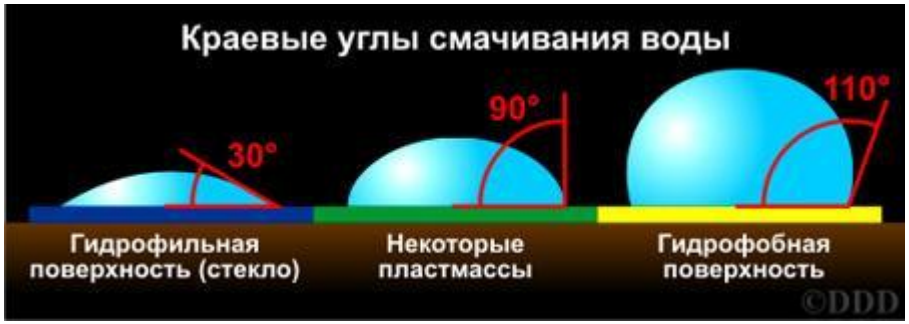
Флотация

Флотация — метод извлечения из жидкости диспергированных и коллоидных включений, основанный на способности частиц прилипать к газовым пузырькам (образуя флотокомплексы) и переходить вместе с ними в пенный слой.

Сущность флотационного процесса заключается в специфическом действии молекулярных сил, вызывающих слипание частиц примесей с пузырьками газа, всплывание флотокомплексов и образованию на поверхности жидкости пенного слоя, содержащего извлеченные вещества.



Элементарный акт флотации

переход в пену

слипание

нет взаимодействия

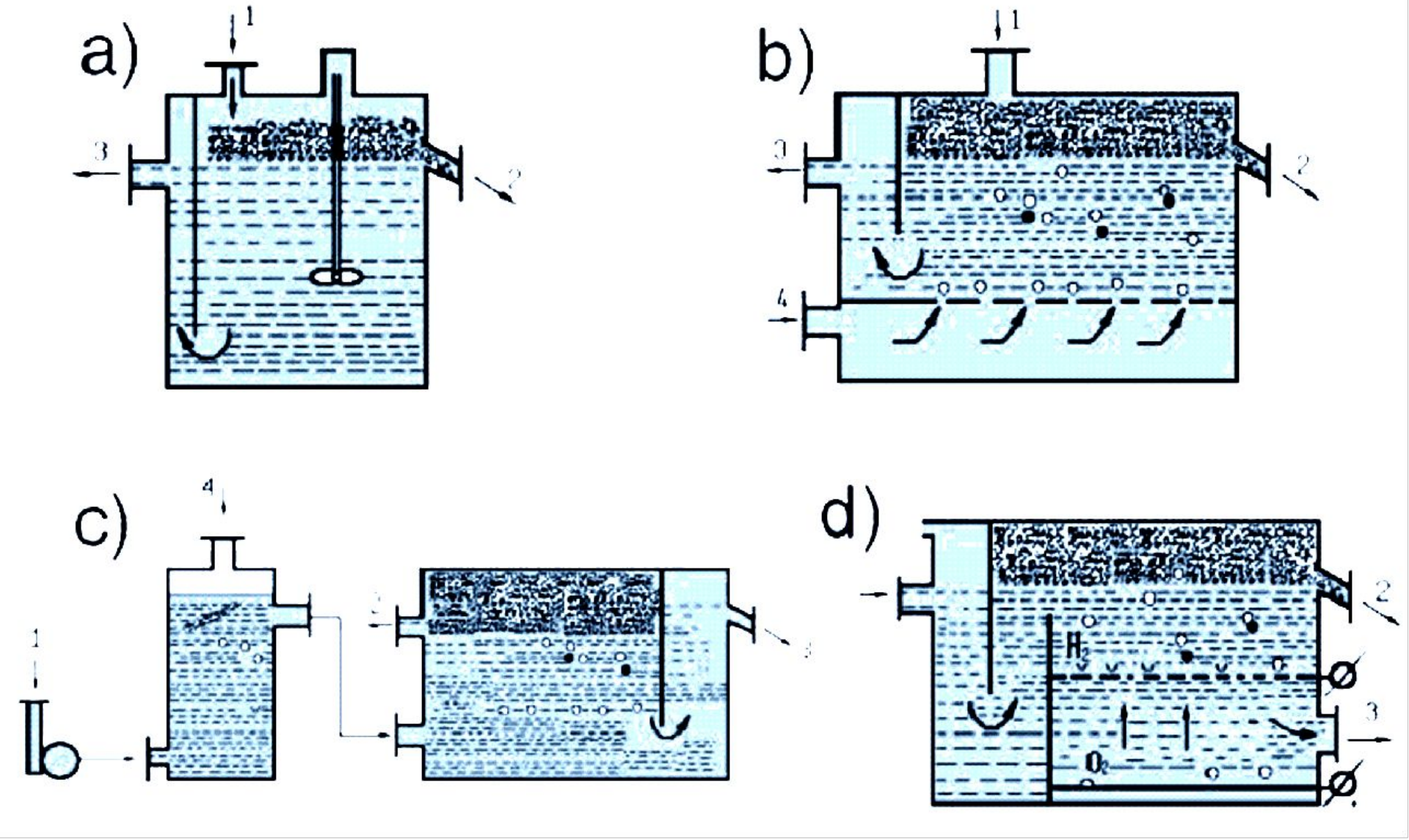
Гидрофильные вещества –смачиваемые водой.

Гидрофобные вещества – несмачиваемые водой.

Классификация способов флотации:

1. напорная,
2. пневматическая,
3. механическая,
4. электрофлотация,
5. термофлотация,
6. химическая,
7. вибрационная,
8. биологическая

