

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

Горнопромышленная экология

Лекция № 10

Загрязнение гидросферы

Методы очистки производственных сточных вод

Поисеева Саргылана Иннокентьевна, к.б.н., доцент кафедры
«Техносферная безопасность» Горного института

Загрязняющие примеси	Вольфрамово-молибденовые	Медные и сурьмяно-ртутные	Полиметаллические	Никель-кобальтовые
Сухой остаток	2000–13000	2600–3800	460–5400	360–2000
Ионы кальция	160–200	160–950	16–230	10–140
Ионы магния	—	26–60	5–30	8–40
Ионы хлоридов	140–740	200–4500	5–170	10–300
Ионы сульфатов	250–5900	400–4500	40–1500	20–400
Ионы сульфидов	0–1000	0–5	—	—
Ионы меди	0–50	0–0,2	0,3–10	0,02–1,8
Ионы свинца	0,4–17	—	0,2–0,8	—
Ионы цинка	0,3–1	0,09–10	0,3–1800	—
Ионы никеля	—	—	—	0,02–0,13
Ионы железа	0,3–1,4	0,2–0,3	—	0,07–13
Цианиды и роданиды	0–0,8	—	0–30	0–21
Ксантагенаты	0–0,04	0,5–24	—	—
Мышьяк	0,1–6	0–0,05	0–0,1	—
Фенолы	0,1–7	0–7	—	—
Нефтепродукты	0–33	0,03–5	0–9	—
Сурьма	0,1–25	—	—	—
Молибден	0–740	—	—	—

Загрязненность стоков обогатительных фабрик

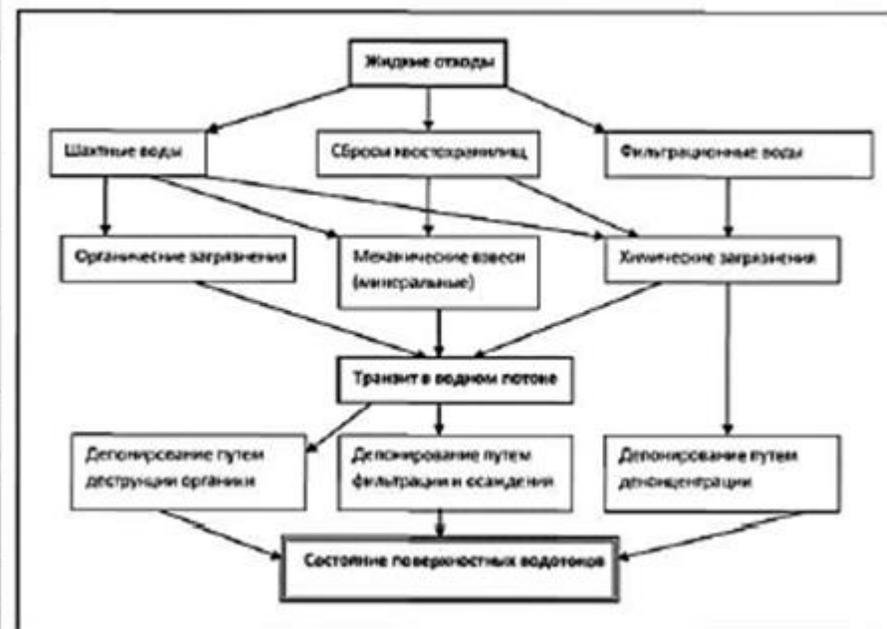


Рис. 4.4.6. Принципиальная схема движения техногенных загрязнений в поверхностных водотоках

При строительстве и эксплуатации объектов ГДП существенные осложнения возникают из-за наличия подземных и поверх.вод:

- происходят деформации горных выработок
- снижается производительность оборудования,
- усложняется производство буровзрывных работ.

