

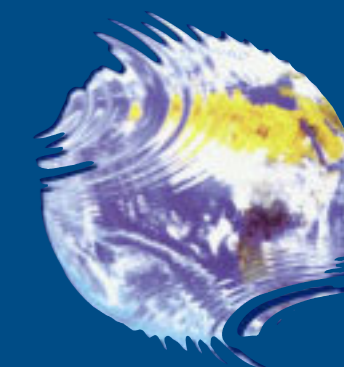
# КОАГУЛЯЦИЯ ФЛОКУЛЯЦИЯ



SNF FLOERGER  
ZAC de Milieux  
42163 Андресьё Седех, ФРАНЦИЯ  
Тел.: + 33 (0)4 77 36 86 00  
Факс: + 33 (0)4 77 36 86 96  
floerger@snf.fr

**SNF FLOERGER®**

GUTENBERGONLINE REGIONS - Тел. 04 77 42 35 00 / 01 - 2003



**SNF FLOERGER®**

Сведения, приведенные в настоящем проспекте, отвечают требованиям добросовестной рекламы.  
Насколько нам известно, они соответствуют действительности.

Для очистки сточной воды в мире применяется множество технологических процессов. Наиболее распространен **физико-химический процесс** с применением коагулянтов или флокулянтов.

# Указатель

<b>1</b>	<b>Общее описание коагуляции и флокуляции:</b>	<b>4</b>
1.1.	<b>Коагуляция:</b>	<b>4</b>
1.1.1.	Базовый принцип коагуляции:	4
1.1.2.	Коллоидные частицы:	5
1.1.3.	Механизм коагуляции:	5
1.1.4.	Коагулянты:	5
1.2.	<b>Флокуляция:</b>	<b>7</b>
1.2.1.	Базовый принцип флокуляции:	7
1.2.2.	Дестабилизированные частицы:	8
1.2.3.	Механизм флокуляции:	8
1.2.4.	Флокулянты:	8
<b>2</b>	<b>Физико-химические процессы обработки воды:</b>	<b>10</b>
2.1.	Общая схема физико-химического процесса:	10
2.2.	Оборудование для водоочистки:	11
2.2.1.	Коагуляционные и флокуляционные баки:	11
2.2.2.	Отстойные резервуары:	11
2.2.3.	Флотационные установки:	13
2.2.4.	Фильтры:	13
2.3.	Параметры, влияющие на выбор продукта:	14
2.3.1.	Характеристики стока:	14
2.3.2.	Эксплуатационный режим:	14
2.3.3.	Результаты, которые необходимо получить:	14
<b>3</b>	<b>Лабораторные испытания:</b>	<b>15</b>
3.1.	Отбор проб:	15
3.1.1.	Отбор проб воды, подлежащей очистке:	15
3.1.2.	Выбор полимеров:	15
3.2.	Лабораторное оборудование:	16
3.3.	Методики испытаний:	16
3.4.	Контролируемые параметры и интерпретация результатов:	17
<b>4</b>	<b>Производственные испытания:</b>	<b>18</b>
4.1.	Постановка испытания:	18
4.2.	Контролируемые параметры и интерпретация результатов:	18
<b>5</b>	<b>Выявление недостатков:</b>	<b>19</b>
5.1.	В лаборатории:	19
5.2.	В условиях эксплуатации:	19

## 1 Общее описание коагуляции и флокуляции:

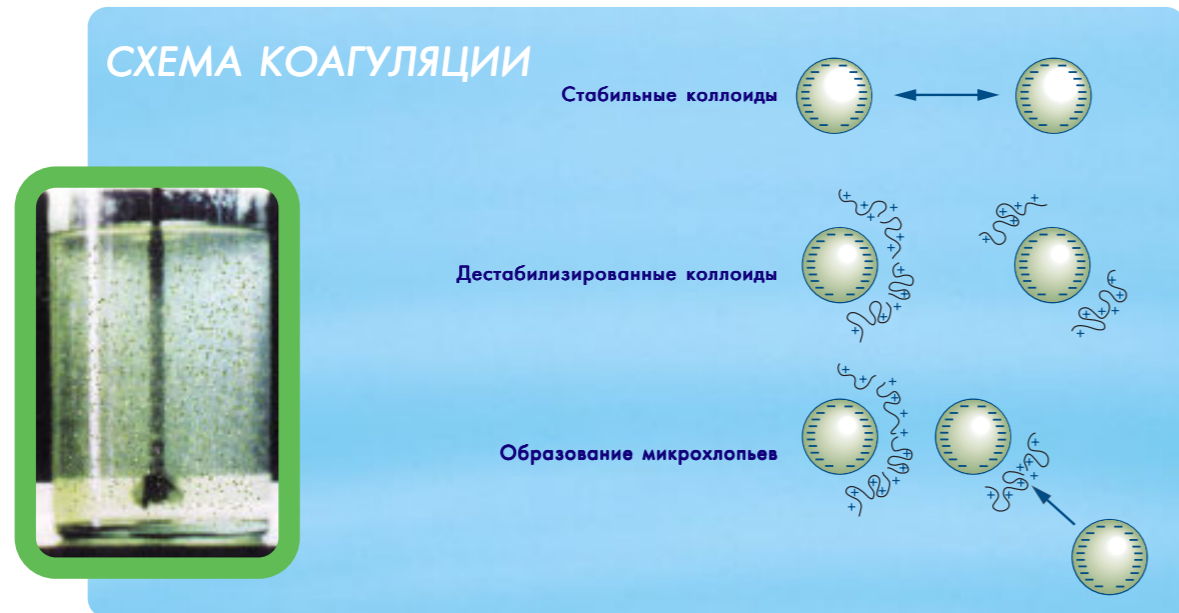
Коагуляция и флокуляция – это две совершенно разные составляющие физико-химической очистки сточной воды.