Способы флотационной очистки сточных вод



МЕТОД ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ФЛОТАЦИИ

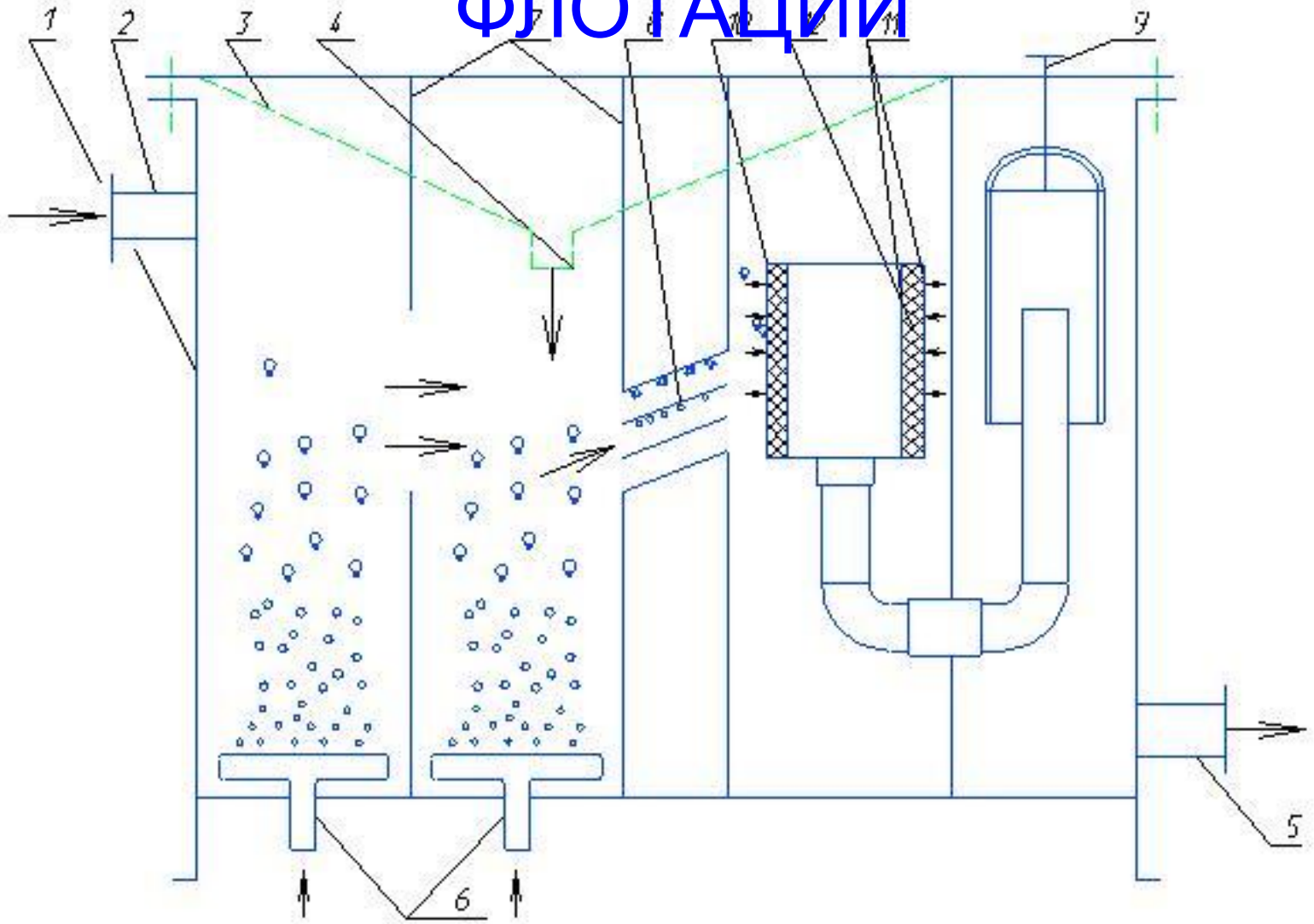
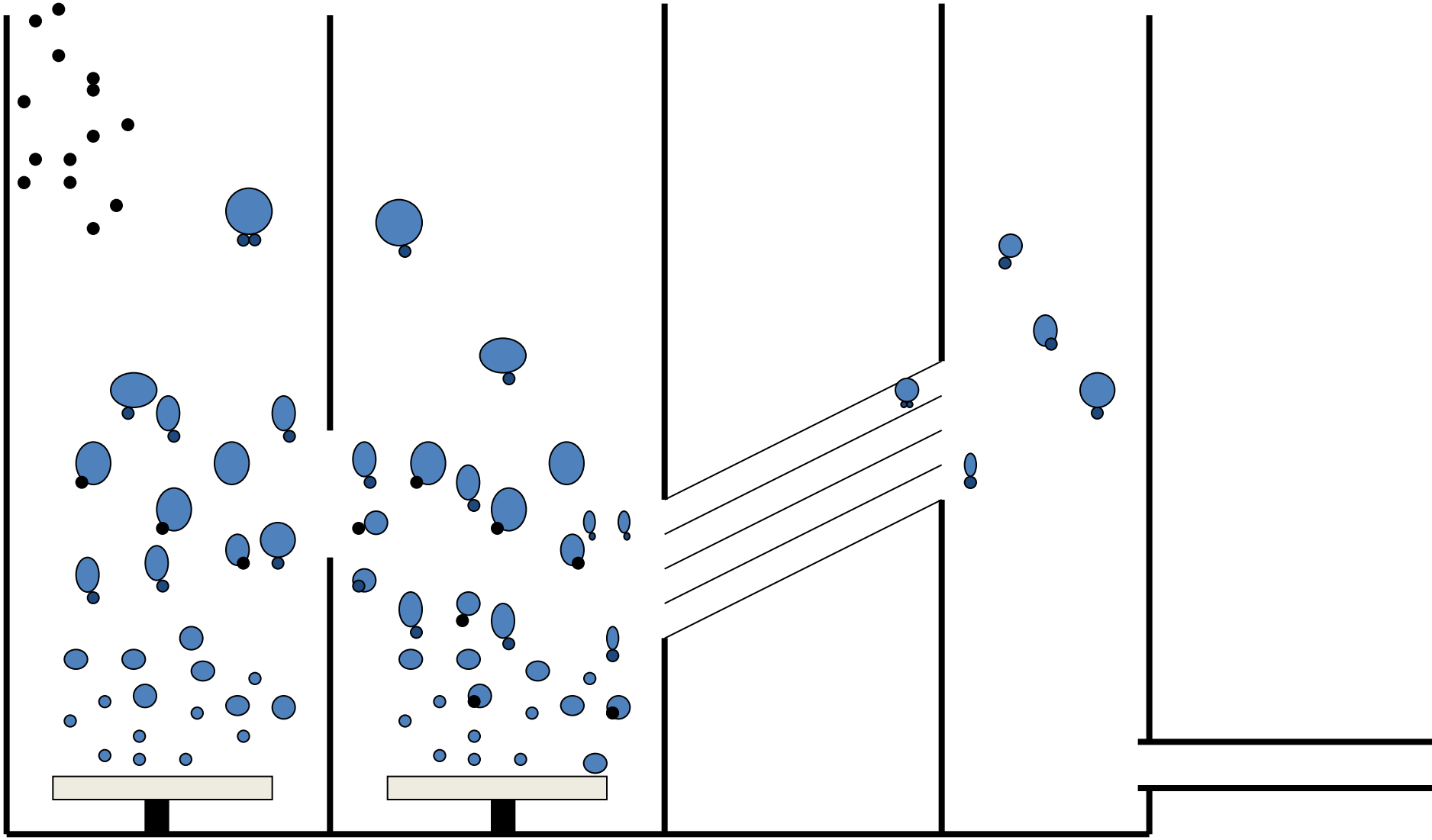
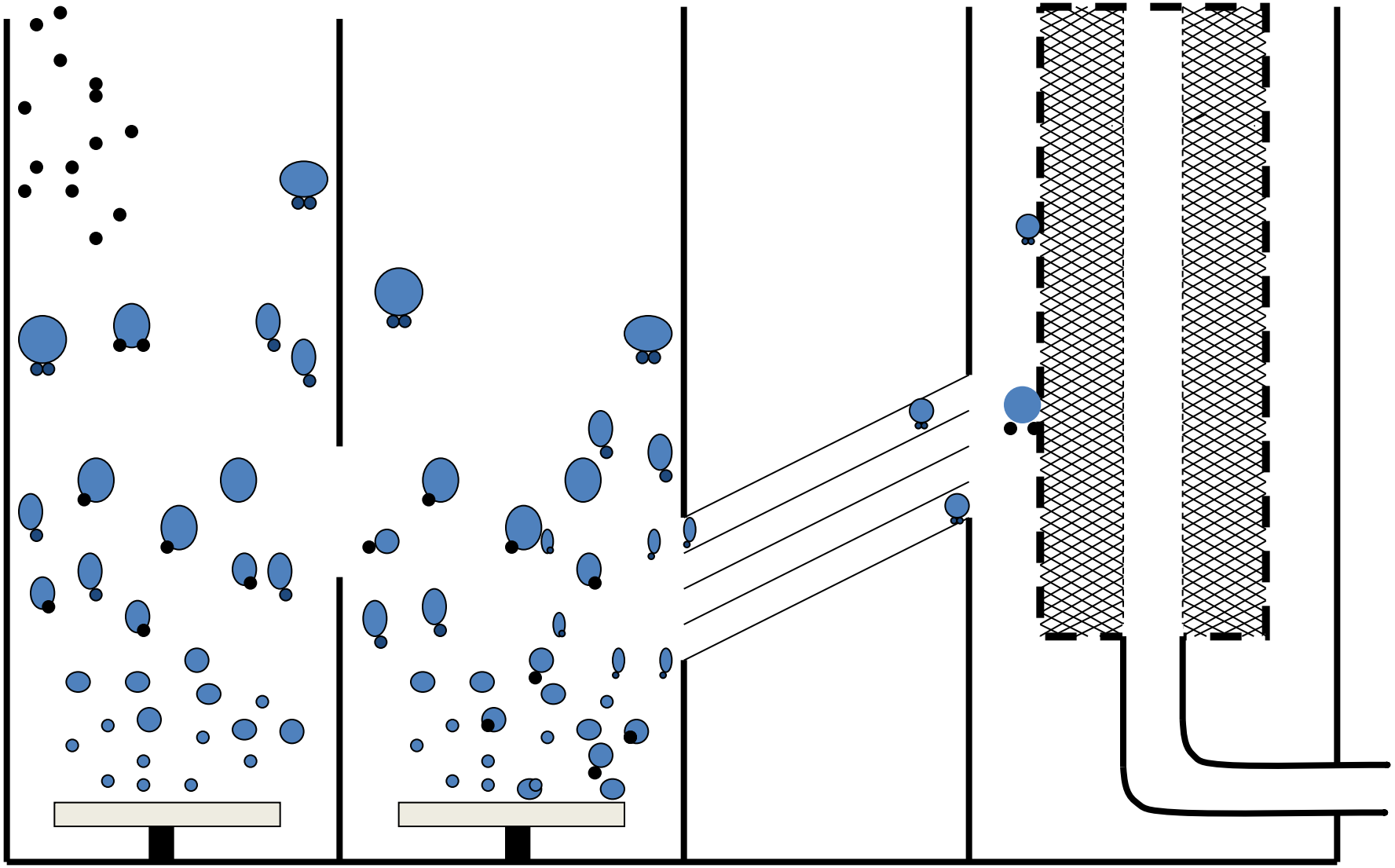