Антропогенное загрязнение водохранилищ

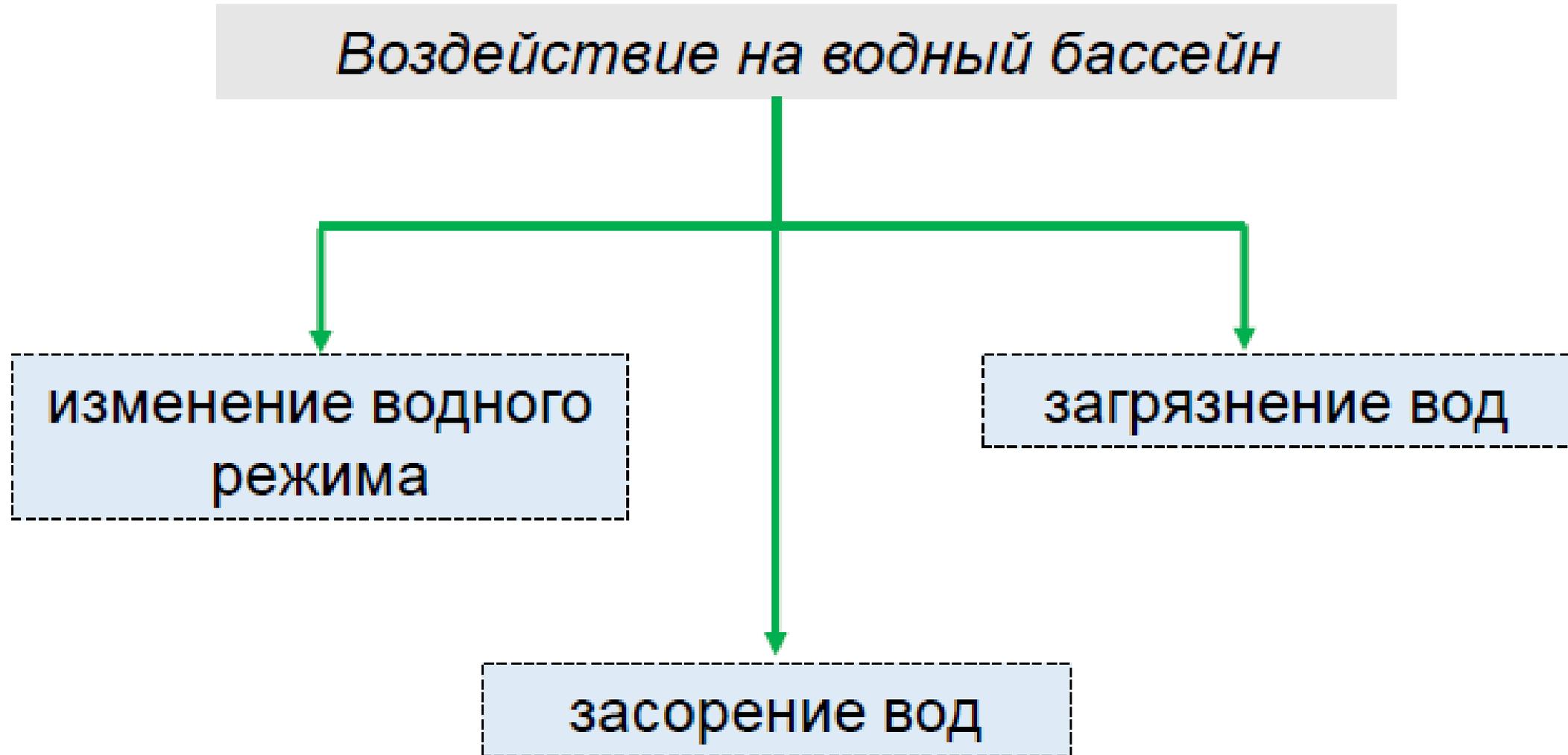


Экологические проблемы подземной гидросферы

связаны с антропогенной деятельностью:

- с загрязнением выпадающими атмосферными осадками;
- с техногенным и микробиологическим загрязнением на урбанизированных и селитебных территориях, агроландшафтах;
- при разведочных работах и добыче нефти и газа, бурого и каменного угля;
- складировании отходов горнодобывающих предприятий;
- закачкой жидких радиоактивных отходов в подземные горизонты и др.

Воздействие горнодобывающей промышленности на водный бассейн



Изменение водного режима

Осушение месторождений



Изменение водного режима

Осушение (в горном деле) – совокупность технических мероприятий, снижающих обводненность месторождений полезных ископаемых и регулирующих режим притоков воды в горные выработки.

Осушение

Отвод поверхностных вод

Снижение уровня подземных вод

Откачка вод из горных выработок за пределы МПИ

Осушение месторождений



Понижение уровня воды

Качество воды

Это характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

Критерий качества воды - признак, по которому производится оценка качества воды по видам водопользования.

Показатели качества воды

- **Органолептические** - определяются с помощью органов чувств человека (запах, вкус, цветность, мутность).
- **Физические** - температура, вязкость, плотность, концентрация, электрическая проводимость и т.д.
- **Химические** - активная реакция (рН), окисляемость, растворимость газов, сухой остаток, жесткость, концентрация химических веществ, а также:
 - химическое потребление кислорода (ХПК), мг/л - количество кислорода, необходимое для химического окисления содержащихся в воде органических веществ;
 - биологическая потребность в кислороде (БПК), мг/л - количество кислорода, необходимое для биологического разложения органики за определенный отрезок времени (1, 2, 5, 20 суток).
- **Бактериологические** показатели:
 - колииндекс - количество кишечных палочек в 1 л воды;
 - колититр - количество миллилитров воды, в которых обнаружена 1 кишечная палочка.

Прямое и косвенное воздействие горного производства на природные воды

К первой группе относятся виды воздействия непосредственно на водные объекты, приводящие к истощению запасов вод, изменению их режимов, состояния и качества: осушение месторождений, отбор вод для технологических процессов обогащения, гидровскрыши, гидродобычи, сброс дренажных и сточных вод в поверхностные водоемы и водотоки, подземные горизонты и пр.

Ко второй группе относятся виды воздействия на другие элементы окружающей среды (землю, воздух, растительность), в результате которых ухудшаются состояние и качество природных вод.

Охрана природных вод осуществляется посредством выполнения комплекса мероприятий:

- 1) организационных,
- 2) экономических и
- 3) инженерно-технических (под постоянным гидрогеологическим, гидрологическим, санитарным контролем состояния и качества вод):
 - технологических,
 - гидротехнических,
 - лесомелиоративных
 - агротехнических и других.

В основу разработки и реализации мероприятий по охране природных вод закладываются три методологических принципа:

- 1) сохранение ресурсов и предотвращение нарушения состояния и качества вод;
- 2) при необходимости нарушения – рациональное использование;
- 3) в процессе и после использования – восстановление качества и состояния, восполнение запасов.

В соответствии с этими принципами комплекс мероприятий по охране природных вод подразделяется на две группы:

Мероприятия предохранительного характера

направленные на сохранение запасов, режимов и качества поверхностных и подземных вод

Мероприятия восстановительного характера

включающие рациональное использование, очистку и возврат вод в поверхностные водоемы и водотоки, подземные горизонты.