### 1.1. Коагуляция:

Коагуляция – это этап, во время которого происходит дестабилизация коллоидных частиц (похожих на шарики диаметром менее 1 мкм).

#### 1.1.1. Базовый принцип коагуляции:

Слово коагуляция происходит от латинского “coagulare”, что означает “агломерировать, слипаться, скапливаться”. При обработке воды коагуляция достигается путем добавления химических реагентов в водяную суспензию, где рассеянные коллоидные частицы собираются в большие агрегаты, называемые хлопьями или микрохлопьями.



Коагуляция – это промежуточный, но очень важный этап процесса физико-химической очистки воды и стоков. Это первый этап удаления коллоидных частиц, основная функция которого заключается в дестабилизации частиц. Дестабилизация, главным образом, состоит в нейтрализации электрического заряда, присутствующего на поверхности частицы, что способствует слипанию коллоидов.

#### 1.1.2. Коллоидные частицы:

Коллоиды – это нерастворимые частицы, которые находятся в воде во взвешенном состоянии. Малые размеры (менее 1 мкм) делают эти частицы исключительно стабильными. Частицы могут быть разного происхождения:

- **Минерального:** ил, глины, кремнезем, гидроксиды и соли металлов и т. д.
- **Органического:** гуминовые и фульвиновые кислоты, красители, поверхностно-активные вещества и т. д.

Примечание:

**Микроорганизмы**, такие, как бактерии, планктон, водоросли, вирусы, также считаются коллоидами.

#### 1.1.3. Механизм коагуляции:

Стабильность и, следовательно, нестабильность взвешенных частиц является фактором, определяемым разными силами притяжения и отталкивания:

- Силами межмолекулярного взаимодействия
- Электростатическими силами
- Притяжением земли
- Силами, участвующими в броуновском движении

Коагуляция – это как физический, так и химический процесс. Реакции между частицами и коагулянтom обеспечивают образование агрегатов и их последующее осаждение. **Катионные коагулянты нейтрализуют отрицательный заряд коллоидов** и образуют рыхлую массу, которая называется микрохлопьями.

Механизм коагуляции можно свести к двум ступеням:

- 1- **Нейтрализация заряда:** что соответствует уменьшению электрических зарядов, которые оказывают отталкивающее действие на коллоиды.
- 2- **Образование агрегатов частиц.**

#### 1.1.4. Коагулянты:

В настоящее время применяются два основных типа коагулянтов:

##### а – Минеральные коагулянты:

В их основе лежат, главным образом, **соли железа** ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  и т. д.) или **алюминия** (РАС, квасцы и т. д.).

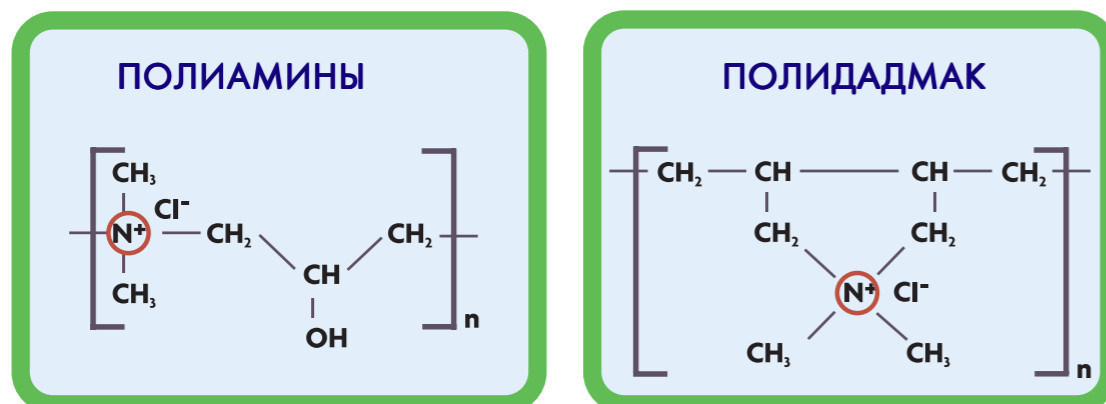
Это наиболее часто используемые коагулянты.

Заряд катиона создается ионами металлов  $\text{Fe}^{3+}$  или  $\text{Al}^{3+}$ , которые образуются из гидроокисей железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  или алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$  при контакте с водой.

Основными преимуществами таких коагулянтов являются универсальность их применения и низкая стоимость.

## б – Органические коагулянты:

Заряд катиона создается функциональной группой, которая представляет собой четвертичный аммоний, присоединенный к длинной полимерной цепи.



