

# **СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

## **Лекция № 5**

**Методы и способы очистки сточных вод**

### **Физико-химическая очистка СТОЧНЫХ ВОД**

# Оборудование для физико-химической очистки

Для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных и коллоидных частиц, растворимых газов, минеральных и органических веществ используются физико-химические методы, к которым относят **коагуляцию, флотацию, адсорбцию, ионный обмен и ультрафильтрацию.**

- Выбор конкретного метода или их комбинации зависит от технологических и санитарных требований, состава сточных вод, концентрации загрязнений, а также наличия необходимых материальных, энергетических ресурсов и экономичности процесса.

- На коллоидные частицы действуют в противоположных направлениях две силы: тяжести и диффузии. Под действием силы тяжести частицы стремятся опуститься на дно, а силы диффузии распределяют их равномерно по всему объему системы. Причиной диффузии является броуновское движение молекул среды. В результате действия этих сил в сосуде с коллоидным раствором устанавливается равномерное распределение частиц по высоте.

Гетерогенные дисперсные системы могут существовать, не разрушаясь, длительное время. Различают *кинетическую и агрегативную устойчивость* таких систем.

- Первая характеризует способность дисперсных систем сохранять во времени равномерное распределение частиц по объему.

Грубодисперсные системы кинетически неустойчивы, их частицы со временем оседают под действием силы тяжести. Молекулярные системы обладают очень высокой кинетической устойчивостью. Кинетическая устойчивость коллоидных систем зависит от размеров их частиц: чем меньше размер частиц, тем более кинетически устойчив коллоидный раствор.

- Агрегативная устойчивость характеризует способность дисперсной системы сохранить постоянное распределение частиц по размерам. Она выражается в том, что частицы при столкновении друг с другом не слипаются. Золь, лишенный агрегативной устойчивости, **коагулирует**, т. е. частицы слипаются в более крупные агрегаты, которые выпадают в осадок.

- В электрическом поле коллоидные растворы подвергаются изменению, т.к. в них происходит движение частиц и жидкости при приложении разности потенциалов.
- Эти процессы получили общее название электрокинетических явлений. Явление переноса частиц называется *электрофорезом*, а движение жидкости дисперсионной среды также в электрическом поле – *электроосмосом*.

- *Коллоидная система* состоит из дисперсной фазы и дисперсионной среды. Дисперсионной средой является вода, а дисперсной фазой – твердые частицы коллоидной дисперсности – *мицеллы*.
- **Коагуляцией** называется процесс соединения коллоидных частиц в крупные агрегаты с последующей потерей кинетической устойчивости коллоидной системы.
- Нарушение агрегативной устойчивости в коллоидных растворах происходит в тех случаях, когда силы притяжения у отталкивающихся друг от друга частиц больше, чем силы электростатического отталкивания ионных слоев.

- Коагуляцию коллоидных растворов можно вызвать нагреванием, замораживанием, интенсивным перемешиванием, добавлением различных электролитов. Все эти воздействия, различные по своей природе, или уменьшают силы отталкивания, или увеличивают силы притяжения.
- При нагревании возрастает кинетическая энергия коллоидных частиц, увеличивается скорость их движения, и силы электростатического отталкивания уже не могут препятствовать агрегированию мицелл.
- Добавление электролитов к коллоидному раствору приводит к снижению электрокинетического потенциала.



Различают два вида коагуляции коллоидных растворов электролитами: концентрационную и нейтрализационную. Концентрационная коагуляция наблюдается при увеличении концентрации электролита, не вступающего в химическое взаимодействие с компонентами коллоидного раствора. Такие электролиты называются индифферентными, они не должны иметь ионов, способных достраивать кристаллическую решетку ядра и вступать в реакцию с потенциалопределяющими ионами. При увеличении концентрации индифферентного электролита диффузный слой противоионов мицеллы сжимается, переходя в адсорбционный слой. В результате уменьшается электрокинетический потенциал, и он может стать равным нулю. С уменьшением электрокинетического потенциала агрегативная устойчивость коллоидного раствора снижается и при критическом значении  $\zeta$ -потенциала начинается коагуляция. Термодинамический потенциал при этом не изменяется. При *нейтрализационной коагуляции* ионы прибавляемого электролита нейтрализуют потенциалопределяющие ионы при этом уменьшается термодинамический и электрокинетический потенциал.

- Коагуляцию широко используют при очистке воды для удаления взвешенных веществ. В качестве коагулянтов обычно используют соли алюминия, железа или их смеси. Выбор коагулянта зависит от его состава, физико-химических свойств и стоимости, концентрации примесей в воде, от pH и солевого состава воды.

На рисунке ниже представлена схема коагуляционной установки.

