиальные отстойники, обладающие высокой производительностью. Они представляют собой круглые в плане резервуары (рис. 1.1. в). Вода в них движется от центра к периферии. Такие отстойники применяют при расходах сточных вод свыше 20000 м<sup>3</sup>/сут. Глубина проточной части отстойника 1,5–5 м, а отношение диаметра к глубине от 6 до 30. Обычно используют отстойники диаметром 16–60 м. Эффективность осаждения их составляет 60 %.

Повысить эффективность отстаивания можно путем увеличения скорости осаждения частиц, увеличив размеры частиц коагуляцией и флокуляцией или уменьшив вязкость сточной воды путем нагревания. Кроме того, можно увеличить площадь отстаивания и проводить процесс осаждения в тонком слое жидкости. В последнем случае используют трубчатые и пластинчатые отстойники. При малой глубине отстаивания процесс протекает за короткое время (4–10 минут), что позволяет уменьшить размеры отстойников.

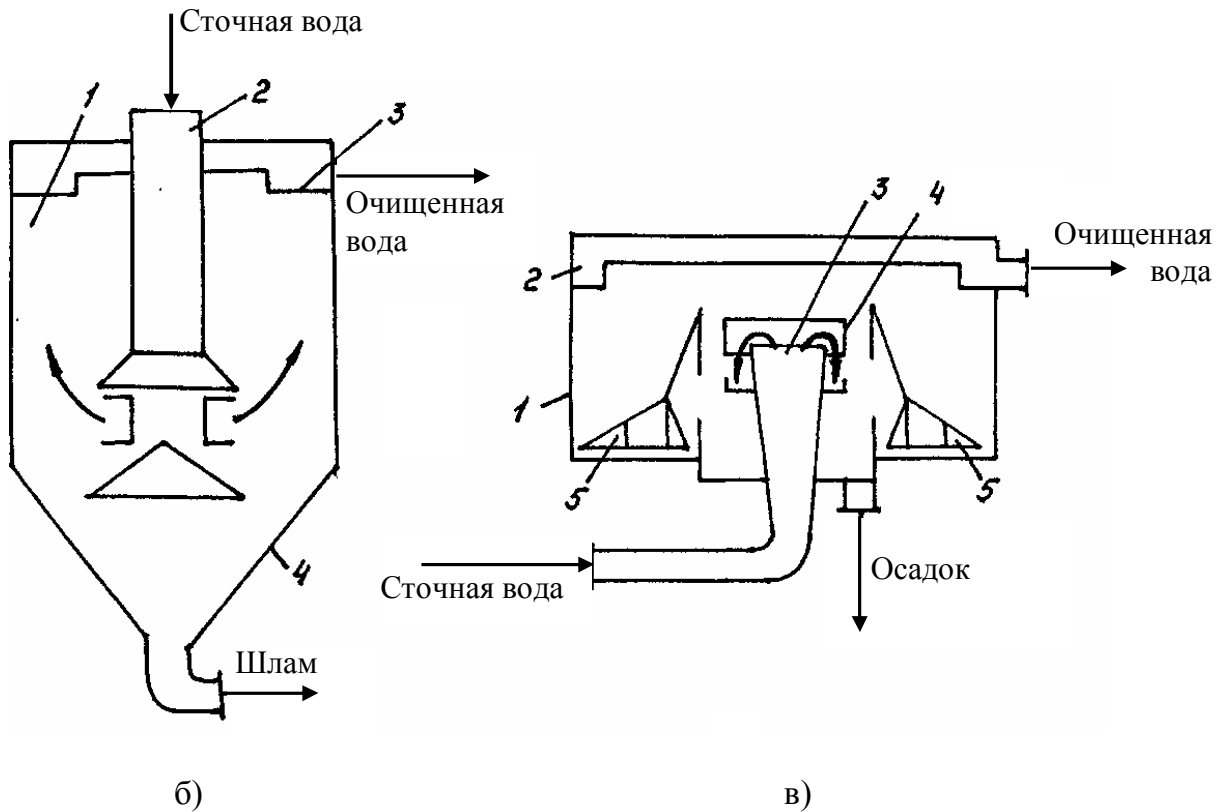
Осветлители применяют для очистки природных вод и для предварительного осветления сточных вод некоторых производств. Используют, в частности, осветлители со взвешенным слоем осадка, через который пропускают воду, предварительно обработанную коагулянтном. Принципиальная схема осветлителя показана на рис. 1.2.