Сейчас на рынке представлены четыре основных семейства органических коагулянтов:

- Полиамины (FLOQUAT™ FL 17, FLOQUAT™ FL 28 P2 и т. д.)
- Полидадмак (FLOQUAT™ FL 45 C, FLOQUAT™ FL 45 CLV и т. д.)
- Дициандиамидные смолы (FLOQUAT™ DEC 50 и т. д.)
- Меламиноформальдегидные смолы (FLOQUAT™ FL 42, FLOQUAT™ FL 61)

Основными преимуществами таких коагулянтов являются небольшие дозы и небольшой объем образующегося ила (нет гидроокиси).

Кроме того, эти коагулянты не влияют на pH или титриметрический анализ жесткости.

## с – Смеси из минеральных и органических коагулянтов:

Эти смеси позволяют в одном коммерческом продукте объединить преимущества как органических, так и минеральных коагулянтов. В таких смесях в качестве минерального коагулянта чаще всего используется PAC.

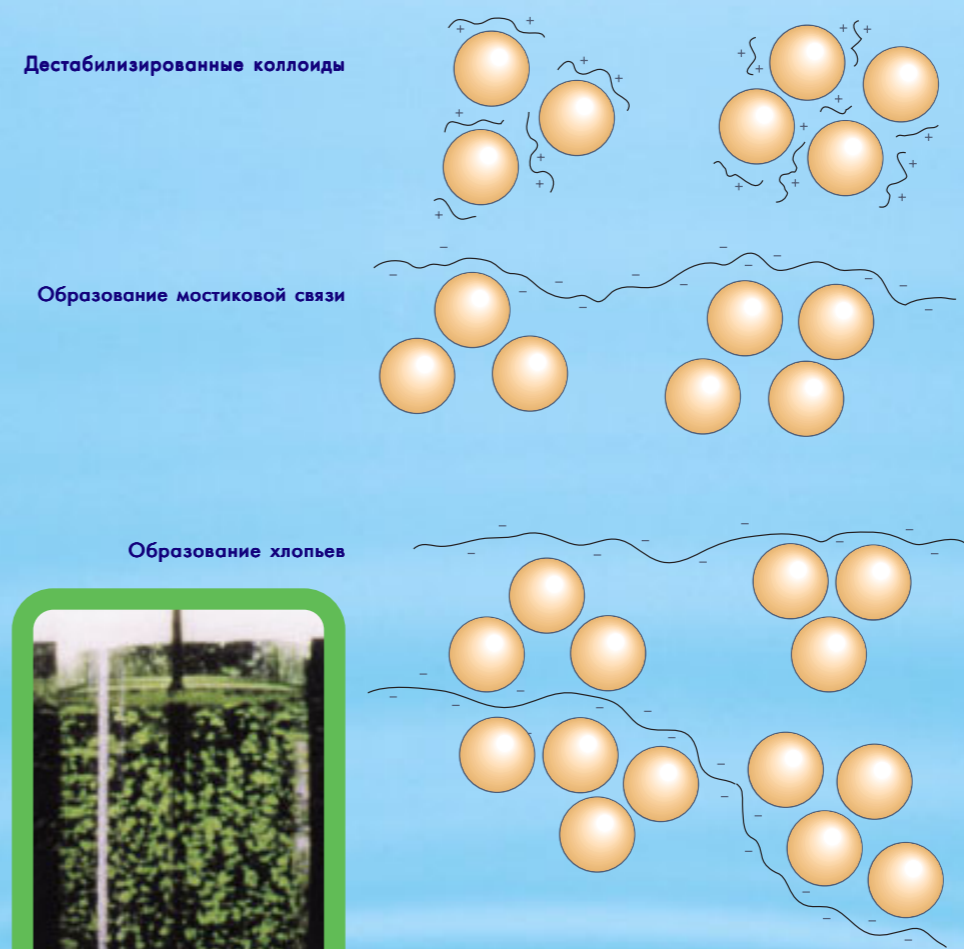
## 1.2. Флокуляция:

Флокуляция – это этап, во время которого дестабилизированные коллоидные частицы (или частицы, образованные на стадии коагуляции) собираются в агрегаты.

### 1.2.1. Базовый принцип флокуляции:

Этап флокуляции может проходить только в воде/стоках, где частицы уже дестабилизировались. Это этап, логически следующий за коагуляцией.

### СХЕМА ФЛОКУЛЯЦИИ



# КОАГУЛЯЦИЯ - ФЛОКУЛЯЦИЯ

## 1.2.2. Дестабилизированные частицы:

Дестабилизированные частицы имеют разное происхождение, которое зависит, главным образом, от происхождения очищаемой воды. Они могут поступать с начального этапа коагуляции.