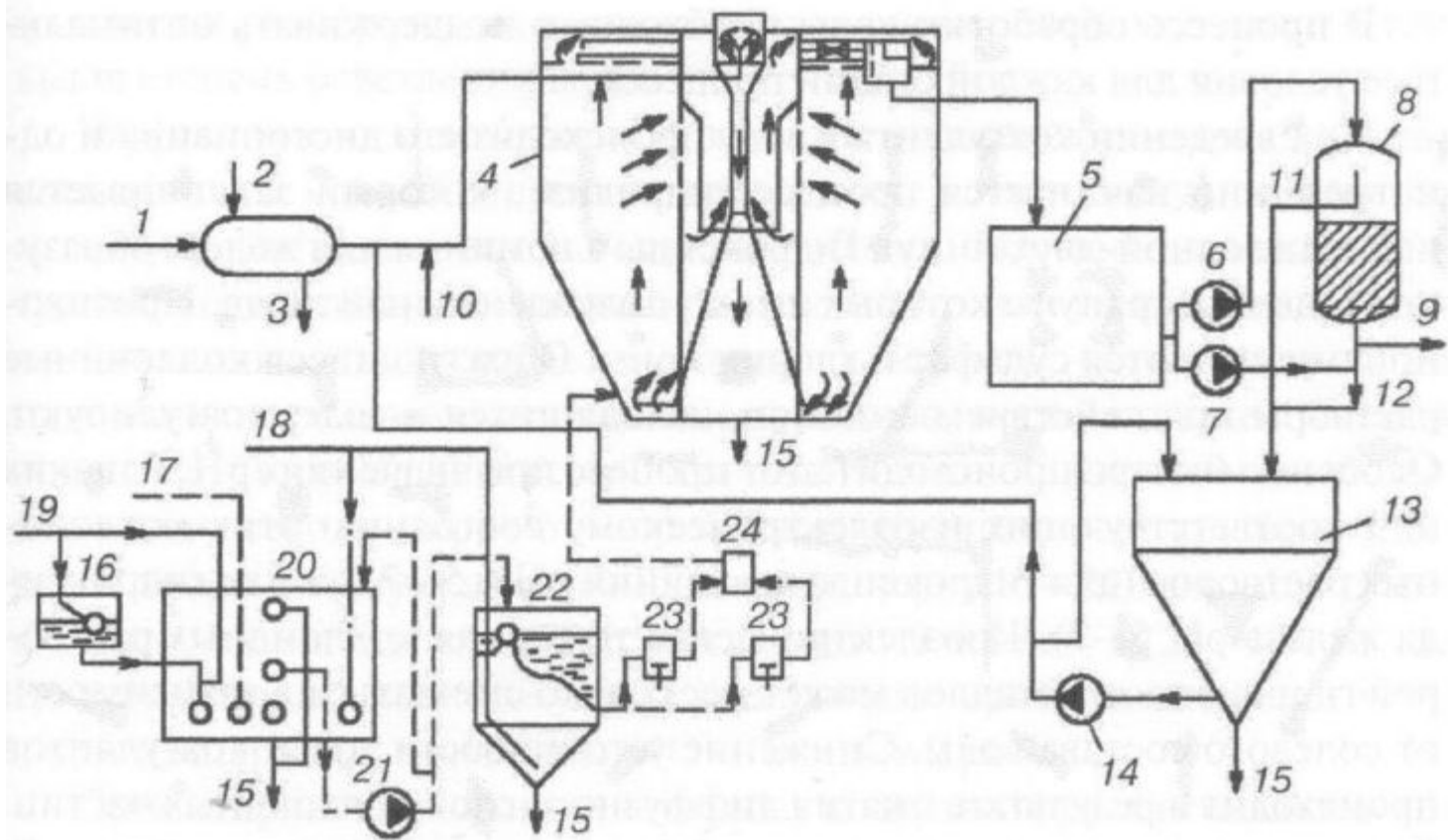
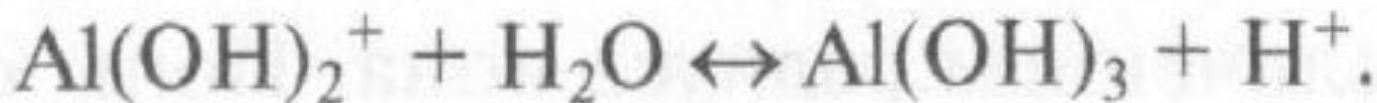
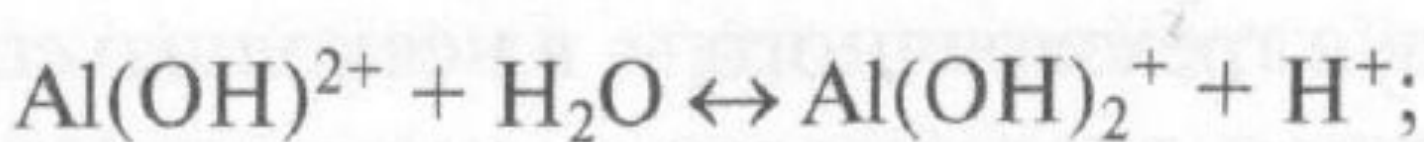


Схема коагуляционной установки:

1 — исходная вода; 2 — греющий пар; 3 — конденсат; 4 — осветлитель; 5 — бак коагулированной воды; 6 — насос коагулированной воды; 7 — насос взрыхляющей промывки осветлительных фильтров; 8 — осветлительный фильтр; 9 — осветленная вода; 10 — ввод реагента (щелочь) для создания требуемого значения рН; 11 — сброс взрыхляющей воды; 12 — сброс первого фильтрата; 13 — бак сбора вод взрыхления; 14 — насос перекачки вод взрыхления в осветлитель; 15 — продувка (дренаж); 16 — бачок постоянного уровня; 17—19 — техническая вода; 20 — ячейка мокрого хранения коагулянта; 21 — насос раствора коагулянта; 22 — расходный бак (мерник) коагулянта; 23 — насос-дозатор коагулянта; 24 — воздушный колпак

- Для очистки воды применяют следующие коагулянты: сульфат алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , сульфат железа (II)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (железный купорос), хлорид железа (III)  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , гидрооксохлорид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_5\text{Cl}$ , метаалюминит натрия  $\text{NaAlO}_2$
- Коагулянты представляют собой соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами, поэтому в воде они подвергаются ступенчатому гидролизу. Например:



- Обязательным условием эффективности действия коагулянтов является полнота их гидролиза с образованием малорастворимых гидроксидов. Из приведенных уравнений гидролиза следует, что для увеличения степени гидролиза необходимо связывать образующиеся ионы  $H^+$ . Для этого производят подщелачивание воды добавлением извести, соды или щелочи. Вода после обработки коагулянтами освобождается от взвесей, части гумусовых веществ, обуславливающих цветность, и значительной части бактериальных загрязнений.

Коагулирование коллоидных примесей в воде представляет собой сложный физико-химический процесс, состоящий из трех стадий:

- 1) образование коллоидного раствора гидроксида металла в результате полного гидролиза коагулянта;
- 2) коагуляция образовавшегося золя коагулянта и его взаимодействие с коллоидными и грубодисперсными примесями воды;
- 3) процесс хлопьеобразования, завершающийся седиментацией.

В процессе обработки воды необходимо поддерживать оптимальные условия для каждой стадии процесса. 14

- При введении коагулянта в воду происходит его диссоциация и одновременно начинается процесс гидролиза, который заканчивается в течение одной-двух минут. Гидроксиды алюминия или железа образуют мицеллы, гранулы которых имеют положительный заряд. Противоионами являются сульфат и хлорид ионы. Образующиеся коллоидные растворы под действием анионов, находящихся в воде, коагулируют. Особенно быстро происходит этот процесс при значениях pH, близких или соответствующих изоэлектрическому состоянию этих коллоидных растворов (для гидроксида алюминия pH 6,5—7,5, а для гидроксида железа pH 5—7). Изоэлектрическая точка для коллоидных растворов гидроксидов металлов может несколько смещаться в зависимости от солевого состава воды. Снижение устойчивости золь коагулянтов происходит в результате сжатия диффузного слоя коллоидных частиц.

- При этом часть противоионов из диффузного слоя переходит в адсорбционный, в результате чего уменьшается электрокинетический потенциал. Коллоидные частицы коагулянта, полностью или частично потерявшие заряд, начинают соединяться друг с другом вследствие того, что межмолекулярные силы притяжения в этих условиях превышают электростатические силы отталкивания, обусловленные наличием одноименного заряда. Скоагулированные частицы гидроксида алюминия или железа имеют чрезвычайно развитую поверхность и поэтому являются хорошими адсорбентами для коллоидных примесей, содержащихся в воде.