Мероприятия предохранительного характера

1. Сброс или перекачка подземных вод из разрабатываемой толщи пород в нижележащие водоносные горизонты
2. Сооружение барражей (водонепроницаемых устройств для полного и частичного ограждения горных выработок)

Барражные устройства (завесы) бывают:

2.1. Инфузионные (заливные, засыпные) – узкие вертикальные выработки (щели или траншеи), пройденные специальными машинами до водоупорной подошвы обводненных пород и заполненные глиной или другим водонепроницаемым веществом.

2.2. Инъекционные (нагнетательные) – основаны на цементации, глинизации и смолизации пород через нагнетательные скважины

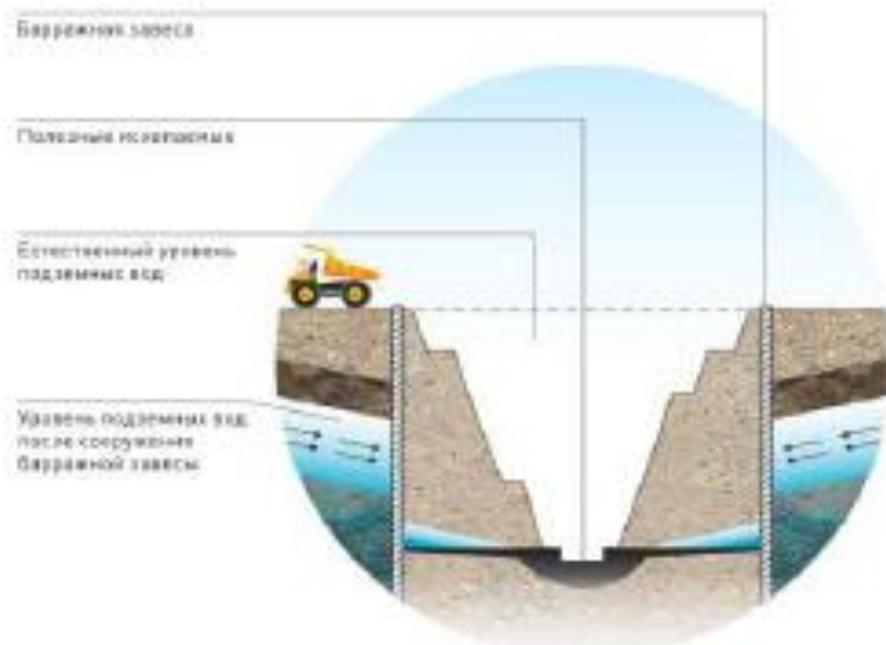
2.3. Криогенные (ледопородные) – искусственное понижение температуры пород и замораживание содержащейся в ней воды

2.4. Шпунтовые – образованные забивкой металлических, бетонных и других свай в песчано-глинистые породы

2.5. Особенно часто применяются барражи типа "стена в грунте" как один из прогрессивных, эффективных и экономичных способов предотвращения притока подземных вод.

Сущность способа заключается в устройстве вертикальных стенок из водонепроницаемых материалов, пересекающих водоносные горизонты и перекрывающих притоки грунтовых и подземных вод в горные выработки.

Схема расположения барражной завесы на карьере в разрезе



Для обеспечения рационального использования воды на предприятиях наиболее перспективными являются следующие направления:

- 1) внедрение безводных (или маловодных) технологических процессов (например, применение аппаратов воздушного охлаждения);
- 2) устранение протечек и потерь воды с брызгами в системе водоснабжения за счет совершенствования технологических процессов и оборудования, а также правильной организации производства;
- 3) использование вторичных материальных и энергетических ресурсов;
- 4) использование воды для очистки отходящих газов только в тех случаях, когда из газов извлекаются ценные вещества;
- 5) внедрение местных систем безвзривания стоков;
- 6) создание замкнутых водооборотных циклов, включающих использование не только очищенных стоков, но и ливневых вод.

Мероприятия восстановительного характера

Комплекс восстановительных мероприятий включает:

1. Очистка дренажных (карьерных, шахтных, рудничных) и сточных вод горных производств.
2. Использование сточных вод для обеспечения деятельности горных предприятий, организация оборотного водоснабжения.
3. Предотвращение или сокращение сброса дренажных и сточных вод в поверхностные водоемы и водотоки, их загрязнения и засорения.
4. Создание и внедрение безводных технологических процессов.
5. Использование средств защиты водных объектов от нерегулируемого стока.
6. Разработка и внедрение автоматизированных систем контроля оборота природных и сточных вод.

Очистка сточных вод горных предприятий

- Цель очистки сточных вод – удаление из них взвешенных веществ и растворимых органических и неорганических соединений до концентраций, которые не превышают ПДК.

Выбор метода очистки зависит от:

- Размера частиц
- Физико-химических свойств
- Концентрации загрязняющих веществ
- Расхода сточных вод
- Необходимой степени очистки

Полный комплекс водоснабжения и водоотведения предприятия

Обработка пресной и технической воды

Обработка сточных вод с получением биогаза



Подача

Обезвоживание осадка

Подготовка технологической воды

Сброс

Методы очистки сточных вод

- 1) Механические
- 2) Химические
- 3) Физико-химические
- 4) Электрохимические
- 5) Биологические
- 6) Термические

Методы обработки сточных вод

Механические

Отстаивание
Очистка в гидроциклонах
Центрифугование
Фильтрация
Микрофильтрация

Химические

Окисление
Восстановление
Нейтрализация
Осаждение
Комплексообразование

Физико-химические

Флокуляция, коагуляция
Флотация, электрофлотация
Монообмен, сорбция
Экстракция
Дистилляция, вымораживание
Электро-, гальванокоагуляция
Мембранный электролиз
Электролиз
Ультра-, нанофильтрация