**Заряд** (+ или -), приносимый флокулянт, выбирается в зависимости от природы дестабилизированных частиц, имеющих в воде. Как правило, это:

- Анионный флокулянт (-) для **минеральных** частиц
- Катионный флокулянт (+) для **органических** частиц

## 1.2.3. Механизм флокуляции:

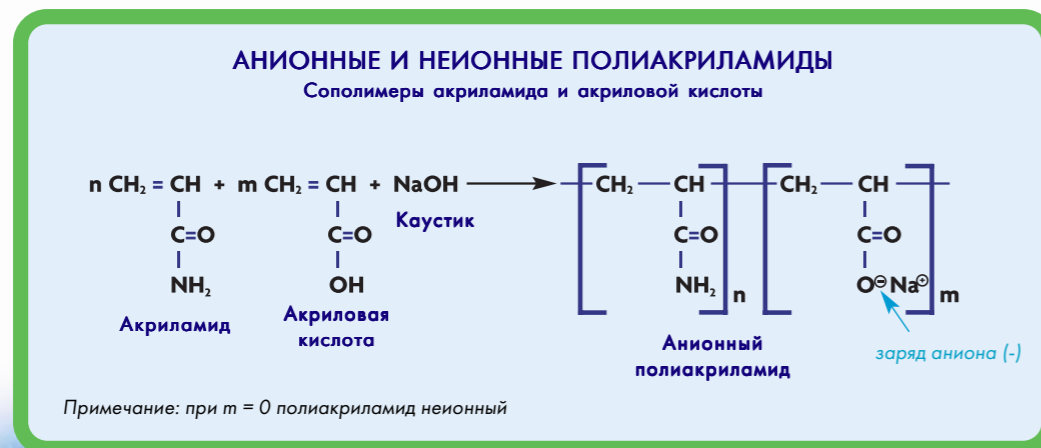
Флокулянты с их зарядом и очень высоким молекулярным весом (длинные мономерные цепи) фиксируют дестабилизированные частицы и объединяют их вдоль полимерной цепи. В результате на этапе **флокуляции** происходит **увеличение размера частиц**, находящихся в водной фазе, которое выражается в **образовании хлопьев**.

**Связи** между дестабилизированными частицами и флокулянт являются, как правило, **ионными** и **водородными**.

## 1.2.4. Флокулянты:

Около 800 различных флокулянтов серии FLOPAM™ могут быть объединены в две отдельные категории:

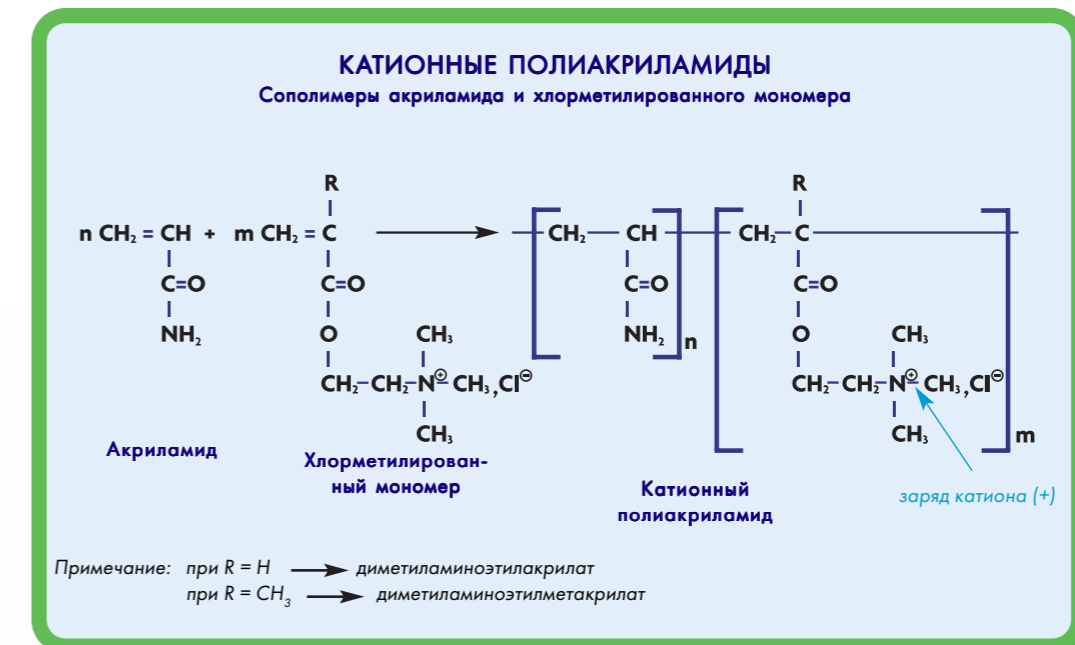
**1 - Анионные и неионные флокулянты, которые приносят в среду отрицательные (-) заряды.**



Существует несколько разных форм выпуска:

- Твердая: Серия FLOPAM™ AN 900
- Эмульсия: Серия FLOPAM™ EM 3

**2 - Катионные флокулянты, которые приносят в среду положительные (+) заряды.**



Существует несколько разных форм выпуска:

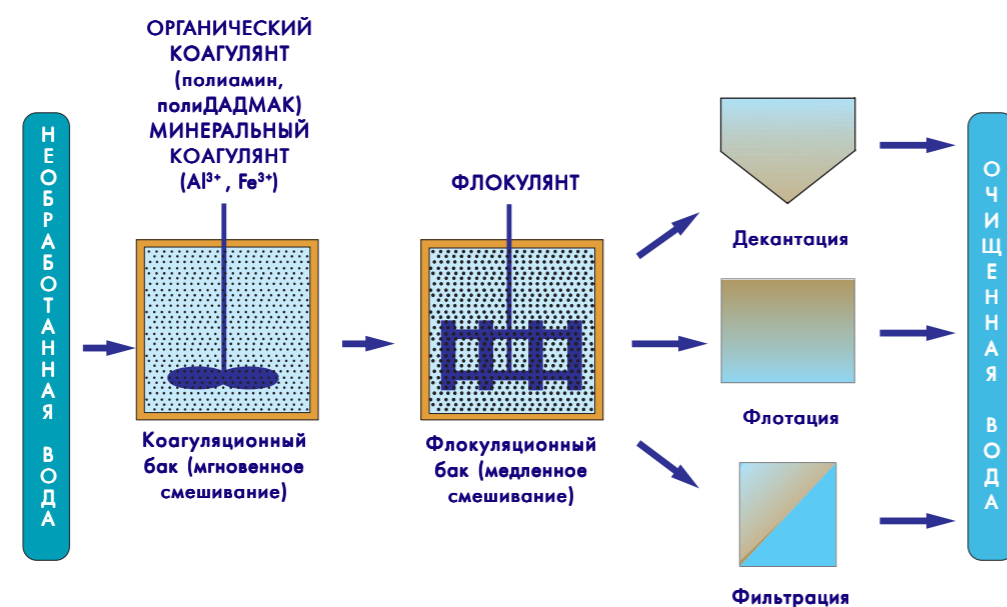
- Твердая: Серия FLOPAM™ FO 4000
- Эмульсия: Серия FLOPAM™ EM 4

## 2 Физико-химические процессы обработки воды

Эти процессы характеризуются:

- Использованием **химических** реагентов для дестабилизации и увеличения размеров частиц, образующих загрязнение.
- После чего осуществляется **физическое** выделение твердых частиц из жидкой фазы. Такое выделение обычно достигается декантацией, флотацией или фильтрацией.

### 2.1. Общая схема физико-химического процесса:



Обычно применяются следующие реагенты: минеральные и/или органические коагулянты, хлопьеобразующие добавки (активированный кремнезем, тальк, активированный уголь и т. д.), анионные или катионные флокулянты и реагенты для контроля pH, такие как кислоты или основания.

На этапе коагуляции могут также добавляться вещества для образования хелатных комплексов с тяжелыми металлами.

### 2.2. Оборудование для водоочистки:

#### 2.2.1. Коагуляционные и флокуляционные баки:

Этот этап технологического процесса, при котором коллоиды и/или дестабилизированные частицы вступают в реакции с реагентами, протекает в ваннах или баках разных форм и размеров. Иногда они устанавливаются в отстойный резервуар. При этом необходимо выполнять ряд правил:

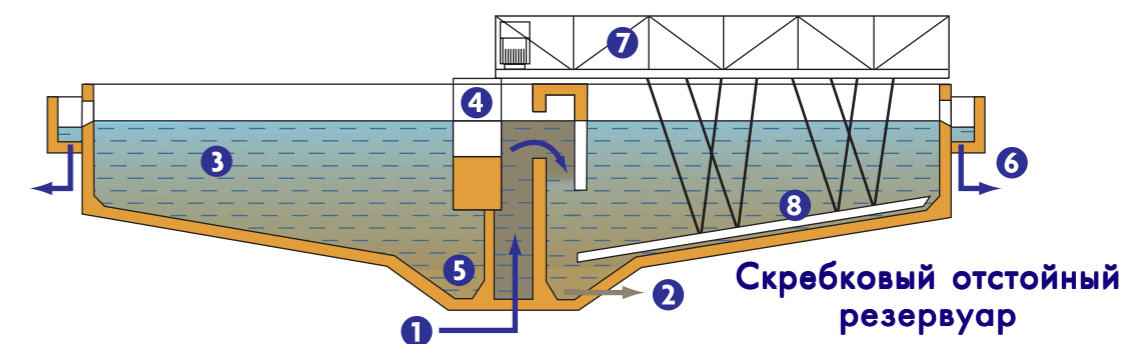
- **Объем** ванны зависит от объема воды на впуске.
- **Моменты для инъекции** каждого реагента определяются в зависимости от характеристик реагента. Например, коагулянт всегда должен вводиться до флокулянта.
- **Мешалки** (размер и скорость) должны выбираться в зависимости от используемого реагента. На этапе коагуляции перемешивание должно быть очень интенсивным (мгновенное смешивание с рекомендуемым градиентом скорости порядка  $1000 \text{ с}^{-1}$ ), а на этапе флокуляции – менее интенсивным (градиент скорости порядка  $100 \text{ с}^{-1}$ ).

#### 2.2.2. Отстойные резервуары:

Имеются разные типы отстойных резервуаров. Они предназначены для выделения твердых частиц из водной фазы путем **отстаивания**. Их действие основано на **скорости оседания частиц**.

Наиболее типичные отстойные резервуары:

- **Скребок отстойный резервуар:** Впуск находится в центре, а слив очищенной воды происходит по всей окружности периферического желоба. Скребок предотвращает скапливание ила на наклонных сторонах резервуара и выталкивает его в направлении извлечения илового осадка.