Схема флотационной машины для очистки сточных вод

Патент на полезную модель № 60511 от 02.08.2006.

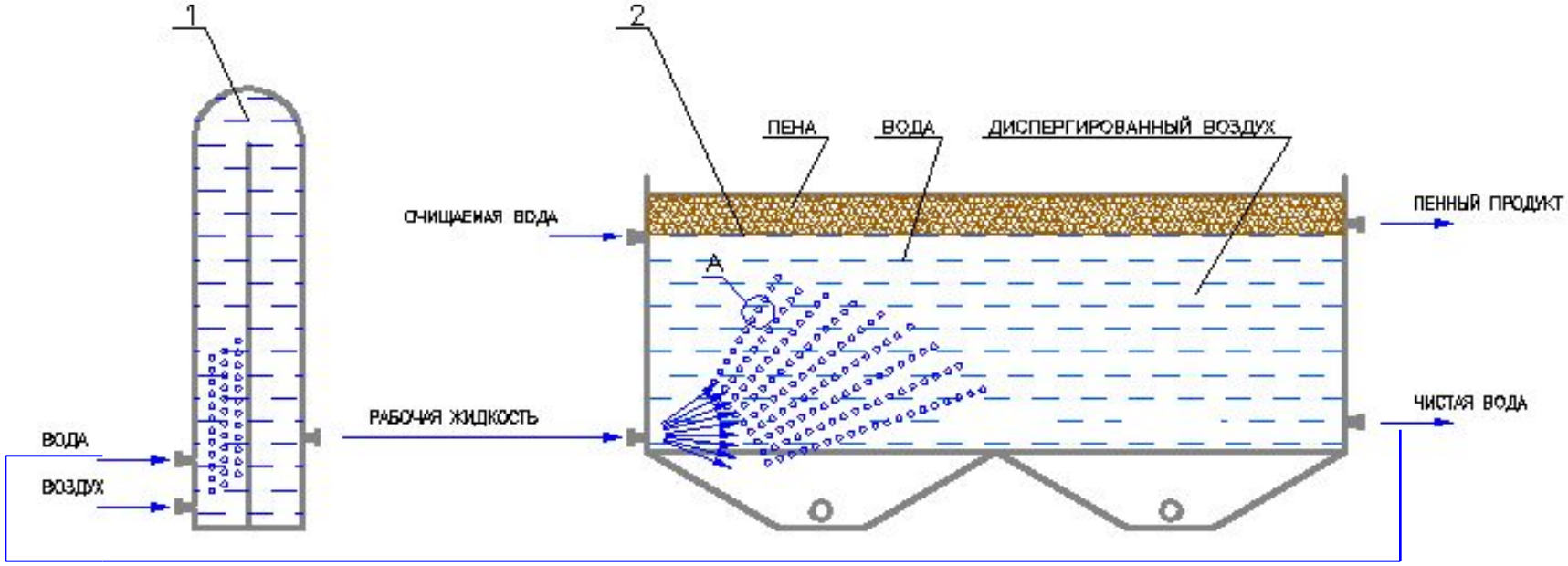




Сравнительная таблица основных параметров флотомашин

Параметры	*Пневматическая флотационная машина.*	*Комбинированная флотационная машина пневматического типа с фильтрующими элементами.*
Время флотации, мин.	25	16
Рабочий объем флотатора, $м^3$.	2,6	1,66
Количество камер, шт.	5	3
Размер камеры флотации (L·B·H), м	0,5·1·1	0,5·1·1
Расход воздуха, $м^3$/ч.	52	33,2
Аэраторы: ·Тип ·Количество, шт.	 Дисковый 10	 Дисковый 6
Габариты (L·B·H), м	3,5·1·1,2	2,5·1·1,2

МЕТОД НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ



1 – сатуратор; 2 – флотокамера напорного типа.

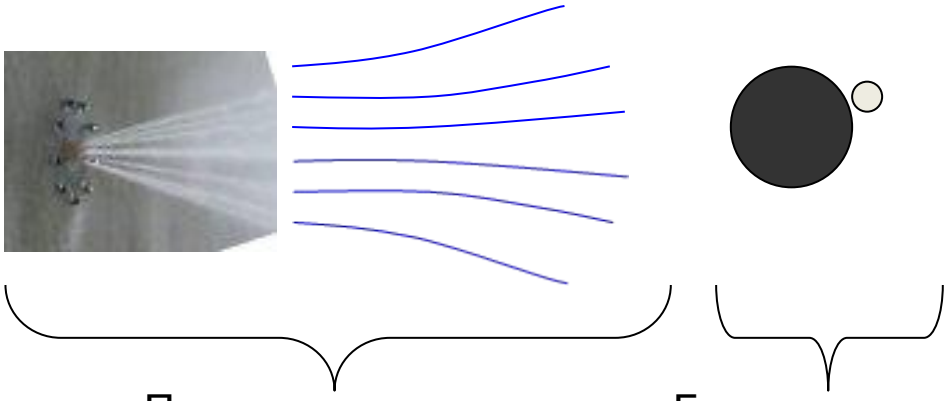
Достоинства:

Высокая эффективность;

Высокая прочность комплексов

Недостатки:

Низкая скорость подъема флотокомплексов



Интенсификация метода

Увеличение скорости подъема флотокомплексов при сохранении его прочности.