Физические

Магнитная обработка
Ультразвуковая обработка
Вибрация
Электромагнитная обработка
Ионизирующее облучение

Биохимические

Поля фильтрации
Биологические пруды
Аэротенки
Биофильтры
Окислительные каналы

1) Механическая очистка

- Механическая очистка сточных вод является предварительным этапом, который обязательно предшествует полной очистке стоков. Задача механической очистки - извлечь из воды осевшие или взвешенные нерастворимые твердые частицы, волокна и грубодисперсные примеси. Они способны: повредить фильтры, не рассчитанные на такой тип загрязнения, негативно повлиять на другое бытовое оборудование.
- Механическая очистка стоков очень важна при повторном использовании технической воды на производстве. Кроме защиты оборудования от попадания твердых частиц при использовании оборотной воды, механическая очистка способна извлечь из промышленных стоков ценные химические соединения для повторного использования в производственном цикле.
- Повторное использование технической воды не только способно вернуть в производственный цикл некоторое количество ценного сырья, но и максимально защищает экологию от сбросов ядовитых стоков, а также сохраняет запасы чистой природной воды.
- В России процент использования оборотной воды очень высок и в среднем составляет около 65%. На предприятиях химической, газовой, нефтеперерабатывающей промышленности и в черной металлургии процент повторного использования очищенной технической воды достигает до 95%.
- Частицы загрязнения могут иметь разные размеры, плотность и массу. Соответственно, для повышения эффективности при различных видах загрязнения механические методы очистки сточных вод используют различные физические принципы и инженерные решения. От того, насколько эффективной будет схема механической очистки сточных вод, часто зависит общее техническое решение по очистке стоков.

1) Механическая очистка

Используется для удаления из сточных вод нерастворимых взвешенных частиц, путём:

- Процеживание – осуществляется с применением сит и решеток, которые отлавливают крупные загрязняющие элементы и взвешенные частицы
- Отстаивание – метод, используемый для выделения взвешенных частиц с различной плотностью
- Фильтрование (осветление) – данная методика нужна для удаления из стоков мелких включений различного происхождения
- Центрифугирование - разделение твердых и жидких фаз в поле центробежных сил в центрифугах и гидроциклонах

В результате механической очистки удаляется до 60-70 % минеральных загрязнений, а БПК₅ снижается на 30 %. Кроме того, механическая стадия очистки важна для создания равномерного движения сточных вод (усреднения) и позволяет избежать колебаний объёма стоков на биологическом этапе.

Правильно выбранный метод первичной, механической очистки сточных вод позволяет эффективно освободить стоки от большинства нерастворимых загрязнений. Это не только поможет значительно снизить расходы на дальнейшую полную очистку стоков, но и защитит тонкие фильтры и другое оборудование от твердых нерастворимых частиц.

Процеживание. Для задержания крупных загрязнений органического и минерального происхождения применяются **решётки** и для более полного выделения грубодисперсных примесей — **сита**. Максимальная ширина прозоров решётки составляет 16 мм. Отбросы с решёток либо дробят и направляют для совместной переработки с осадками очистных сооружений, либо вывозят в места обработки твёрдых бытовых и промышленных отходов.