- Вторая стадия процесса коагуляции состоит в адсорбции находящихся в воде отрицательно заряженных коллоидных примесей положительно заряженными частицами коагулянта. Если концентрации положительно заряженных частиц коагулянта и коллоидных примесей воды примерно одинаковы, то происходит их взаимная коагуляция.
- Заряд коллоидных частиц может понижаться и в результате проникновения катионов коагулянта при сжатии диффузного слоя в адсорбционный.
- Основным фактором, обуславливающим скорость процесса коагулирования воды, является стадия хлопьеобразования. Рост хлопьев происходит в результате сорбции скоагулировавшими частицами гидроксидов алюминия и железа коллоидных примесей воды и укрупнения образовавшихся хлопьев за счет соединения их друг с другом. Укрупнившиеся хлопья оседают под действием силы тяжести, увлекая за собой взвешенные частицы. Чем быстрее растут хлопья, чем больше их масса и размер, тем интенсивнее идет процесс седиментации и тем выше степень осветления воды.

- Эффективность коагуляции зависит от количества коагулянта, введенного в воду.
- Количество введенного в воду коагулянта (мг/л, мг-экв/л, г/м<sup>3</sup>) называется **дозой коагулянта**.
- Минимальная концентрация коагулянта, отвечающая наилучшему осветлению или обесцвечиванию воды, называется *оптимальной дозой*. Она определяется опытным путем и зависит от солевого состава, жесткости, щелочности воды и др. Оптимальной дозой коагулянта считается то его минимальное количество, которое при пробной коагуляции дает крупные хлопья и максимальную прозрачность воды через 15—20 мин. Для сульфата алюминия она колеблется от 0,2 до 1,0 мг-экв/л (20—100 мг/л). Во время паводка дозу коагулянта увеличивают приблизительно на 50 %, а при температуре воды ниже 4 °С — почти в 2 раза.

- Для повышения эффективности процесса при недостаточной щелочности воды проводят *коагулирование с подщелачиванием*. Для подщелачивания обычно используют известь, количество которой определяют по формуле:

$$D_{\text{щ}} = (D_{\text{к}}/57 - \text{Щ} + 1) \cdot 28,$$

где  $D_{\text{щ}}$  — доза щелочи в расчете на безводное чистое соединение (100 %-ный продукт), мг-экв/л;  $D_{\text{к}}$  — доза коагулянта в пересчете на безводную соль, мг-экв/л; Щ — щелочность воды, мг-экв/л; 28 — эквивалент окиси кальция CaO; 57 — эквивалент сульфата алюминия; 1 — избыток щелочного реагента, обеспечивающего щелочную емкость воды, мг-экв/л.

- При использовании смесей  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{FeCl}_3$  в соотношениях от 1 : 1 до 1 : 2 достигается лучший результат коагулирования, чем при отдельном использовании этих реагентов.
- Кроме этих коагулянтов для обработки сточных вод могут применяться различные глины, алюминий содержащие отходы производства и др.

Для ускорения осаждения взвешенных частиц в сточную воду добавляют также высокомолекулярные соединения. Такой процесс называется **флокуляцией**.

- В отличие от коагуляции при флокуляции агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия молекул адсорбированного на частицах высокомолекулярного вещества (**флокулянта**). Флокуляцию производят для интенсификации процесса образования хлопьев гидроксидов алюминия и железа и увеличения скорости их осаждения. Использование флокулянтов позволяет снизить дозы коагулянтов, уменьшить продолжительность процесса коагуляции и повысить скорость осаждения образующихся хлопьев.

- Наиболее широко для очистки сточных вод в качестве флокулянта используется *полиакриламид*.
- Небольшие добавки этого флокулянта (до 1 мг/л) ускоряют процесс коагулирования сульфатом алюминия в 10—20 раз и уменьшают расход коагулянта в два-три раза.

Процесс очистки сточных вод коагуляцией и флокуляцией состоит из следующих стадий:

- 1) дозирование и смешение реагентов со сточной водой,
- 2) хлопьеобразование,
- 3) осаждение хлопьев.

- Коагуляторы нашли применение при очистке сточных вод в химической, металлургической промышленности и других производствах.
- Он состоит из вращающегося корпуса, выполненного в виде барабана, основания, бандаж, привода, опор, устройств для подачи очищаемого раствора и вывода очищенной воды в виде патрубков, кассет, установленных с возможностью перемещения во фронтальной плоскости, проходящей по оси коагулятора по направляющей, ограничительные упоры, переходящие из ребер жесткости, приваренные с помощью тепловой сварки, разъемного основания и патрубка для слива воды.

В качестве реагента в коагуляторах подобного типа (гальванокоагуляторах) применяют смесь материалов с различными значениями электрохимических потенциалов, например смесь железа (стальная стружка, высечка и др.) и кокса, железа и меди, алюминия и кокса и т. п.

При контакте частиц материалов между собой, очищаемым раствором и кислородом воздуха происходит образование короткозамкнутого гальванического элемента (гальванопары), в котором реагент с наиболее отрицательным значением электрохимического потенциала подвергается анодному растворению, за счет протекающих процессов происходит изменение кислотности раствора и образование оксигидратов, являющихся сорбентами примесей.

Примеси различного происхождения (органические соединения и неорганические катионы и анионы) селективно извлекаются из растворов на различных сорбентах, образующихся путем подбора состава гальванопары и соотношения реагентов.

- Коагулятор является промышленно применимым аппаратом, прост в конструкции и изготовлении.
- Для очистки сточных, продувочных и оборотных вод от ионов металлов органических веществ и других примесей предназначены коагуляторы барабанные КБ-1, КБ-2, КБ-8.
- В аппарате в качестве коагулянта применяют стальную крошку. Гальванокоагуляционный способ очистки основан на эффекте работы короткозамкнутого гальванического элемента (железный и медный скрап или железный скрап и кокс), помещенного в раствор.