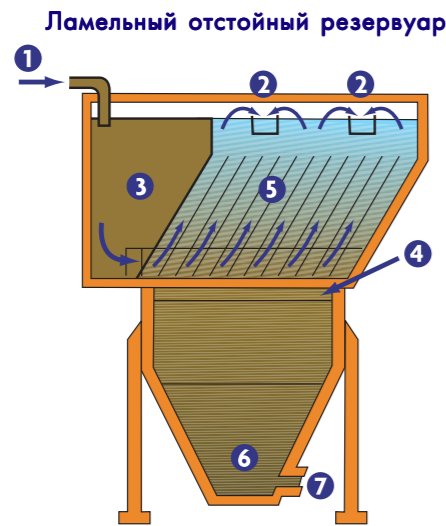
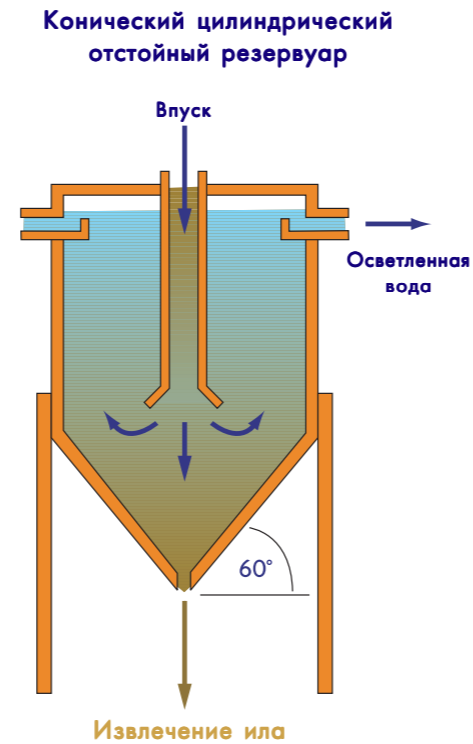


- 1 Впуск (сточная вода)
- 2 Выпуск (ил)
- 3 Зона отстаивания
- 4 Распределение стока

- 5 Илонакопитель
- 6 Желоб для осветленной воды
- 7 Вращающийся мостик
- 8 Скребок для ила

# К О А Г У Л Я Ц И Я - Ф Л О К У Л Я Ц И Я

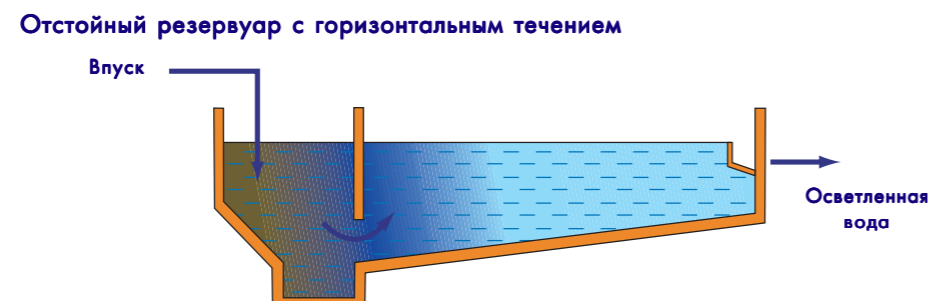
● **Конический цилиндрический отстойный резервуар** (вертикальный поток): В таких отстойных резервуарах отсутствует скребковая система, а иловый осадок направляется к месту его извлечения вдоль наклонных стенок конуса. Впуск находится в центре, а слив очищенной воды происходит по всей окружности периферического желоба.



- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1 Впуск необработанной воды                | 5 Зона отстаивания с ламелями |
| 2 Выпуск осветленной воды                  | 6 Сгущение ила                |
| 3 Флокуляция                               | 7 Извлечение ила              |
| 4 Зона распределения воды после флокуляции |                               |

● **Ламельный отстойный резервуар:** Этот резервуар представляет собой батарею из простых отстойников, к которой добавлены индивидуальные горизонтальные плоскости. Наклонные пластины позволяют перемещать ил под действием силы тяжести к дну отстойного резервуара.

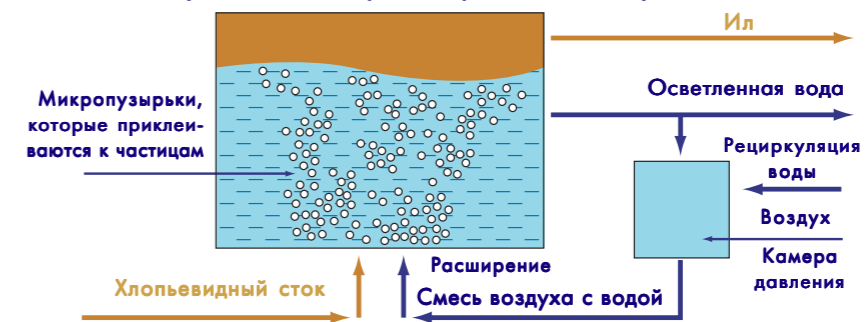
● **Отстойный резервуар с горизонтальным течением:** Он также называется продольным отстойником, для него характерно движение очищаемой воды в горизонтальном направлении.