Воду с коагулянтном подают в нижнюю часть осветлителя. Хлопья коагулянта и увлекаемые им частицы взвеси поднимаются восходящим потоком воды до тех пор, пока скорость выпадения их не станет равной скорости восходящего потока (сечение I–I). Выше этого сечения образуется слой взвешенного осадка, через который фильтруется осветленная вода. При этом наблюдается процесс прилипания частиц взвеси к хлопьям коагулянта. Осадок удаляется в осадкоуплотнитель, а осветленная вода поступает в желоб, из которого ее направляют на дальнейшую очистку.

Различные виды отстойников



а)



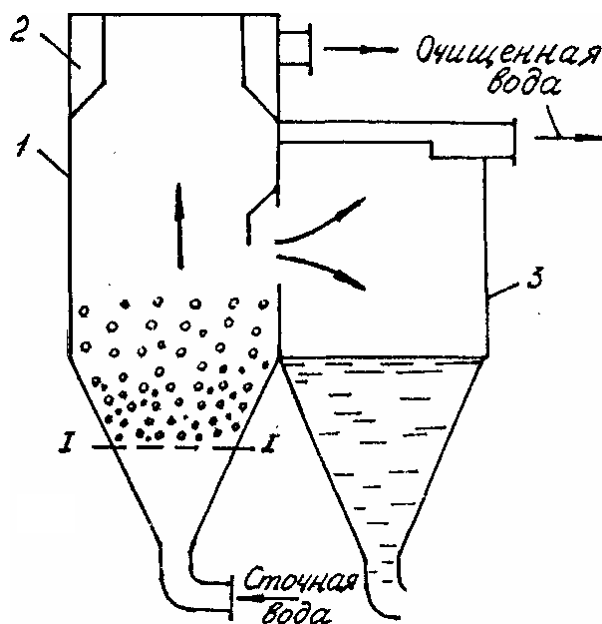
а) – горизонтальный: 1 – входной лоток, 2 – отстойная камера, 3 – выходной лоток, 4 – прямок;

б) – вертикальный: 1 – цилиндрическая часть, 2 – центральная труба, 3 – желоб, 4 – коническая часть;

в) – радиальный: 1 – корпус, 2 – желоб, 3 – распределительное устройство, 4 – успокоительная камера, 5 – скребковый механизм.

Рисунок 1.1.

### Блок осветлителя



1 – осветлитель, 2 – желоб, 3 – осадкоуплотнитель

Рисунок 1.2.

Воду с коагулянтom подают в нижнюю часть осветлителя. Хлопья коагулянта и увлекаемые им частицы взвеси поднимаются восходящим потоком воды до тех пор, пока скорость выпадения их не станет равной скорости восходящего потока (сечение I—I). Выше этого сечения образуется слой взвешенного осадка, через который фильтруется осветленная вода. При этом наблюдается процесс прилипания частиц взвеси к хлопьям коагулянта. Осадок удаляется в осадкоуплотнитель, а осветленная вода поступает в желоб, из которого ее направляют на дальнейшую очистку.

Процесс отстаивания используют и для очистки производственных сточных вод от нефти, масел, смол, жиров и др. Очистка от всплывающих примесей аналогична осаждению твердых веществ. Различие заключается в том, что плотность всплывающих частиц меньше, чем плотность воды. Для улавливания частичек нефти используют нефтеловушки. Для улавливания жиров, которые содержатся в сточных водах маслозаводов, фабрик первичной обработки шерсти, мясокомбинатов, столовых, применяют жироловушки.

Очистку сточных вод от маслопродуктов можно также осуществлять в отстойниках одновременно с осаждением твердых частиц. При этом расчет длины отстойника проводят по скорости осаждения твердых частиц и по скорости всплывания нефтепродуктов и принимают максимальное из двух значений. Процесс всплывания маслопримесей можно интенсифицировать путем подачи в сточную воду воздуха.

Очистку сточных вод от взвешенных частиц можно также производить в поле действия центробежных сил. Этот процесс осуществляется в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах. Из напорных гидроциклонов наибольшее распространение получил аппарат конической формы (рис. 1.3.).