Способы интенсификации

- конструкционный

Изменение конструкции флотокамеры для уменьшения времени флотации.

Введение дополнительных узлов для коалесценции (блоки тонкослойного осветления, фильтрующие элементы, сетчатые уловители, сорбционные осветлители и т.д.)

- реагентный

Предварительная обработка воды коагулянтом и (или) флокулянтом

- введение второй рабочей жидкости

Первая рабочая жидкость – вода, насыщенная растворенным воздухом.

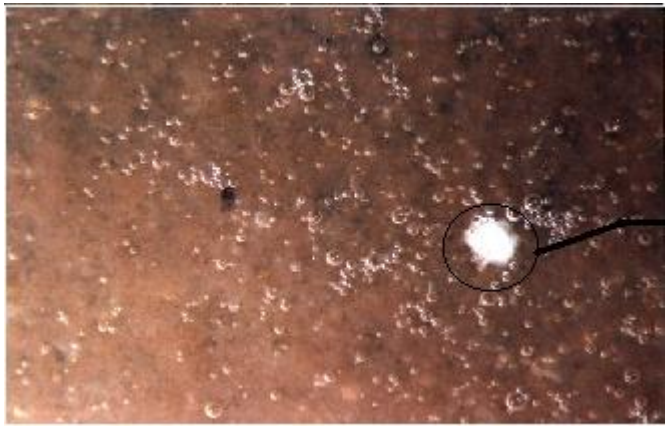
Вторая рабочая жидкость – вода, насыщенная раствором легкорастворимого газа.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРОЙ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Вторая рабочая жидкость – насыщенный раствор легкорастворимого газа (углекислый газ). Вводится во флотокамеру одновременно с первым рабочим раствором.

НАБЛЮДАЕМЫЙ ПРОЦЕСС

1. Образование флотокомплекса.
2. Постепенное увеличение газового пузырька за счет выделения легкорастворимого газа.
3. Значительное увеличение скорости подъема флотокомплексов во всем объеме жидкости.
4. Не наблюдается увеличение интенсивности разрушения комплексов «частица-пузырек».
5. Эффективность извлечения загрязнений значительно возрастает.
6. Высокое илоуплотнение

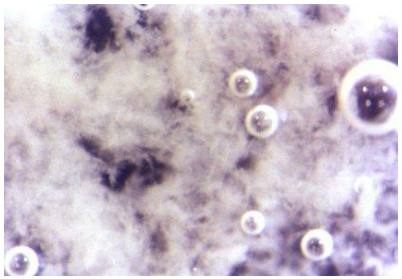


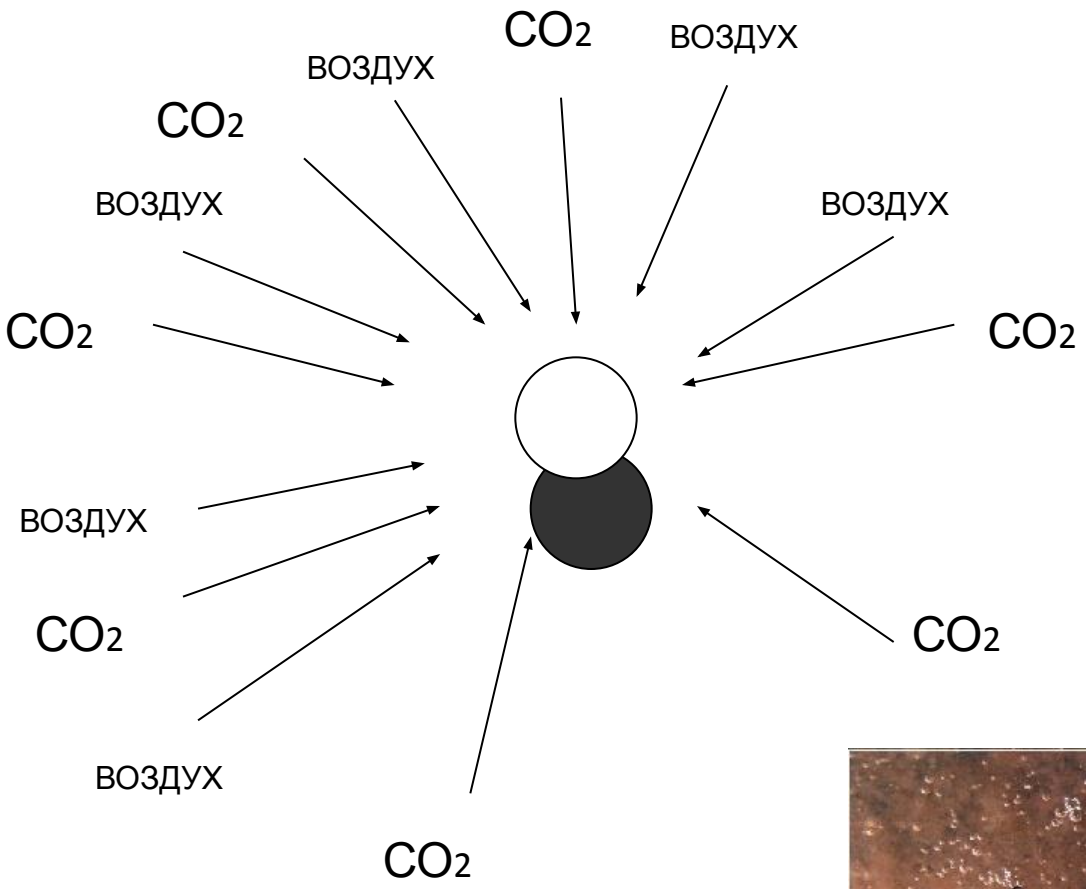
МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАСТВОРА ЛЕГКОРАСТВОРИМОГО ГАЗА НА ФЛОТОКОМПЛЕКСЫ

D1пуз=0,0002 мм

D2пуз=0,01-0,05 мм

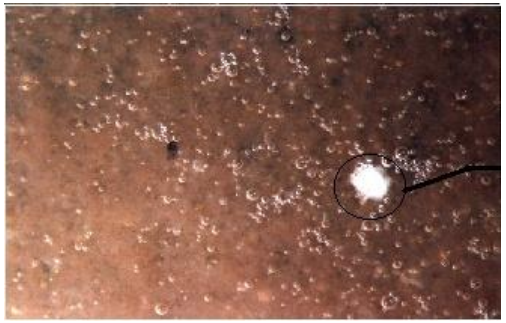
D3пуз=1-3 мм





V2пуз=1,3-2,6 мм/с

V3пуз=4-10 мм/с



Сравнение двух методов

Параметры	Традиционный метод напорной флотации	Разработанный метод напорной флотации
Вид пенного слоя	Рыхлый пенный слой	Плотный пенный слой
Концентрация твердой фазы	2-3%	5-6%
Необходимое время пенного уплотнения	3 часа	3-15мин
Лимитирующая стадия	Уплотнение пенного слоя	Флотационное извлечение
Скорость подъема флотокомплексов	1-2 мм/с	4-10 мм/с
Время флотации	30 мин	15-20 мин