## 2.2.3. Флотационные установки:

В отличие от происходящего в отстойниках, разделение твердой и жидкой фазы осуществляется **флотацией твердых частиц к поверхности**. Флотация может быть естественной (когда плотность частиц меньше 1) или искусственной (путем приклеивания к частицам микроскопических воздушных пузырьков). Извлечение ила осуществляется с поверхности установки.

### Флотационная установка с растворенным воздухом



При искусственной флотации воздушные пузырьки создаются либо путем нагнетания воздуха в очищаемую воду (прямая флотация), либо путем инъекции вспомогательной воды, которая заранее доводится до состояния насыщения под давлением в несколько бар (непрямая флотация).

## 2.2.4. Фильтры:

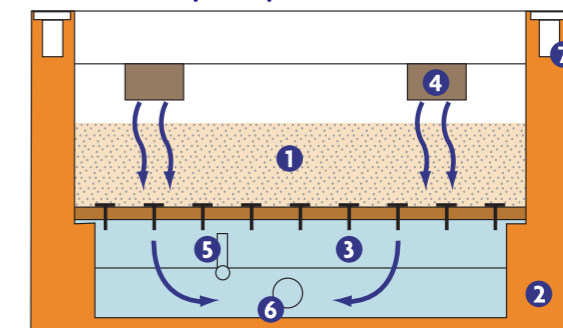
**Фильтрация** – это процесс, при котором смесь из твердых частиц и жидкости протекает через пористую среду, которая задерживает твердые частицы и пропускает жидкость.

Технология фильтрации вполне пригодна для стоков с низкой концентрацией или на конечном этапе.

Наиболее типичные фильтры:

- Песочные.
- Ленточные или рукавные.
- Барабанные бумажные.
- Всасывающие (дисковые или тарельчатые).
- Ультрафильтрационные / мембранные.

### Песочный фильтр



- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1 Песок               | 5 Задняя воздуходувка                      |
| 2 Бетонное покрытие   | 6 Впуск обратного потока воды и отвод воды |
| 3 Фильтрующая насадка | 7 Удаление ила                             |
| 4 Впуск               |  |

### 2.3. Параметры, влияющие на выбор продукта:

При предварительном отборе коагулянтов и флокулянтов как для лабораторных, так и для окончательных промышленных целей, необходимо принимать во внимание некоторые параметры.

#### 2.3.1. Характеристики стока:

- pH
- Содержание сухого вещества (г/л)
- Потребность в ионах
- Соотношение минеральных и органических веществ
- и т. п.

#### 2.3.2. Эксплуатационный режим:

- Возможность мгновенного смешивания
- Моменты инъекции
- Условия смешивания
- Продолжительность контакта
- Продолжительность отстаивания
- и т. п.

#### 2.3.3. Результаты, которые необходимо получить:

- Взвешенные частицы
- Мутность
- Цвет
- ХПК

А также необходимая скорость отстаивания:



## 3. Лабораторные испытания:

Основными испытаниями являются лабораторные. С учетом широкого ассортимента имеющихся продуктов (более 800), лабораторные испытания призваны:

- Помочь выбрать продукты (один или несколько), которые наилучшим образом подходят для производственных испытаний.
- Обеспечить оценку достигнутых показателей по: взвешенным частицам, ХПК, мутности и т. д.
- Обеспечить оценку требующихся доз.
- Оптимизировать производственный эксплуатационный режим: моменты инъекции, перемешивание и т. д.

Примечание: На основании лабораторных испытаний невозможно с достаточной точностью экстраполировать производственные характеристики.

### 3.1. Отбор проб:

#### 3.1.1. Отбор проб воды, подлежащей очистке:

Перед любым лабораторным испытанием необходимо взять репрезентативную пробу из стока. Для правильного выполнения испытаний необходимо хорошо знать соответствующий процесс:

- Качество воды (pH, взвешенные твердые частицы, дестабилизированные твердые частицы, цвет, мутность, ХПК и т. д.)
- Средний и пиковый расход
- Колебания качества
- Применяемое оборудование
- Планы инвестирования в процесс и/или оборудование

#### 3.1.2. Выбор полимеров:

Нет необходимости в том, чтобы производить испытания всех имеющихся продуктов, достаточно выполнить первичный отбор.

- Для **коагулянтов** – испытать по образцу из каждой серии: полиамины (FLOQUAT™ FL 17), полиадаммак (FLOQUAT™ FL 45 C), дициандиамидный полимер (FLOQUAT™ DEC 50), соль металла (PAC).
- Для **флокулянтов** – выбрать заряд иона путем тестирования серий продуктов с одинаковым молекулярным весом. Серия FLOPAM™ AN 900 SH для анионных порошков и FLOPAM™ FO 4000 SH для катионных порошков.

### 3.2. Лабораторное оборудование:

Для испытания физико-химических процессов чаще всего применяется прибор для испытания встряхиванием. Он позволяет выполнить строгую проверку путем встряхивания одновременно нескольких лабораторных стаканов (обычно 6) и сравнить эффективность нескольких продуктов или разных дозировок одного продукта. Необходимое мелкое оборудование: шприцы, пипетки и т. д., а также секундомер для измерения времени смешивания.