Напорный гидроциклон

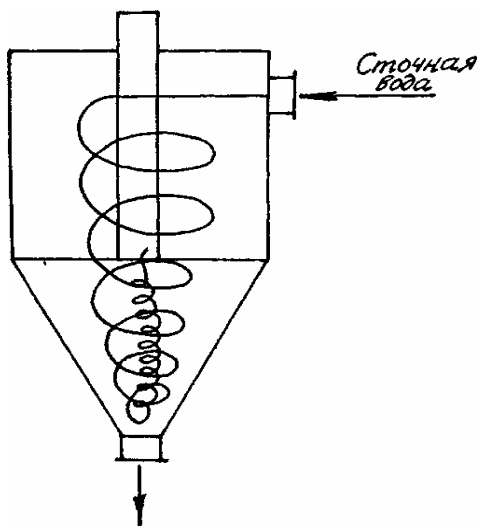


Рисунок 1.3.

Сточную воду тангенциально подают внутрь гидроциклона. При вращении жидкости под действием центробежной силы внутри гидроциклона образуется ряд потоков. Жидкость, войдя в цилиндрическую часть, приобретает тангенциальное движение и движется около стенок по винтовой спирали вниз к сливу. Часть ее с крупными частицами удаляется из гидроциклона в виде шлама. Другая часть осветленная поворачивает и движется вверх около оси гидроциклона, кроме того, возникают радиальные замкнутые потоки. В центре образуется воздушный столб, давление которого меньше атмосферного. Он оказывает влияние на эффективность гидроциклонов. Эффективность гидроциклонов находится на уровне 70 %.

Открытые безнапорные гидроциклоны применяют для очистки сточных вод от крупных примесей гидравлической крупностью 5 мм/с. От напорных гидроциклонов они отличаются большей производительностью и меньшим гидравлическим сопротивлением.

Для доочистки сточных вод в качестве финишной операции используется фильтрование. Если сточные воды содержат небольшое количество примесей, то фильтрование может быть основным процессом. По типу фильтровальной перегородки фильтры классифицируются следующим образом:

1. Фильтры с плоской фильтровальной перегородкой;
2. Фильтры с объемной фильтровальной перегородкой с объемной загрузкой;
3. Фильтры с плавающей загрузкой;

Движущей силой процесса фильтрования является разность давлений, создаваемая над и под фильтровальной перегородкой. Она может создаваться под действием гидростатического давления столба жидкости, повышенного давления над перегородкой или вакуума после перегородки. В качестве перегородки для фильтров первого типа используют металлические перфорированные листы и сетки из нержавеющей стали, алюминия, никеля, меди, латуни, а также разнообразные тканевые перегородки (асбестовые, стеклянные, хлопчатобумажные, шерстяные, из искусственного и синтетического волокна). Фильтровальные перегородки, задерживающие частицы, должны обладать минимальным гидравлическим сопротивлением, достаточной механической прочностью и гибкостью, химической стойкостью и не должны набухать и разрушаться при заданных условиях фильтрования.

Широкое распространение для доочистки сточных вод машиностроительных предприятий, предприятий стройматериалов, при водоподготовке нашли зернистые фильтры с объемной загрузкой. В зернистых фильтрах широко используют в качестве фильтрующих материалов кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, антрацит, т.п. Зернистые фильтры изготавливают однослойными или многослойными. Сточную воду подают внутрь фильтра, где она проходит через фильтрующий материал и дренаж и удаляется из фильтра. После засорения фильтрующего материала проводят промывку подачей промывных вод в обратном направлении.

### **1.3. Коагуляция и флокуляция в процессе очистки сточных вод**

В практике очистки природных и сточных вод все более широкое распространение находят вещества, обеспечивающие укрупнение частиц дисперсной базы в агрегаты, и способствующие интенсификации процессов разделения твердой и жидкой фаз путем осаждения, фильтрования, центрифугирования и т.д. Такими веществами являются неорганические и органические электролиты-коагулянты. В основе действия коагулянтов лежит способность воздействовать на устойчивость дисперсных систем через изменение баланса сил притяжения и отталкивания между частицами.

Обработка коагулянтами водных дисперсных систем нашла широкое распространение в практике очистки сточных вод химических, нефтехимических, целлюлозно-бумажных производств, предприятий силикатной промышленности, предприятий по производству синтетических смол и пластмасс, переработке продукции сельского хозяйства и многих других.

Закономерности процесса коагуляции, т.е. укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты, интерпретируются теорией гетерокоагуляции, которая описывает взаимную коагуляцию разнородных частиц. Гетерокоагуляция является наиболее общим случаем взаимодействия частиц, который имеет важнейшее значение в практике очистки сточных вод и обезвоживания осадков.