Механическая (импеллерная) флотация

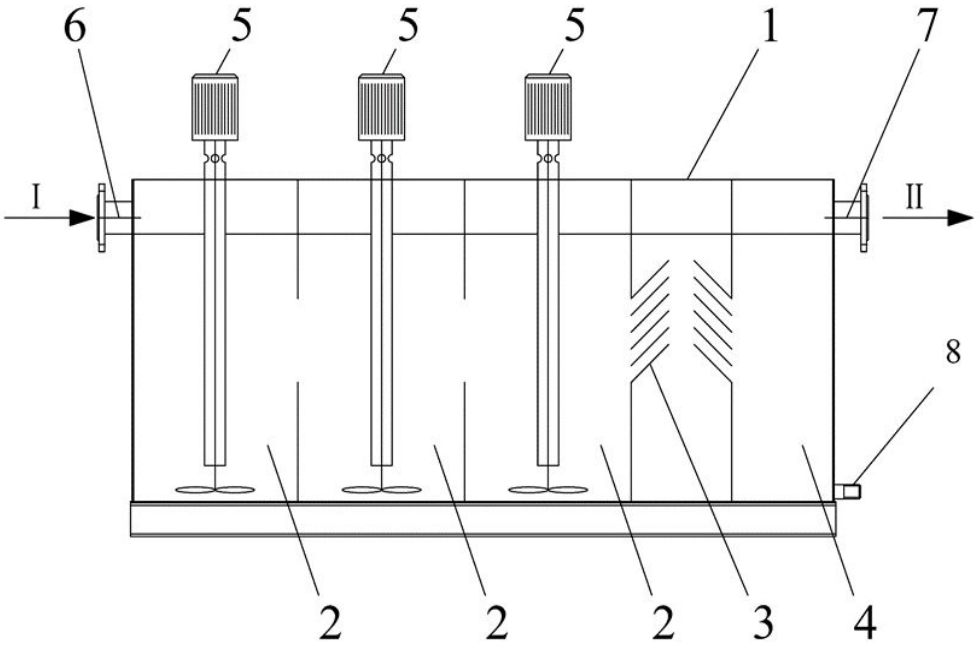


Схема механического флотационного аппарата

1 – корпус, 2 – флотационная камера, 3 – камера доочистки, 4 – камера чистой воды, 5 – импеллерный блок, 6, 7 – патрубки подачи и отвода воды

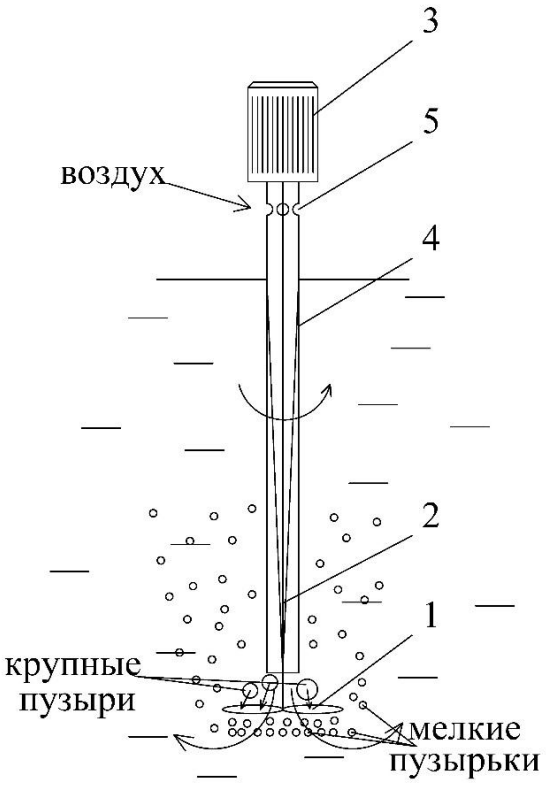


Схема импеллерного блока

1 – импеллер, 2 – вал импеллера, 3 – электродвигатель, 4 – обсадная труба, 5 – отверстия обсадной трубы

Электрофлотация

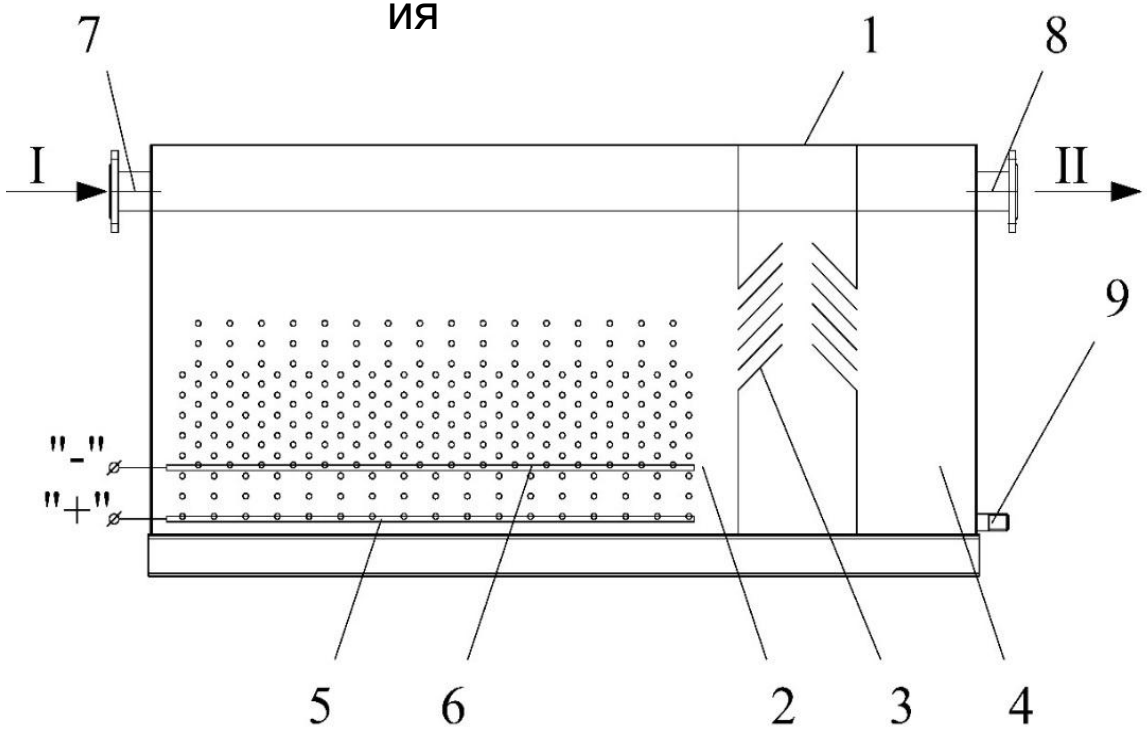
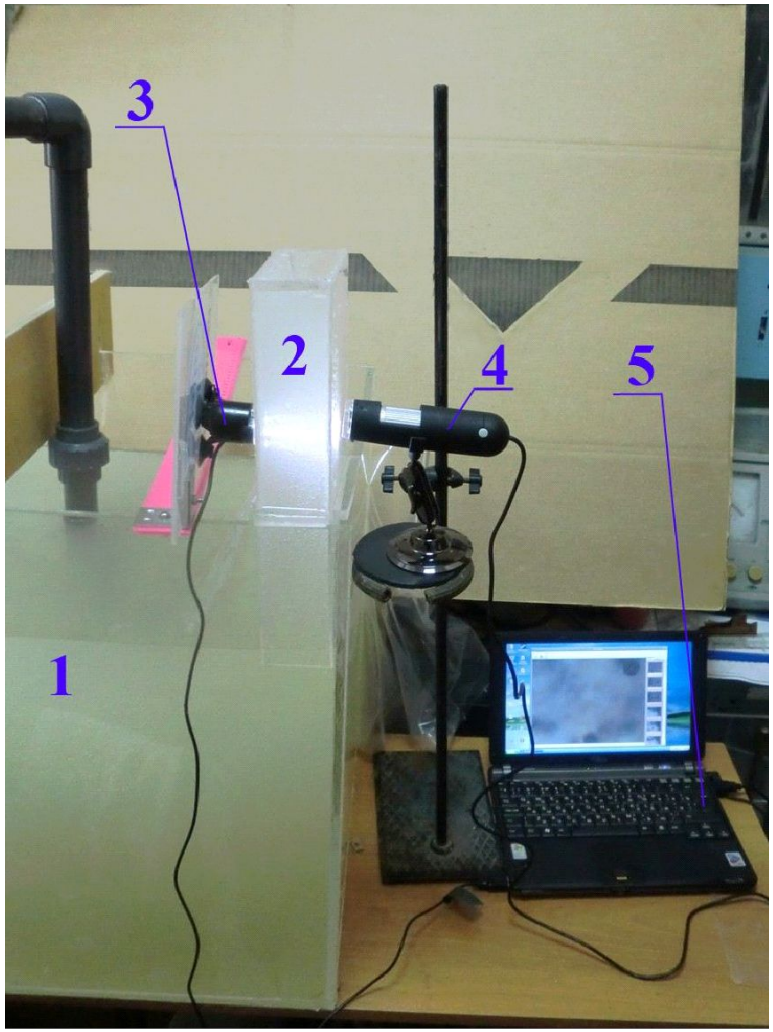
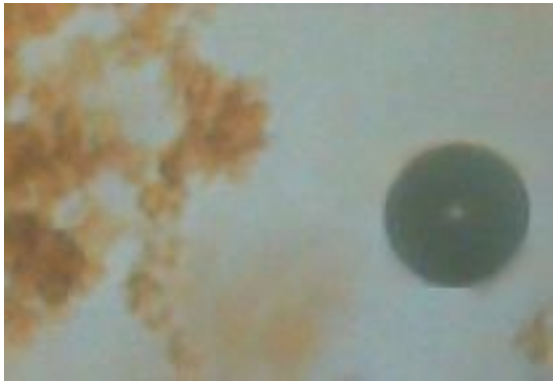