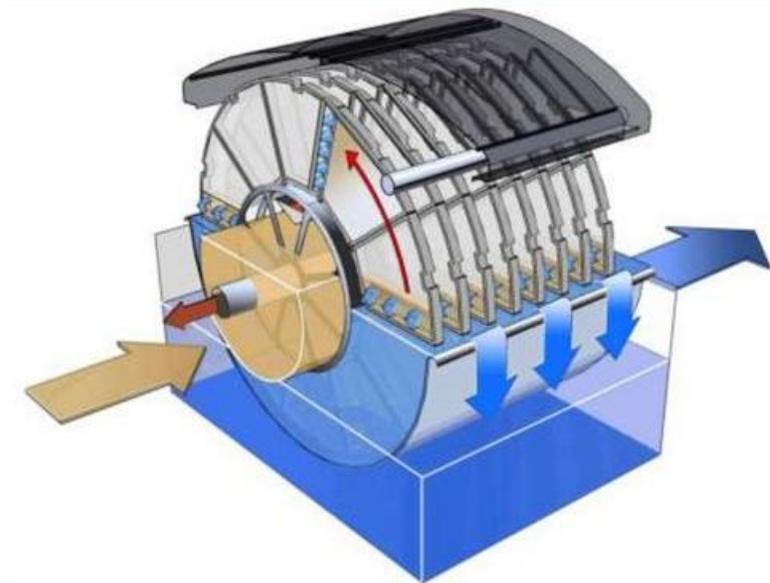
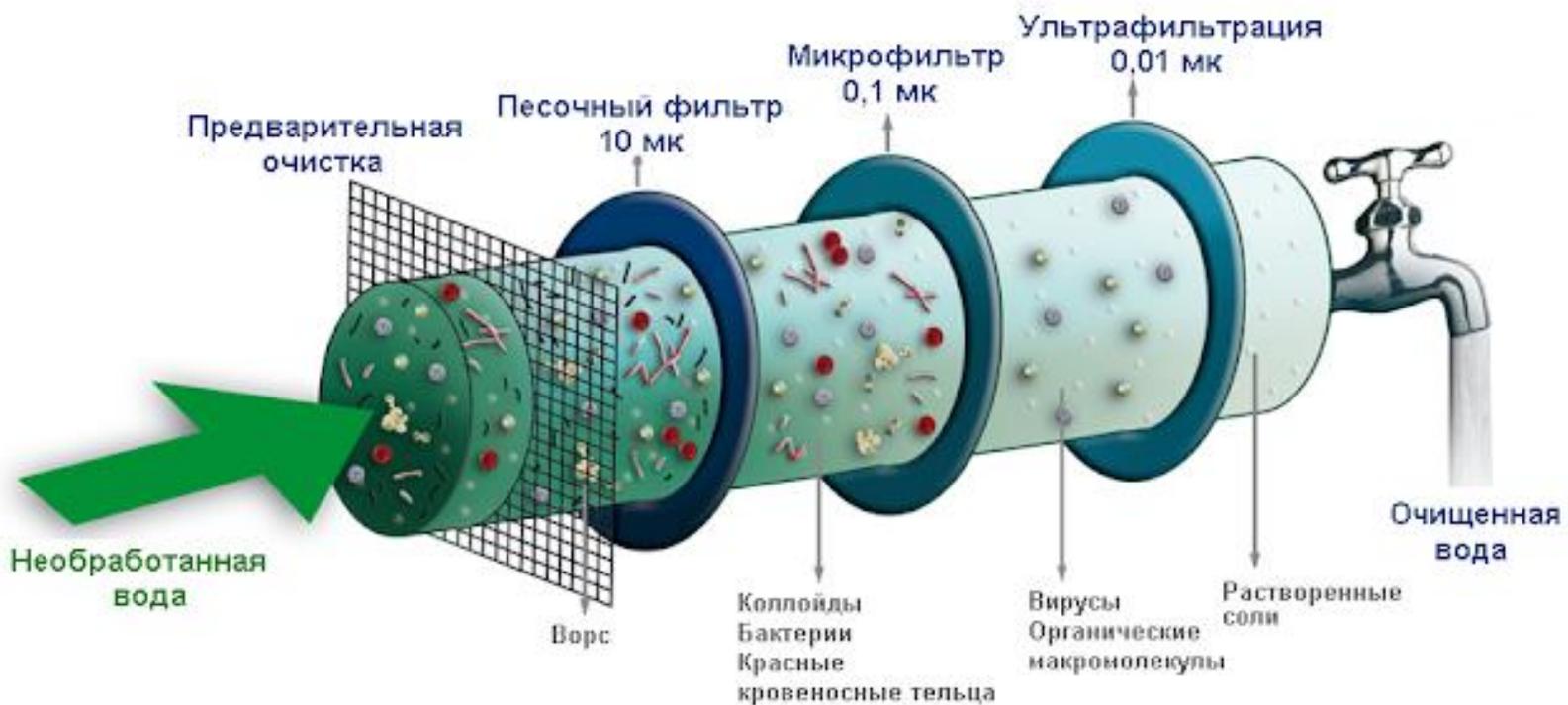
Вода проходит сквозь **решетки** и сетки с ячейками определенного размера. В основном используются металлические решетки и сетки, способные задержать любые, даже крупные механические или биологические фрагменты и частицы. Прочные решетки и сетки позволяют использовать высоконапорную очистку, когда стоки подаются под давлением - это во много раз повышает производительность очистных установок.

Отстаивание. Затем стоки проходят через **песколовки**, где происходит осаждение мелких частиц (песок, шлак, битого стекла т. п.) под действием силы тяжести, и **жироловки**, в которых происходит удаление с поверхности воды гидрофобных веществ путём **флотации**. Песок из песколовки обычно складировается или используется в дорожных работах.

В последнее время **мембранная технология** становится перспективным способом при очистке сточных вод. Эта технология применяется в комплексе с традиционными способами, для более глубокой очистки стоков и возврата их в производственный цикл.

- Очищенные таким образом сточные воды переходят на первичные **отстойники** для выделения взвешенных веществ. Снижение биологического потребления кислорода (**БПК**) составляет 20-40 %.

Процеживание



• Схема барабанного сита



• Решетки

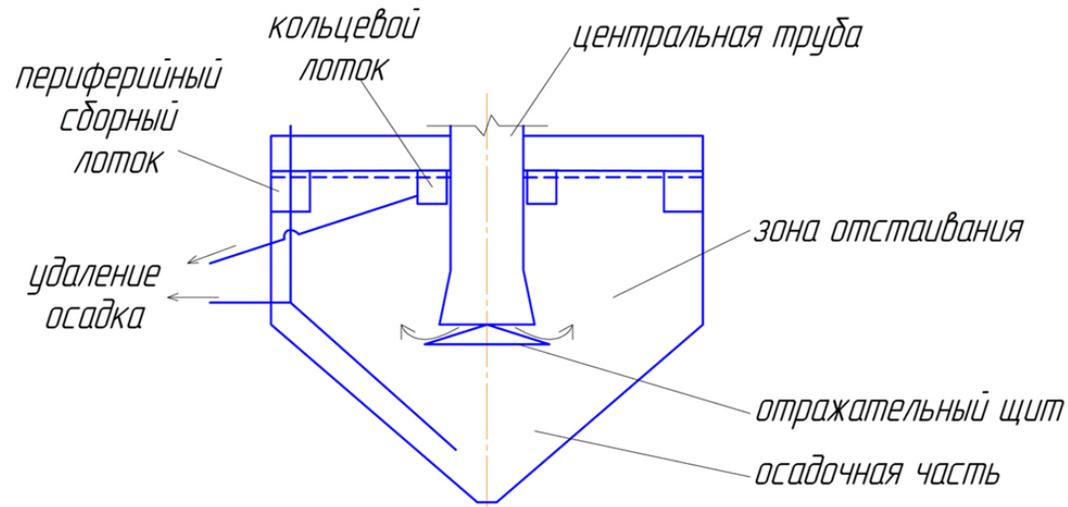
Отстаивание предназначено для очистки сточных вод от крупнодисперсных примесей (песка и взвесей) и может быть организовано двумя способами: под действием силы тяжести (отстойники) или центробежной силы. Подобные установки водоочистки способны удалять из стоков песок с размером частиц не менее 0,15–0,20 мм. Часто для очистки сточных вод прибегают к организации многокаскадных отстойников, когда частично осветленная на первых стадиях отстаивания вода по напорным коллекторам подается на следующие стадии очистки.