## Технические характеристики барабанных коагуляторов

Тип	КБ-1	КБ-2	КБ-8	
Рабочий объем, м <sup>3</sup>	0,45	6,5	1,6	
Производительность при очистке от примесей, м <sup>3</sup> /ч	4	40	12,5	
Производительность при восстановлении хроматов, м <sup>3</sup> /ч	25	100	40	
Степень восстановления хроматов, %		99		
Габаритные размеры, мм	длина	3170	9220	6830
	ширина	1540	3770	1821
	высота	1642	3486	1922
Масса, кг	1452	20 560	4295	

- Достоинством метода является то, что гальванокоагуляторы можно использовать при любом рН от 0 до 14. При подаче кислых сточных вод рН на выходе аппарата возрастает и стремится к нейтральному значению, а в случае щелочных растворов рН на выходе снижается и также стремится к нейтральному значению. Никаких специальных реагентов при этом не требуется.
- Гальванокоагуляторы можно применять при различных концентрациях вредных примесей в очищаемой воде, поскольку процесс обладает способностью саморегулироваться. При увеличении количества примесей автоматически возрастает скорость необходимой реакции. Во всех случаях обеспечивается полное восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного состояния без предварительной корректировки рН среды. Отсутствует выделение вредных газов, что обеспечивает хорошие санитарно-гигиенические условия на станции водоочистки. Нет необходимости вводить какие-либо химические реагенты, что исключает случайное неконтролируемое загрязнение очищенной воды.

Наиболее эффективным методом для удаления из сточных вод нерастворимых диспергированных примесей, а также нефтепродуктов, которые самопроизвольно плохо отстаиваются, является **флотация**.

Достоинством флотации является:

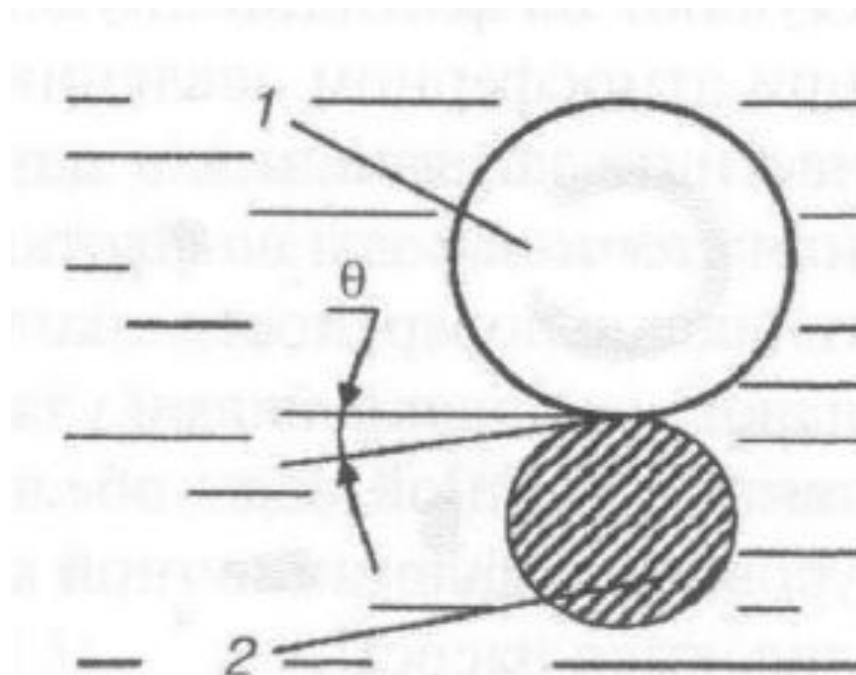
- непрерывность процесса,
- широкий диапазон применения,
- небольшие капитальные и эксплуатационные затраты,
- простота аппаратуры,
- селективность выделения примесей по сравнению с отстаиванием,

- большая скорость процесса,
- высокая степень очистки (95—98 %),
- возможность рекуперации удаляемых веществ.

Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации ПАВ, легкоокисляемых веществ, бактерий и микроорганизмов. Все это способствует успешному проведению последующих стадий очистки сточных вод.

Процесс, на котором основана флотация, состоит в том, что при сближении поднимающегося в воде пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей разделяющая их прослойка воды при некоторой критической толщине прорывается и происходит слипание пузырька с частицей. Затем комплекс пузырек — частица поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются, и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде. Вероятность прилипания пузырька воздуха с гидрофобной частицы зависит от ее смачиваемости водой, которая характеризуется величиной *краевого угла*  $\theta$  .

- Чем больше краевой угол смачивания, тем больше вероятность прилипания и прочность удержания пузырька на поверхности частицы. Прилипание происходит при столкновении пузырька с частицей или при возникновении пузырька из раствора на поверхности частицы. Эффект разделения флотацией зависит от размера и количества пузырьков.



Элементарный акт флотации:  
1 — пузырек газа; 2 — твердая частица

- Оптимальный размер пузырьков находится в пределах от 15 до 30 мкм. При этом необходима высокая степень насыщения воды пузырьками или большое газосодержание. Вес частиц не должен превышать сил адгезии (прилипания). Размер частиц, которые хорошо флотируются, зависит от плотности материала и приблизительно равен 0,2—1,5 мм. На смачиваемость поверхности взвешенных частиц влияют адсорбционные явления и присутствие в воде примесей ПАВ, электролитов и др.

Способы флотационной обработки сточных вод:

- ❖ с выделением воздуха из растворов,
- ❖ с механическим диспергированием воздуха,
- ❖ с подачей воздуха через пористые материалы,
- ❖ электрофлотация,
- ❖ химическая флотация.

Флотация с выделением воздуха из раствора применяется для очистки сточных вод, которые содержат очень мелкие частицы загрязнений. Сущность способа заключается в создании пересыщенного раствора воздуха в сточной жидкости. При уменьшении давления из раствора выделяются пузырьки воздуха, которые флотируют загрязнения. В зависимости от способа создания пересыщенного раствора воздуха в воде различают *вакуумную и напорную флотацию*.



- При очистке производственных сточных вод, содержащих очень мелкие частицы загрязнений, применяется вакуумная флотация, поскольку этот метод позволяет получать самые мелкие пузырьки воздуха. Сущность метода заключается в создании перенасыщенного раствора воздуха в сточной жидкости. Выделяющийся из такого раствора воздух образует микропузырьки, которые и флотируют содержащиеся в сточной воде загрязнения. Количество воздуха, которое должно выделиться из перенасыщенного раствора и обеспечить необходимую эффективность флотации, обычно составляет 1—5 % от объема обрабатываемой сточной воды. В зависимости от способа создания пузырьков различают вакуумную, напорную и эрлифтную флотацию.

- Преимуществом **вакуумной флотации** является то, что образование пузырьков газа, их слипание с частицами загрязнений и всплывание образовавшихся агрегатов «пузырек—частица» происходят в спокойной среде и вероятность их разрушения сводится к минимуму. Минимальны также энергозатраты на насыщение жидкости воздухом, образование и измельчение воздушных пузырьков.
- К недостаткам метода относятся необходимость сооружения герметичных резервуаров, сложность эксплуатации вакуумных флотационных установок и ограниченный концентрационный диапазон применения вакуумных флотационных установок.