Автоматический встряхиватель



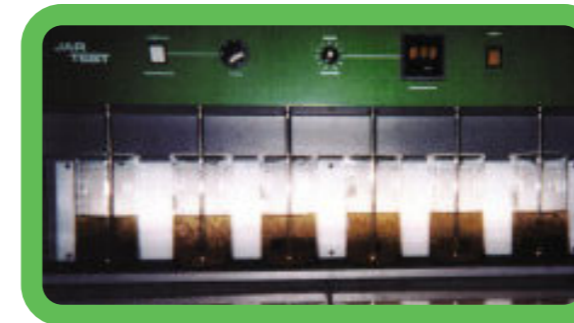
Ручной встряхиватель

Примечание: см. брошюру **“Приготовление органических полимеров”**, в которой описаны методы растворения коагулянтов и флокулянтов.

### 3.3. Методики испытаний:

Задача данного раздела состоит не в том, чтобы навязать какую-то методику испытания, а в том, чтобы **описать ключевые элементы**, которые являются основными и обычными для всех существующих методик. Методика любого лабораторного испытания должна отражать встречающиеся производственные условия и удовлетворять пожеланиям руководителя работ. Если следовать этим критериям, то каждое испытание будет специфичным.

- **Введение реагентов:** после приготовления разных растворов реагентов для сравнения их необходимо впрыскивать одновременно и в заранее определенных дозах.



- **Осаждение хлопьев:** После того как образуются хлопья, начинается этап отстаивания, который в среднем длится 20 мин. для коагулянтов и 10 мин. для флокулянтов.



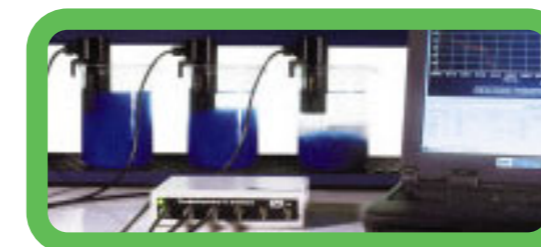
- **Подмешивание реагента к сточной воде:** обязательным этапом после инъекции является перемешивание, которое позволяет распределить реагент в сточной воде. Этап перемешивания может быть разным по времени и по скорости. Например: Для коагулянта: 250 об/мин в течение 2 мин., затем 40 об/мин в течение 15 мин. Для флокулянта: 250 об/мин в течение 10 с, затем 40 об/мин в течение 5 мин.

### 3.4. Контролируемые параметры и интерпретация результатов:

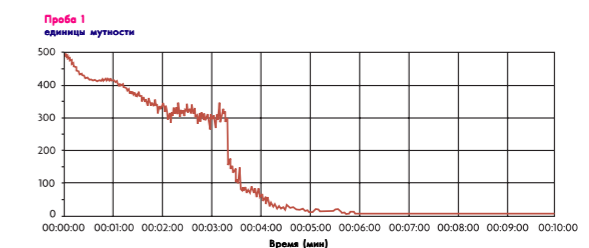
В ходе лабораторных испытаний должны контролироваться следующие основные параметры:

- **Время реакции**
- **Размер хлопьев**
- **Продолжительность отстаивания**
- **Осветление**
- **Смешивание**
- **Прочность хлопьев**

Эти параметры можно контролировать визуально или при помощи приборов, например, таких, как турбидиметр, разработанный SNF для непрерывного измерения мутности при проведении испытания встряхиванием.



Анализ результатов производится при помощи графиков, на которые наносятся все полученные данные.



- 1: Введение коагулянта и мгновенное смешивание  
2: Медленное смешивание (Увеличение размеров хлопьев)  
3: Отстаивание

## 4 Производственные испытания

Производственные испытания должны **подтвердить результаты, полученные в лаборатории.**

### 4.1. Постановка испытания:

Во время производственных испытаний качество и объем сточной воды должны быть максимально приближены к средним значениям. Реагенты должны быть тщательно приготовлены. Концентрация реагентов, моменты впрыскивания и т. п. должны выбираться на основании лабораторных результатов.

### 4.2. Контролируемые параметры и интерпретация результатов:

Выбор параметров для проверки зависит от результатов, которые требуется получить. Тем не менее, наиболее часто определяются:

- Расход реагента (л/ч, кг/ч и т. д.)
- Объем сточной воды (м<sup>3</sup>/ч)
- Концентрация стока (г/л)
- Момент инъекции
- Осветление
- Сгущение

Для анализа этих результатов целесообразно собрать все данные в большую таблицу и вычислить отношение скорости потребления реагента к обработанному объему и к весу сухого вещества.

## 5 Выявление недостатков

### 5.1. В лаборатории:

Неожиданные результаты лабораторных испытаний могут быть связаны с:

- **Плохим смешиванием реагента:** высокая плотность органических флокулянтов может затруднить их подмешивание.
- **Слишком большой дозой:** При определенных дозах заряды ионов (+) или (-), которые вводятся в сточную воду, оказываются слишком большими, и может возникнуть эффект отталкивания частиц.

### 5.2. В условиях эксплуатации:

При возникновении проблем с дозированием реагента очень важно проверить каждую из точек.

#### ДОЗИРОВАНИЕ ПРИ ВОДООЧИСТКЕ