В качестве коагулянтов используются соли, образованные многозарядными ка-

тионами слабых оснований и анионами сильных кислот. В воде указанные соли подвергаются гидролизу с образованием комплексных ионов. Наибольшее распространение получили сульфаты и хлориды алюминия и железа. Образовавшиеся в процессе гидролиза коллоидные золи гидроксидов алюминия и железа коагулируют с образованием агрегатов. Последние вместе с частицами дисперсной фазы сточных вод осаждаются и, таким образом, очищают ее.

Гидролиз коагулянтов является одним из наиболее важных процессов коагуляции. Полнота его протекания влияет как на качество разделения суспензии, так и на расход коагулянта. Решающим фактором, который обеспечивает максимальную эффективность использования коагулянтов при очистке сточных вод, является создание условий для проведения гидролиза в необходимом направлении путем изменения концентрации коагулянта в дисперсной системе, значения рН и ионного состава дисперсной среды. В случае разделения дисперсных систем с отрицательным зарядом дисперсной фазы эти условия должны обеспечить получение положительно заряженных гидроксокомплексов, в случае разделения дисперсных систем с положительным зарядом дисперсной фазы – отрицательно заряженных гидроксокомплексов.

Наряду с сульфатами и хлоридами алюминия и железа в последнее время все более широкое распространение находят коагулянты с повышенной основностью – гидросульфаты и гидроксохлориды алюминия. Преимущества дигидрокосульфата  $[Al_2(SO_4)_2(OH)_2] \cdot 11H_2O$  перед сульфатом алюминия заключается в более широком диапазоне рН, высокой хлопьеобразующей способности. Гидроксокомплексы, образующиеся при гидролизе этого вещества, несут более высокий положительный заряд. Его коррозионная активность значительно ниже, чем у сульфатов алюминия. В настоящее время наибольшее распространение получил пентагидроксохлорид алюминия  $Al_2(OH)_5Cl$ . Характерным отличием этого коагулянта является широкая зона оптимальных значений рН, особенно в кислой области. Коагулянт хорошо работает при разделении дисперсных систем с небольшим содержанием дисперсной фазы, отличается низкой коррозионной активностью.

Для коагуляции дисперсных систем с низким значением рН используют алюминат натрия. При более высоких значениях рН алюминат натрия применяют совместно с сульфатом алюминия.

Высокую эффективность во многих случаях дает применение смесей коагулянтов. При этом обеспечивается значительное расширение области оптимальных значений рН и температуры, хлопья осаждаются равномернее, чем в случае применения отдельных коагулянтов. Известно применение смеси  $Al_2(SO_4)_3$  и  $FeCl_3$  в соотношении 1:1.

Для регулирования устойчивости дисперсных систем в последнее время все шире применяются различные водорастворимые полимеры, весьма малые добавки которых могут радикально изменить стабильность дисперсий. Они широко используются при очистке природных и сточных вод от дисперсных примесей, концентрировании и обезвоживании суспензий, для улучшения фильтрационных характеристик осадков и т.д. В основе всех этих процессов, называемых флокуляцией, лежит изменение степени агрегации дисперсных частиц под влиянием высокомолекулярных соединений (ВМС). В отличие от компактных коагулянтов, образующиеся в результате флокуляции крупные агрегаты (флокулы), обладают значительной рыхлостью. Флокуляция, как правило, процесс необратимый: в этом случае невозможно путем уменьшения содержания в растворе реагента (как это наблюдалось при коагуляции) осуществить пептизацию (редиспергирование) осадка.

Высокомолекулярные флокулянты обычно подразделяются на три группы: неорганические полимеры, вещества природного происхождения и синтетические органические полимеры. Наиболее широкое применение нашел последний класс флокулянтов.



Наиболее распространенными флокулянтами являются полиакриламид (ПАА), сополимеры акриламида, акрилонитрила и акрилатов, натриевые соли полиакриловой и полиметакриловой кислот, поли-диметиламиноэтилакрилаты (ПДМАЭА) и др.

Процесс очистки сточных вод коагуляцией и флокуляцией состоит из следующих стадий: приготовление рабочих растворов коагулянтов и флокулянтов, дозирование и смешение реагентов со сточной водой, хлопьеобразование, осаждение хлопьев.

Приготовление рабочих растворов осуществляется в гидравлических или механических смесителях. Концентрация рабочих растворов коагулянтов обычно составляет 3–5 %, иногда до 7 %, концентрация рабочих растворов флокулянтов – до 1 %. После смешения сточной воды с рабочими растворами коагулянтов, которое может осуществляться также в гидравлических или механических смесителях, воду направляют в камеры хлопьеобразования, куда могут добавляться флокулянты для интенсификации данного процесса. Используют перегородчатые, вихревые и с механическими мешалками камеры. Образование хлопьев в камерах происходит медленно – за 10–30 минут. Осаждение хлопьев происходит в отстойниках, осветлителях и других аппаратах, рассмотренных ранее. Иногда стадии смешения, коагулирования и осаждения проводят в одном аппарате.