Схема элотрофлотационного аппарата

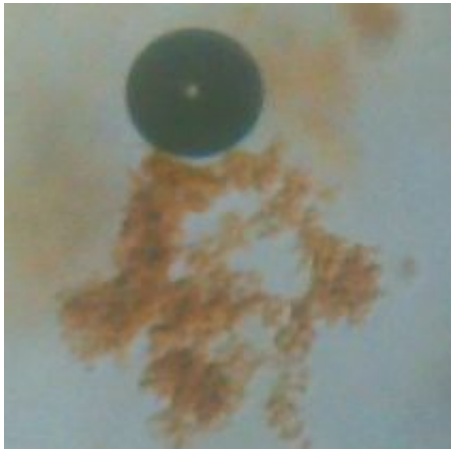
1 – корпус, 2 – флотационная камера, 3 – камера доочистки, 4 – камера чистой воды, 5 – анод, 6 – катод, 7, 8 – патрубки подвода и отвода воды, 9 – патрубок для опорожнения аппарата



1 - камера аэрации;
2 - ёмкость;
3 - источник света;
4 - цифровой USB-микроскоп;
5 - компьютер.

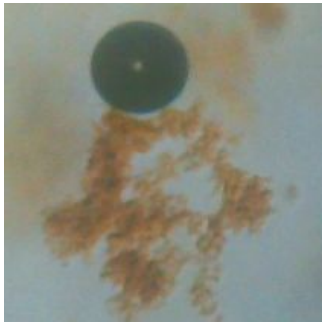


Состояние А



Состояние Б

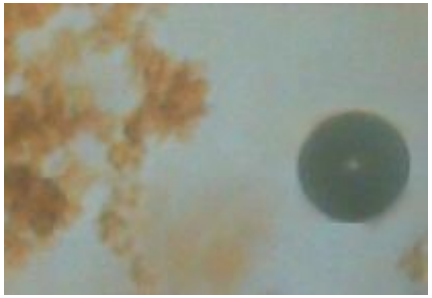
Состояние С



B

k1

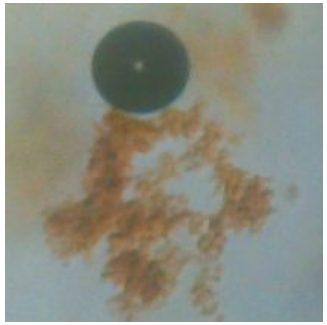
k3



A

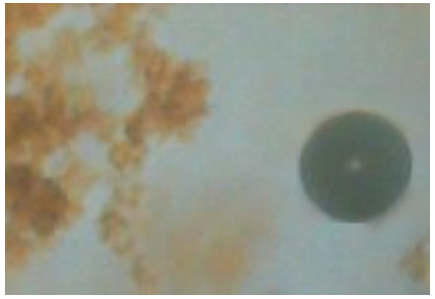
k5

C



B

k2 k4

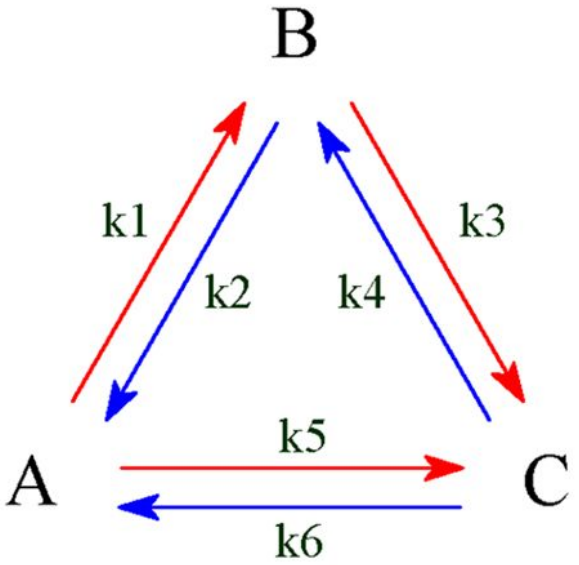


A

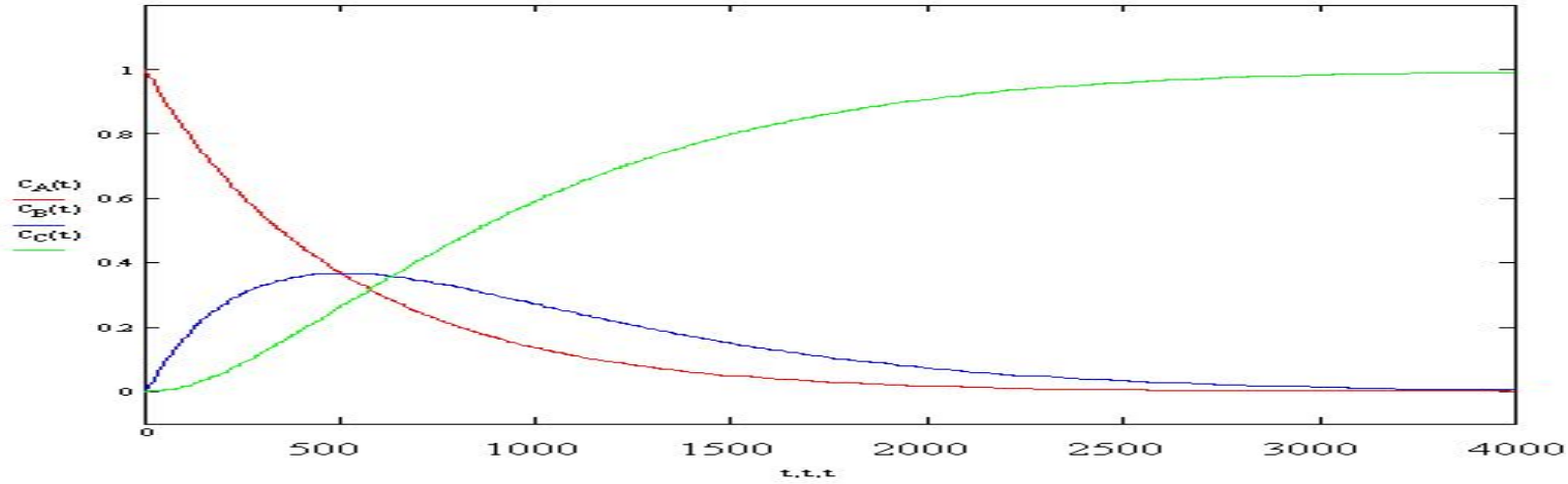
k6

C

МНОГОСТАДИЙНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ



$$\begin{cases} \dfrac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A + k_2 C_B + k_6 C_C - k_5 C_A \\ \dfrac{dC_B}{dt} = k_1 C_A + k_2 C_B - k_3 C_B + k_4 C_C \\ \dfrac{dC_C}{dt} = -k_6 C_C + k_5 C_A + k_3 C_B - k_4 C_C \end{cases}$$



Решение системы Д.У., описывающих процесс напорной флотации

$$k_1 = \frac{1}{T_0} P_{CN}$$, где P_{CN} – вероятность образования флотокомплекса пузырек – частица в течение времени T_0.

$$k_1 = \frac{1.5qE}{k_0 \overline{D}}$$, где q – скорость барботирования; E – эффективность захвата частиц всплывающим пузырьком газа при флотации; D – средний диаметр пузырьков во флотационной ячейке; k_0 – фактор полидисперсности пузырьков.

$$k_2 = n\rho\nu^m G^P \frac{dM^2}{EN}$$

$$k_3 = \frac{\upsilon_{под}}{h}$$, где $\upsilon_{под}$ – скорость подъема флотокомплекса; h – расстояние от зоны аэрации до пенного слоя (глубина флотокамеры)

Константа ***k4***, характеризующая выпадение флотокомплексов из пенного слоя при условии его мгновенного удаления, определяется аналогично константе *k2*, при значениях $0 \le p \le 1$; $1/5 < M < 2/3$.

$$k_5 = \frac{\upsilon_{ос}}{h}$$, где $\upsilon_{ос}$ – скорость осаждения частиц твердой фазы, выпадающих из пенного слоя, как правило, может рассчитываться по формуле Стокса.