• Колодцы отстойников



• Система отстаивания



• Вертикальный отстойник



• Песколовки

Фильтрование является наиболее распространенным методом очистки сточных вод от грубодисперсных примесей стоков через слой пористого материала или сетки с подходящим размером отверстий. Очистка стоков фильтрованием особенно актуальна в технологических процессах, использующих оборотную воду.

Напорное или безнапорное пропускание воды сквозь пористый материал, засыпной наполнитель. Засыпной наполнитель выбирается в зависимости от вида загрязнения. Материалом для наполнителя могут быть: уголь, песок, гравий, частицы металла, стекла или пластика, а также другие пористые или измельченные вещества. Кроме крупных твердых частиц некоторые наполнители для фильтров способны извлекать из стоков более мелкие загрязнения, частично выполнять работу фильтров тонкой очистки.

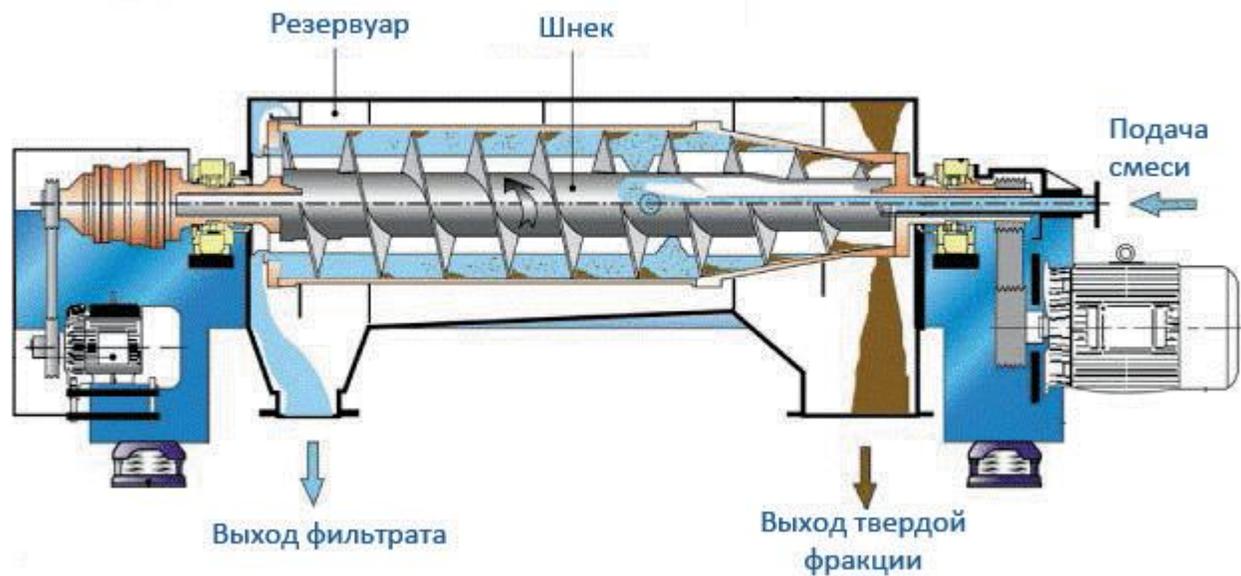
- Другим вариантом метода фильтрования является использования монолитного сменного картриджа вместо засыпки.

Дисковые фильтры. Цилиндрический "пакет" из полимерных дисков со специально обработанной поверхностью образует объемную структуру, попадая в которую, вода эффективно очищается от механических примесей. Высокая производительность, простота конструкции и надежность дисковых фильтров нашла им применение в разных областях. Дисковый фильтр легко промывается от скопившихся загрязнений и для своей работы не требует расходных материалов.



Центрифугирование (гидроциклоны)

- Используется физическое явление разделения разных фракций твердых частиц в потоке вращающейся жидкости. Эффективный, высокоскоростной процесс, легко автоматизируется. Несколько параллельно работающих центрифуг имеют огромную пропускную способность. Величина скорости сепарирования частицы в центробежном поле гидроциклона может превышать скорость осаждения эквивалентных частиц в поле гравитации в сотни раз.