- **Напорная флотация** позволяет очищать сточные воды с концентрацией взвеси до 4—5 г/л. Для увеличения степени очистки в воду добавляют коагулянты.
- Процесс напорной флотации осуществляется в две стадии. Сначала происходит насыщение воды воздухом под давлением, а затем выделение растворенного газа. Напорные флотационные установки имеют производительность от 5 до 2000 м<sup>3</sup>/ч. Они работают при давлении в напорной емкости 0,17—0,35 МПа и времени пребывания воды во флотационной камере 10—20 мин. Объем засасываемого воздуха составляет 1,5—5 % от объема очищаемой воды.

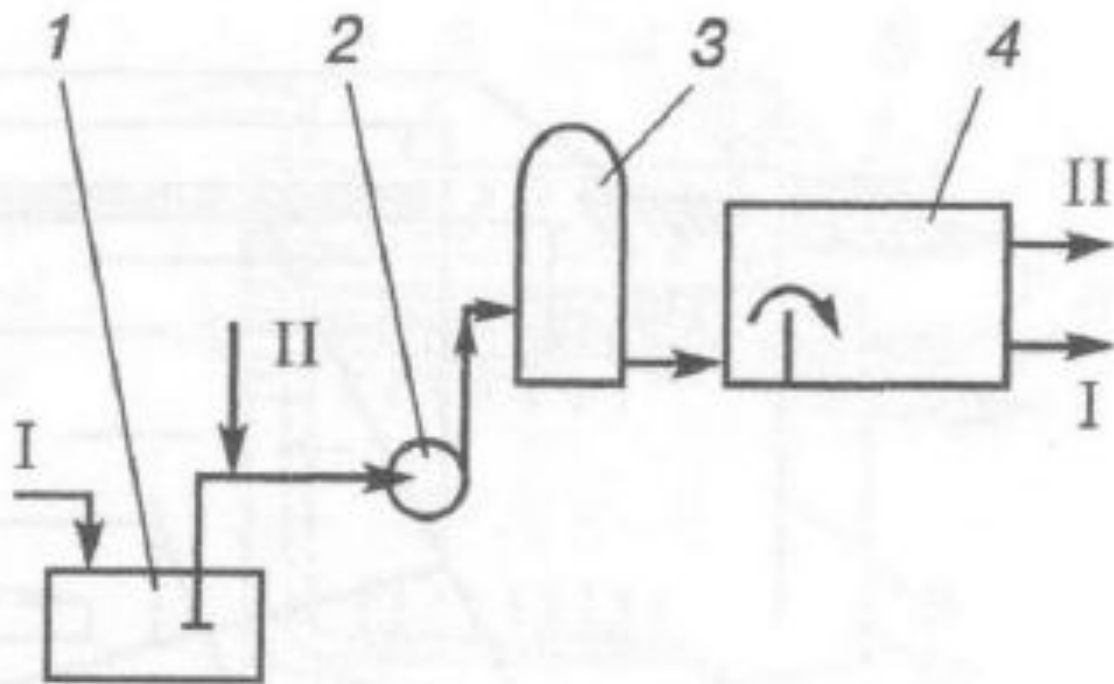


Схема напорной флотации:

I — подача сточной воды; II — подача воздуха; III — отвод пены; IV — отвод обработанной воды

- Установки напорной флотации просты и надежны в эксплуатации. Этот метод имеет более широкий диапазон применения, поскольку позволяет регулировать степень перенасыщения в соответствии с требуемой эффективностью очистки сточных вод при начальной концентрации загрязнений до 4—5 г/л и более. Для увеличения степени очистки в сточную воду добавляют коагулянты. Аппараты напорной флотации обеспечивают по сравнению с нефтеловушками в 5—10 раз меньше остаточное содержание загрязнений и имеют в 5—10 раз меньшие габариты.
- Процесс осуществляется в две стадии: насыщение сточной воды воздухом под повышенным давлением и выделение растворенного газа под атмосферным давлением. Напорные флотационные установки имеют производительность до 2000 м<sup>3</sup>/ч. Пребывание воды в напорной емкости составляет 10—15 мин, а во флотационной камере — 10—20 мин.

- В зависимости от объема и степени загрязнения сточных вод нефтепродуктами используются **радиальные, горизонтальные и вертикальные флотаторы.**

Производительность горизонтальных и вертикальных флотаторов до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а радиальных — более  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