$$k_6 = D\frac{\partial}{\partial x}\left\{\frac{1}{2\sqrt{\pi D t}}\left[\exp\left(-\frac{(x-h)^2}{4Dt}\right) - \exp\left(-\frac{(x+h)^2}{4Dt}\right)\right]\right\}$$, где t – время, x – текущее расстояние от границы пенного слоя, D – коэффициент диффузии частиц твёрдой фазы в жидкости.

Расчетные данные

При проектировании флотационных установок необходимо принимать:

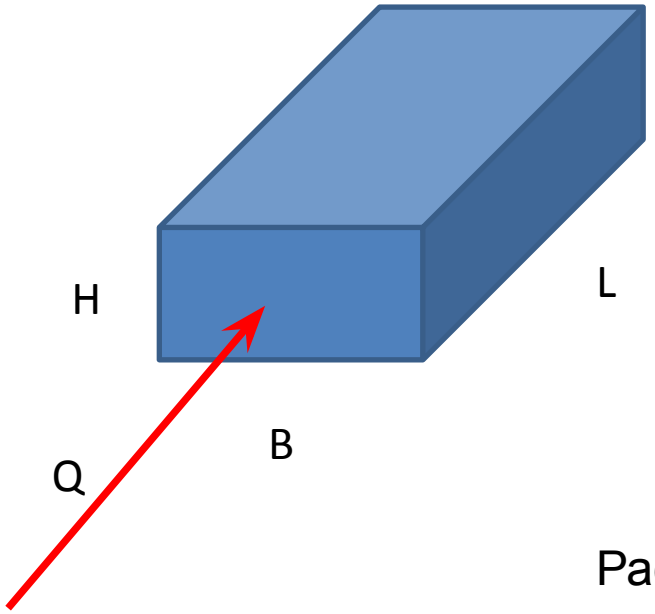
- продолжительность флотации - 20-30 мин;
- горизонтальную скорость движения воды в прямоугольных и радиальных флотокамерах - не более 5 мм/с;

для импеллерных, пневматических флотаторов:

- расход воздуха при работе в режиме флотации - 0,1-0,5 $м^3/м^3$;
- расход воздуха при работе в режиме пенной сепарации - 3-4 $м^3/м^3$ (50-200 л на 1 г извлекаемых ПАВ) или 30-50 $м^3/(м^2 \cdot ч)$;
- глубину воды в камере флотации - 1,5-3 м;
- окружную скорость импеллера - 10-15 м/с;
- камеру для импеллерной флотации - квадратную со стороной, равной 6*D* (*D* - диаметр импеллера 200-750 мм);
- диаметр сопел - 1-1,2 мм;
- диаметр отверстий пористых пластин - 4-20 мкм;
- давление воздуха под пластинами - 0,1-0,2 МПа (1-2 $кгс/см^2$).

для напорных флотационных:

- количество подаваемого воздуха, л на 1 кг извлекаемых загрязняющих веществ: 40 - при исходной их концентрации $C_{en} < 200$ мг/л, 28 - при $C_{en} = 500$, 20 - при $C_{en} = 1000$ мг/л, 15 - при $C_{en} = 3$-4 г/л;
- схему флотации - с рабочей жидкостью, если прямая флотация не обеспечивает подачу воздуха в нужном количестве;
- флотокамеры с горизонтальным движением воды при производительности до 100 $м^3/ч$, с вертикальным - до 200, с радиальным - до 1000 $м^3/ч$;
- подачу воздуха через эжектор во всасывающий патрубок насоса - при небольшой высоте всасывания (до 2 м) и незначительных колебаниях уровня воды в приемном резервуаре (0,5-1,0 м), компрессором в напорный бак - в остальных случаях.



Исходные данные:

Q, м3/ч

v = 1…5 мм/с

H = 3 м

t = 20…30 мин

Необходимо определить:

Технологические размеры флотокамеры

Расчет:

$Q = v * S$

$S = H * B$

$Q = v * H * B$

$\Rightarrow B = Q / (v * H)$

$Q = V / t$

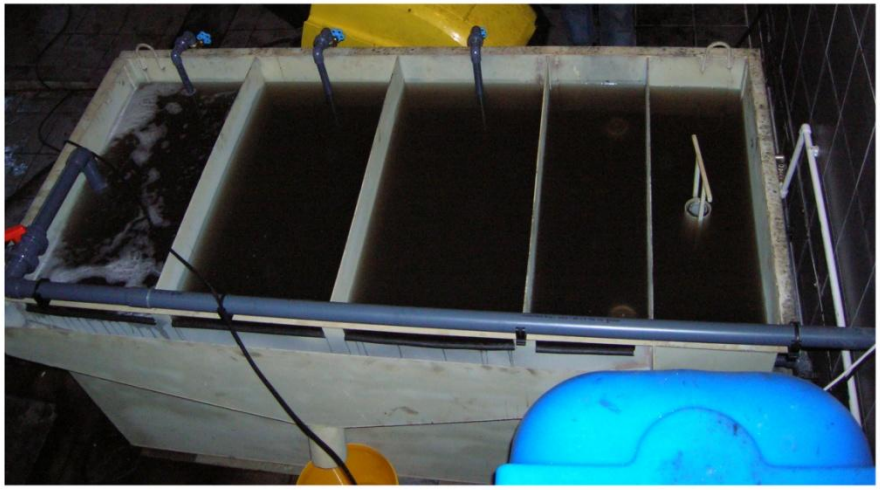
$V = H * B * L$

$Q = (H * B * L) / t$

$\Rightarrow L = (Q * t)/ (H * B)$

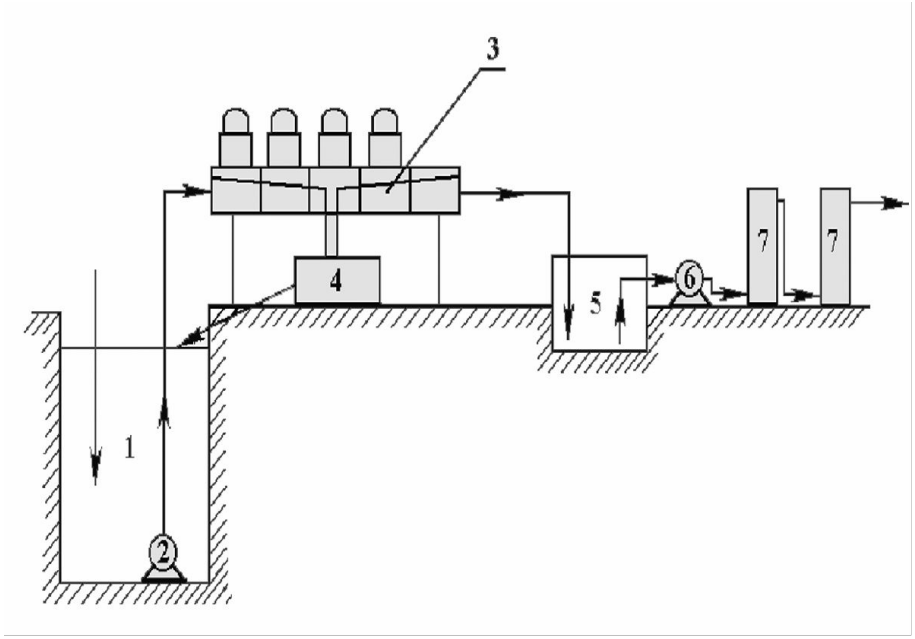
23

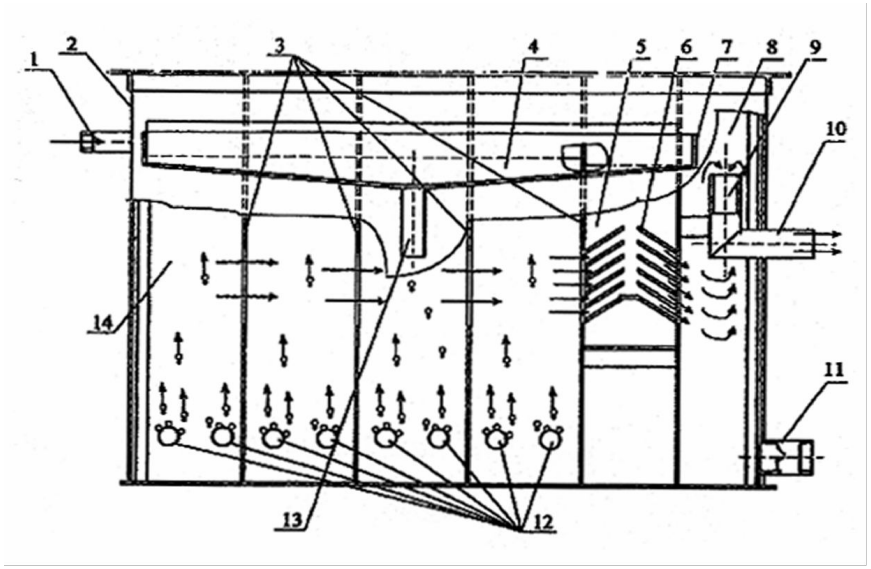
Флотационная машина внедренная на Усть-Илимской ГЭС ОАО "Иркутскэнерго"



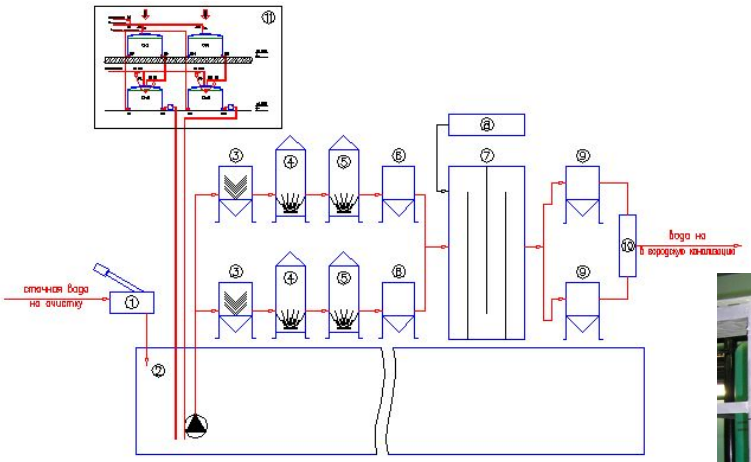
Опытно-промышленный образец комбинированной флотомашины пневматического типа с фильтрующими элементами внедренной в депо г. Смоленска.

Технологическая схема очистки поверхностного стока

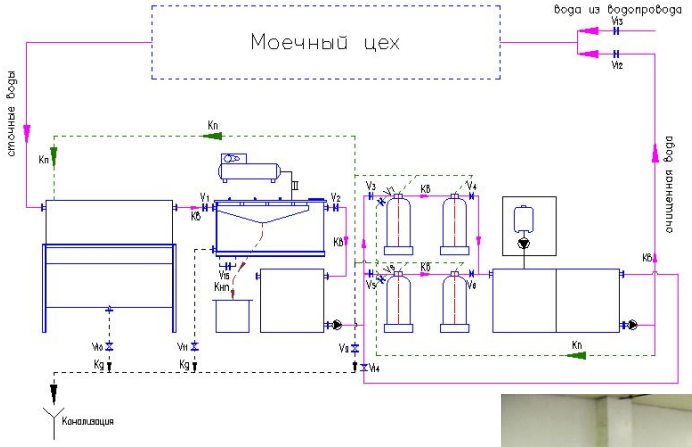




- **Очистка жиросодержащих и бытовых сточных вод** Очистные сооружения предназначены для биологической очистки жиросодержащих, бытовых и производственных сточных вод мясокомбинатов, предприятий молочной промышленности, коттеджных поселков и крупных населенных пунктов .
- Очистка жиросодержащих сточных вод
- Очистка бытовых сточных вод
- - мясокомбинаты;- молокозаводы;- птицефабрики- маслобойные заводы;- заводы растительных масел;- пивоваренные заводы- коттеджные поселки;- дома отдыха- населенные пункты- предприятия пищевойпромышленности- дачные поселки;- хлебозаводы



Очистка нефтесодержащих сточных вод



Характеристики станции:

- оборотная система водопользования,
- высокая производительность;
- высокая эффективность очистки нефтесодержащих сточных вод;
- минимальное использование площадей;
- не требует постоянного обслуживания;