•Центрифуга

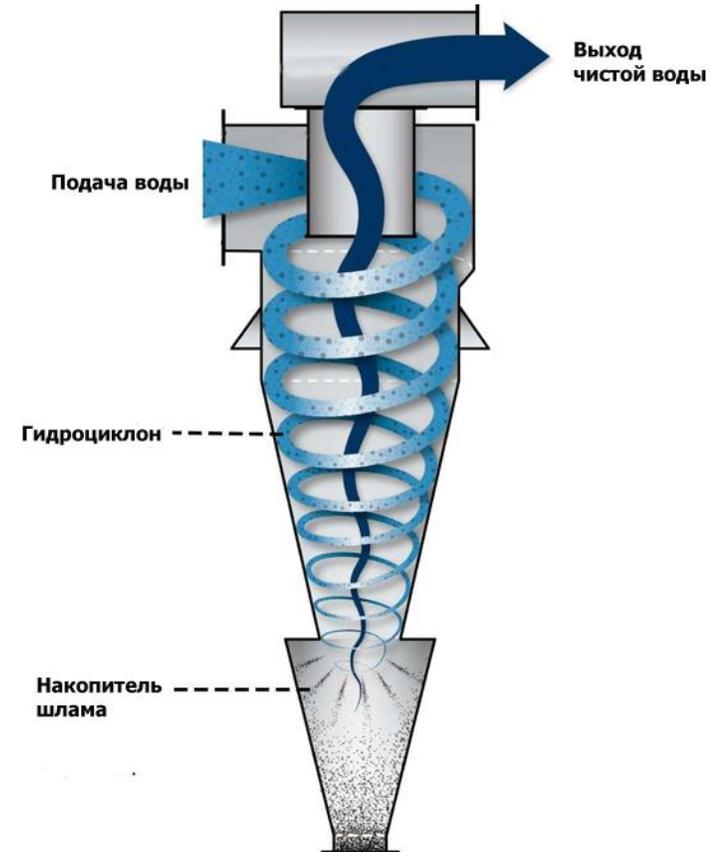
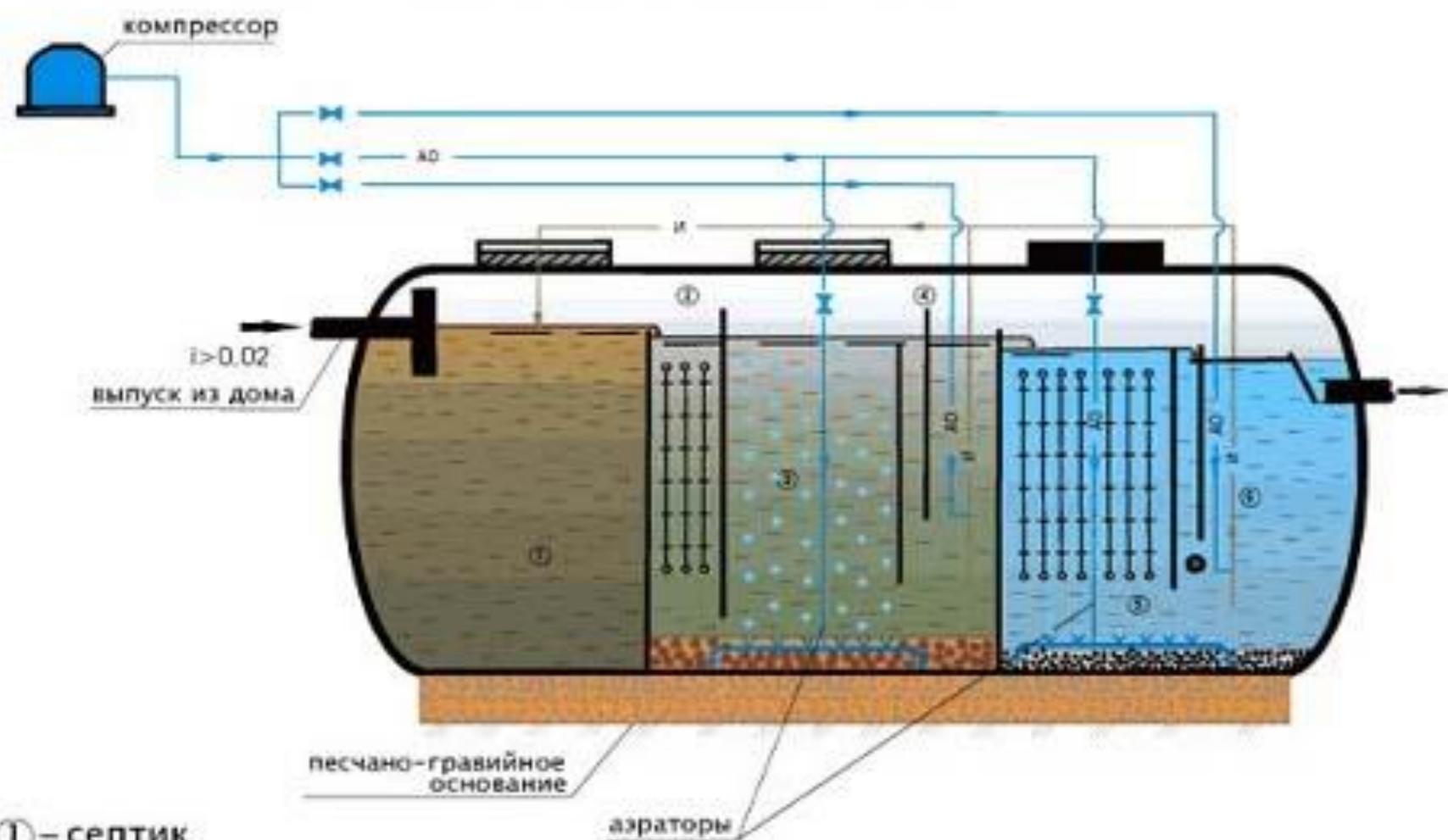