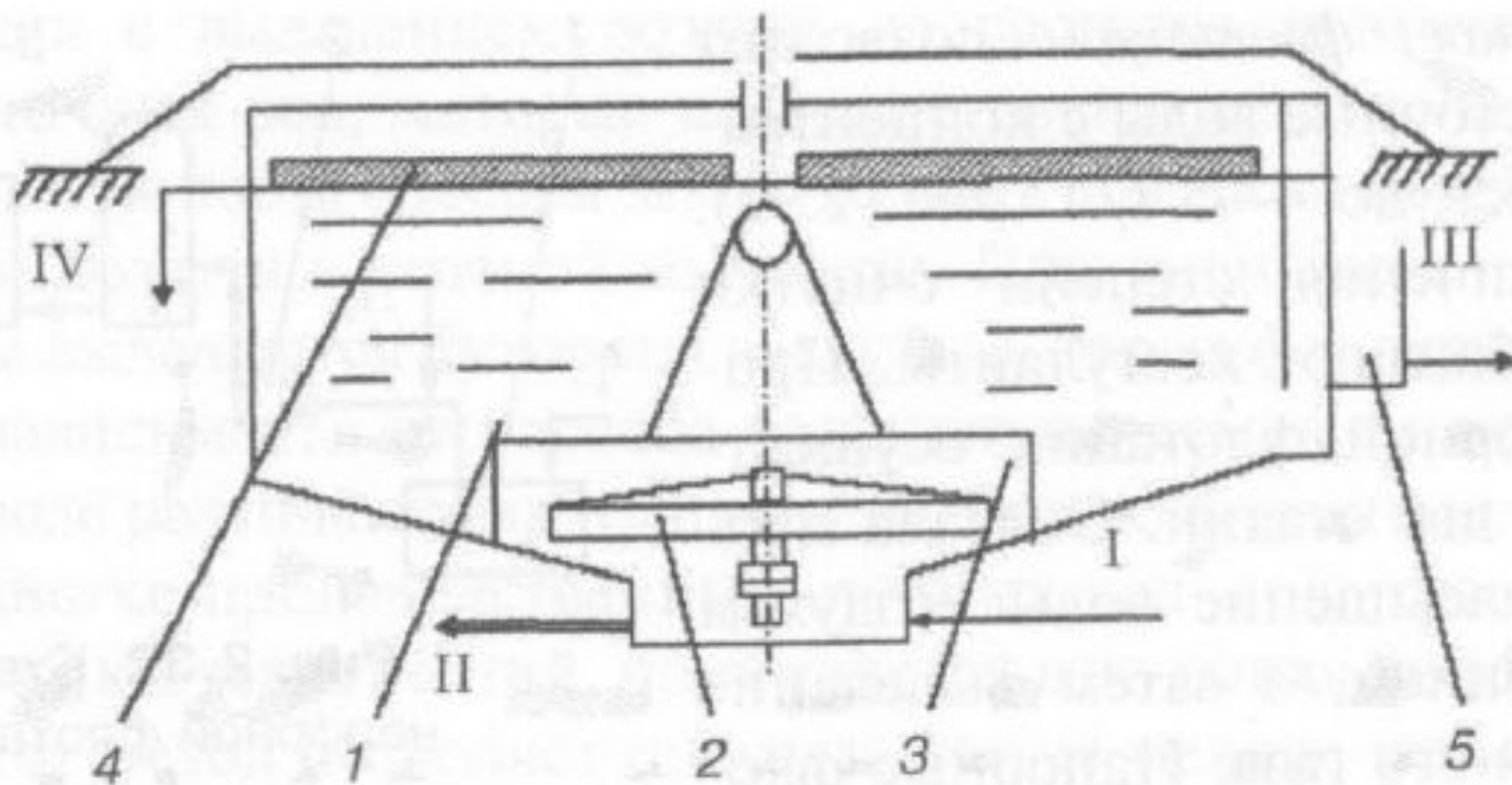


Схема радиального флотатора:

I — подача сточной воды; II — отвод обработанной воды;  
 III — опорожнение флотатора и отвод осадка; IV — отвод пены

- Напорные флотационные установки рекомендуется устанавливать после нефтеловушек и отстойников для дополнительной очистки от нефтепродуктов сточных вод перед выпуском их в бытовую канализацию или при использовании очищенной воды в обороте. При проектировании очистных сооружений рекомендуется предусматривать применение многокамерных флотаторов типа ЦНИИ-5 производительностью 10—20 м<sup>3</sup>/ч.



- Для очистки сточных вод, содержащих растворенные примеси, агрессивные по отношению к механизмам, имеющим движущие части (насосы, импеллеры) применяются пневматические флотационные установки.

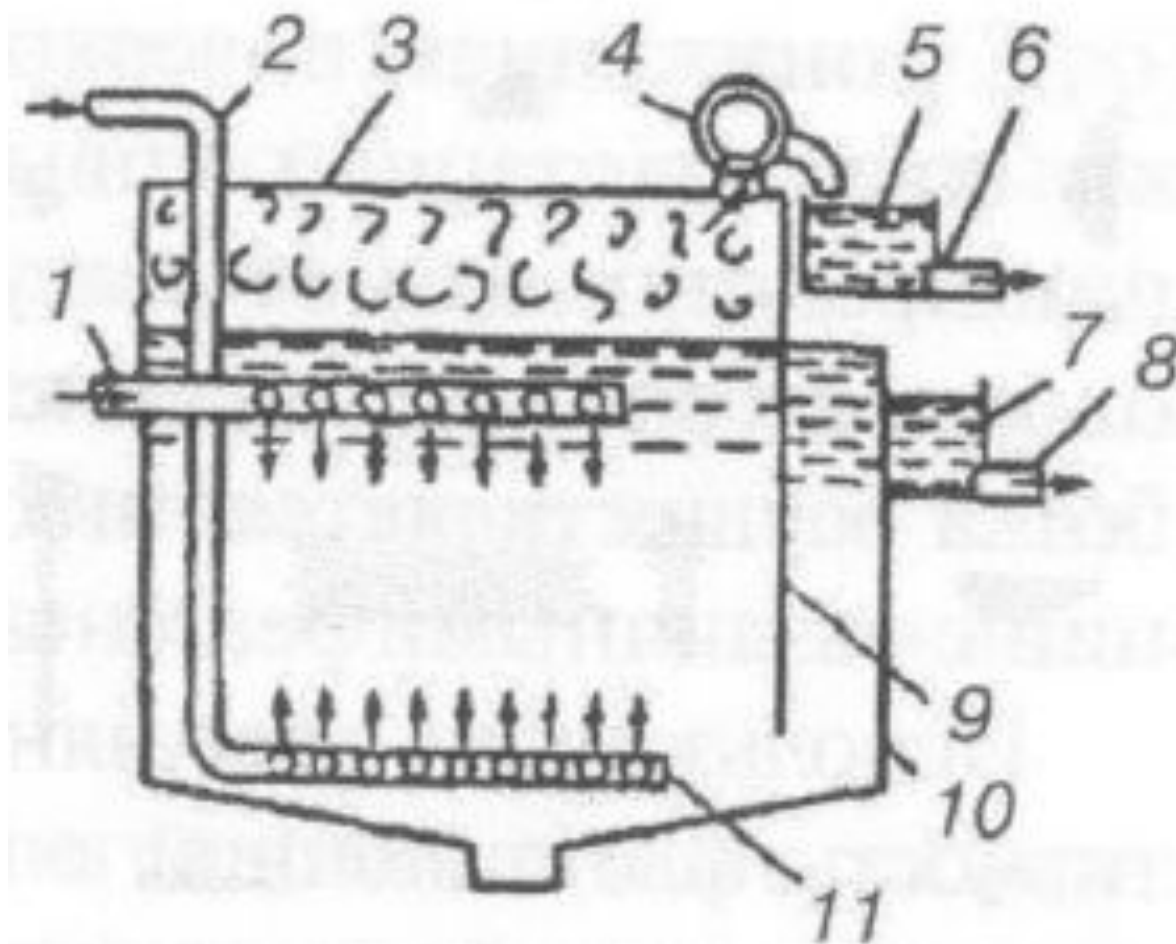


Схема пневматического флотатора:

1, 2, 6, 8 — трубопроводы; 3 — крышка; 4 — вентилятор; 5 — пеносборник; 7 — приемник очищенной воды; 9 — перегородка; 10 — корпус; 11 — насадки

**Флотация с механическим диспергированием воздуха** осуществляется турбинками насосного типа — импеллерами и применяется для очистки сточных вод с высоким содержанием взвешенных частиц (более 2 г/л).

При вращении импеллера в жидкости возникает большое число мелких вихревых потоков, которые разбиваются на пузырьки, выносящие на водную поверхность флотационной камеры загрязнители. Для такой флотации требуется высокая степень насыщения воды воздухом (0,1—0,5 объема воздуха на один объем воды). Диаметр импеллеров составляет 600—700 мм.