В процедуре разработки метода интенсификации и повышения эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ с использованием коагулянтов и флокулянтов можно условно выделить четыре этапа:

1. Пробное коагулирование, в ходе которого выбирают наиболее эффективные коагулянты и флокулянты или их сочетание, устанавливается оптимальный расход и порядок введения реагентов.

2. Выбор режима смешения реагентов со сточной водой. При этом необходимо обеспечить быстрое и равномерное распределение реагентов в обрабатываемой воде для максимального контакта частиц загрязнения с промежуточными продуктами гидролиза коагулянтов.

3. Выбор режима хлопьеобразования. Хлопьеобразование может проходить с введением и без дополнительного введения флокулянтов. На этой стадии необходимо проводить медленное перемешивание, чтобы не разрушить образовавшиеся на предыдущих этапах первичные структуры и обеспечить образование вторичных структур (крупных агрегатов).

4. Определение параметров отделения скоагулированных загрязнений сточных вод, которые могут быть использованы при проектировании или выборе очистного оборудования. В данной работе в качестве метода очистки сточных вод от взвешенных веществ используется отстаивание – наименее энергоемкий, наиболее доступный и распространенный метод.

## 2. Порядок выполнения работы

### 2.1. Определение оптимальных доз коагулянтов (пробная коагуляция)

Приборы и материалы: фотоэлектроколориметр КФК-2МП; 2 кюветы; мерный цилиндр вместимостью 50 мл (1 шт.); пробирки вместимостью 50 мл (5 шт.); градуированные пипетки вместимостью 1 мл и 2 мл (по 1 шт.); набор пробок; 2 %-ный раствор сульфата алюминия или хлорида железа (III).

Порядок выполнения. В каждую из пяти пробирок внести по 40 мл сточной воды. В пробирки пипеткой внести 2 %-ый раствор сульфата алюминия или хлорида железа в объемах указанных в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Номер пробы (пробирки)	1	2	3	4	5
Объем раствора коагулянта, мл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Доза коагулянта*, мг/л	50	100	150	200	250

\* В практике водоочистки обычно применяется способ выражения дозы коагулянта в виде массовой концентрации, показывающей количество сухого вещества реагента приходящегося на единицу объема обрабатываемой сточной воды (мг/л, г/м<sup>3</sup>).

После добавления коагулянта воду перемешивают трехкратным опрокидыванием закрытых пробкой пробирок. Отмечают время введения коагулянта в пробу воды. Через 15 минут из каждой пробирки с помощью шприца-пробоотборника в кювету отбирают пробу надосадочной жидкости и определяют её оптическую плотность относительно дистиллированной воды. Для расчета степени очистки также необходимо провести определение оптической плотности исходной сточной воды (относительно дистиллированной воды).

Результаты проведенных опытов записывают в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2

#### Результаты опытов

Номер пробы	Наименование коагулянта	Количество коагулянта		Оптическая плотность		Эффективность очистки, %
		объем, мл	Доза коагулянта, мг/л	исходной воды	очищенной воды	

Эффективность очистки воды рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{D_0 - D}{D_0}$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность очистки воды,  $D_0$  – оптическая плотность исходной воды,  $D$  – оптическая плотность очищенной воды.

На основании проведенных опытов строят графики в координатах:

- 1) оптическая плотность – доза коагулянта,
- 2) эффективность очистки – доза коагулянта.

По графикам определяют оптимальную дозу коагулянта.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте, что такое сточные воды и как они классифицируются.
2. Какие существуют пути уменьшения количества сточных вод.
3. Какие существуют методы очистки сточных вод.
4. Назовите методы очистки сточных вод от взвешенных веществ.
5. От чего зависит выбор метода очистки сточных вод.
6. Охарактеризуйте методы очистки сточных вод от взвешенных веществ (размеры удаляемых частиц, на чем основан метод очистки, характеристика применяемого оборудования).
7. Что такое коагуляция и флокуляция. Какие коагулянты и флокулянты используются в процессах очистки сточных вод.
8. В чем состоит методика выбора реагентов и условий их применений в процессе очистки сточных вод.