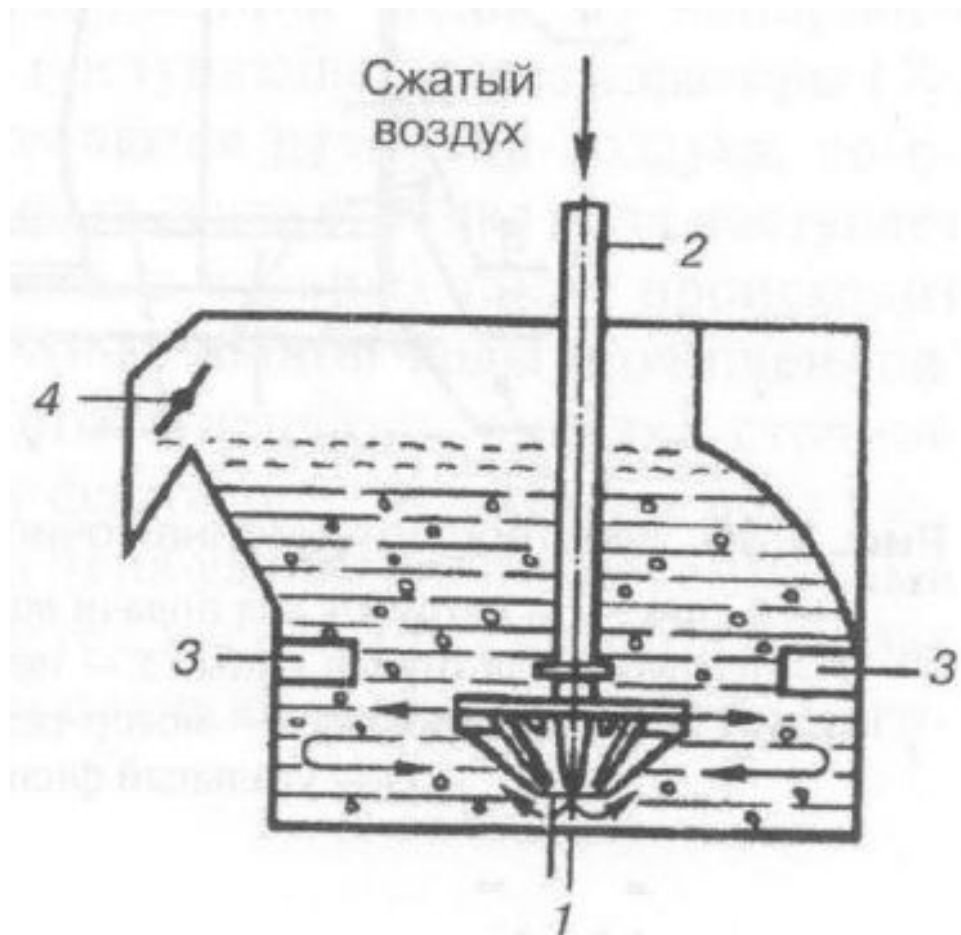


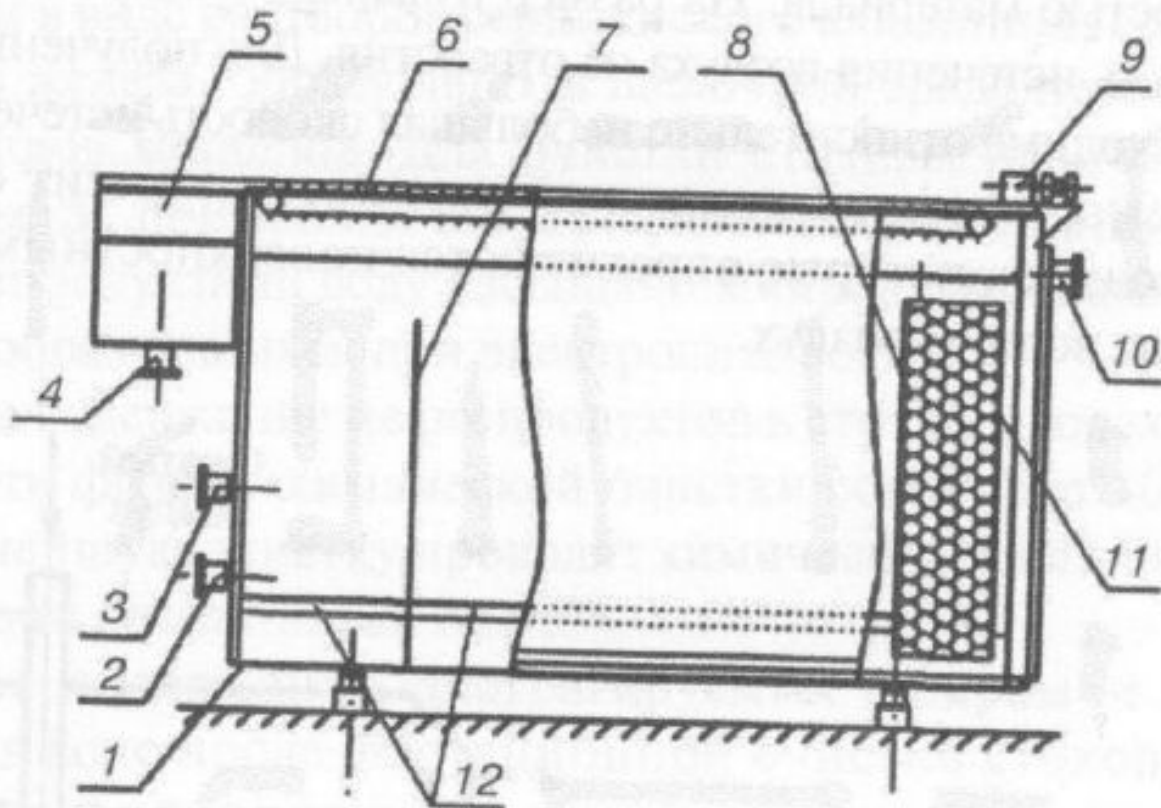
Схема камеры  
флотационной машины  
с импеллером:

1 — импеллер; 2 — полный вал;  
3 — успокоитель; 4 — пеносъемник

- Флотированность частиц различной крупности зависит от размеров пузырьков воздуха, которые определяются поверхностным натяжением на границе вода — воздух.
- С понижением поверхностного натяжения эффективность очистки воды флотацией повышается, также повышает эффект флотации предварительное коагулирование примесей воды. В зависимости от характера содержащихся в воде загрязнений флотационная обработка осуществляется либо одним воздухом, либо воздухом в сочетании с различными реагентами, чаще всего — коагулянтами.

- Использование коагулянтов позволяет значительно повысить эффективность флотационной очистки и удалять загрязнения, находящиеся в воде в виде стойких эмульсий и взвесей, а также в коллоидном состоянии.
- Целевые продукты флотации направляют для обезвоживания в непрерывно действующие отстойники-сгустители, гидросепараторы и гидроциклоны (40-60% влаги в сгущенном продукте), фильтры (10-15 %) и сушилки (1-3%).
- Для ускорения сгущения и отстаивания пульпу обрабатывают реагентами-флокулянтами (полиакриламид).

- **Химическая флотация** основана на введении в сточную воду реагентов, в результате чего происходят химические процессы с выделением газов:  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  и др.
- Пузырьки этих газов могут прилипать к нерастворимым взвешенным частицам и выносить их в пенный слой. Сточные воды в камеру. Туда же подаются реагенты.
- Во избежание дегазации время пребывания сточной воды в камере должно быть минимальным.
- При пропускании постоянного электрического тока через сточную воду на катоде образуется водород, который флотирует загрязнения.



Электрофлотационная очистка бытовых стоков, содержащих ПАВ:  
 1 — корпус; 2 — патрубок для подачи воды; 3 — патрубок для подачи реагентов;  
 4 — патрубок для отвода пены; 5 — пеноприемник; 6 — пеносорбное устройство;  
 7, 8 — перегородка; 9 — мотор-редуктор; 10 — патрубок для отвода воды;  
 11 — угольный фильтр; 12 — электроды



- Достоинствами электрофлотации являются непрерывность процесса, широкий диапазон применения, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, простая аппаратура, селективность выделения примесей по сравнению с отстаиванием, большая скорость процесса, а также возможность получения шлама более низкой влажности (90—95 %), высокая степень очистки (95—98 %), возможность рекуперации удаляемых веществ.
- В *многокамерной установке* загрязненная сточная вода, скапливаясь в емкости (1), насосом (2) сначала подается в гидроциклон (4), где удаляется часть взвешенных частиц.

- Затем ее направляют в первую камеру флотатора (3), где сточная вода смешивается с циркуляционной водой из напорного бака (6), насыщенной воздухом, поступающей через аэраторы (7). В первой камере флотатора выделяются пузырьки воздуха, которые и флотируют загрязнения. После этого сточная вода поступает во вторую камеру и в последующие, в которых также происходит процесс флотации, после смешения сточной воды с очищенной. Таким образом, происходит многоступенчатая очистка сточной воды. Пройдя последнюю камеру флотатора, очищенная вода удаляется из установки — линия II, а пена удаляется пеносъемниками (5). Часть очищенной воды подается насосом (8) в напорный бак (6), где растворяется воздух, поступающий во всасывающую магистраль насоса.

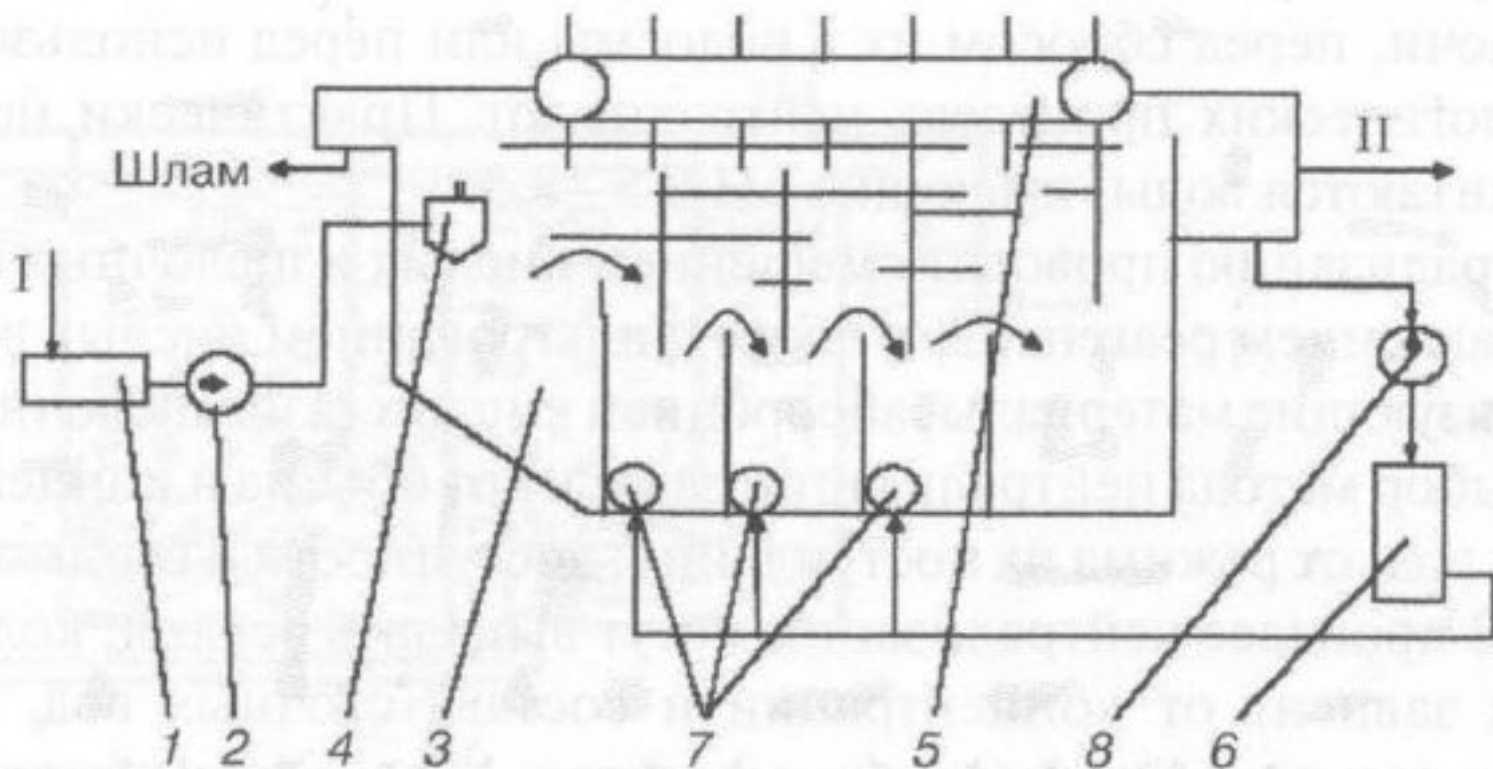


Схема многокамерной флотационной установки с рециркуляцией:

- I — подача сточной воды; II — отвод очищенной воды; 1 — емкость;  
 2 — насос; 3 — флотатор; 4 — гидроциклон; 5 — пеноъемник; 6 — напорный бак;  
 7 — аэротенк; 8 — насос