Схема устройства трёхуровневой очистительной установки



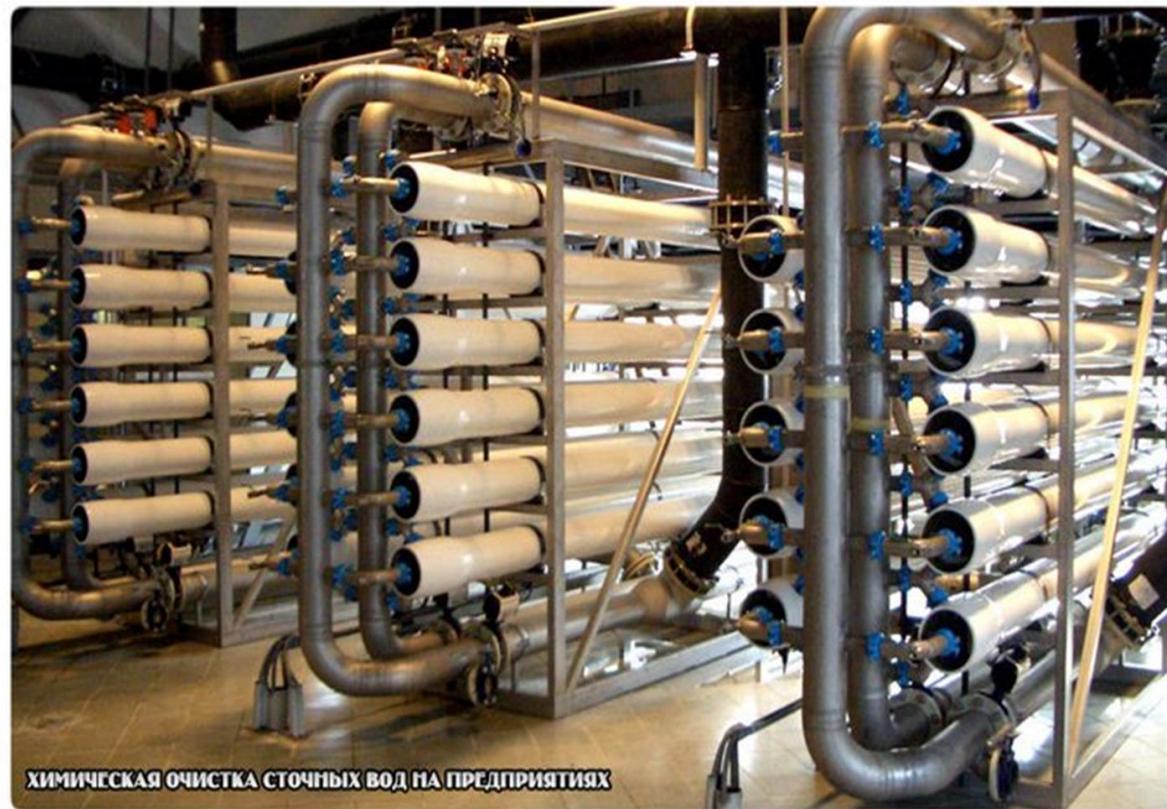
- ① – септик
- ② – биореактор
- ③ – аэротенк 1 ступени
- ④ – вторичный отстойник
- ⑤ – аэротенк 2 ступени
- ⑥ – третичный отстойник

2) Химическая очистка

Химические методы очистки сточных вод подразумевают добавление специальных реагентов в емкость с отходами.

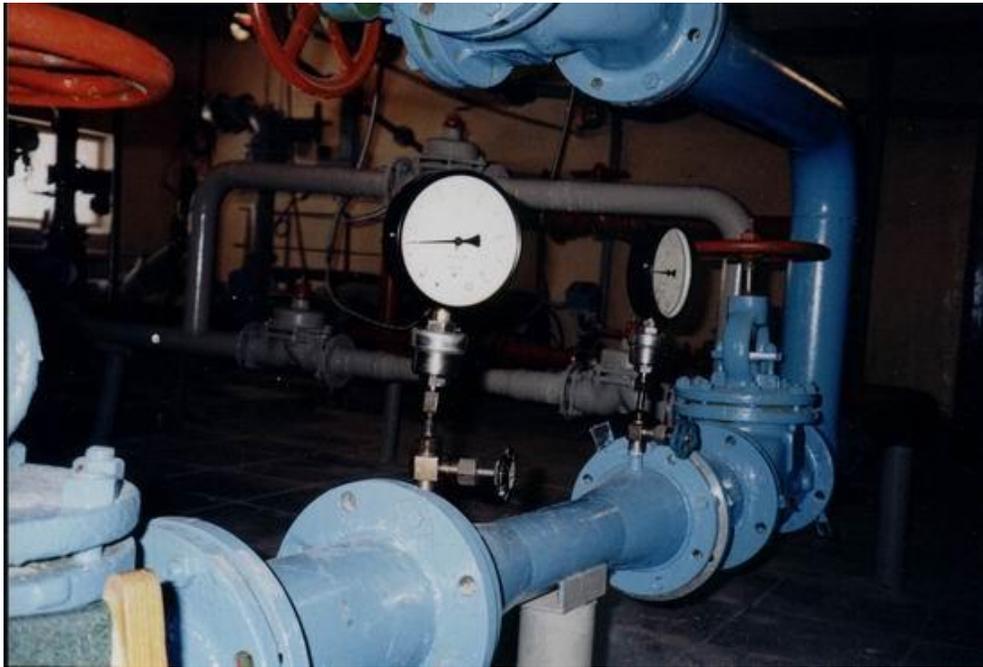
Под воздействием активных веществ органические и минеральные соединения преобразовываются в труднорастворимый осадок, который отделяется от воды.

- Нейтрализация
- Осаждение
- Окисление
- Электрохимическая обработка



ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

2) Химическая очистка



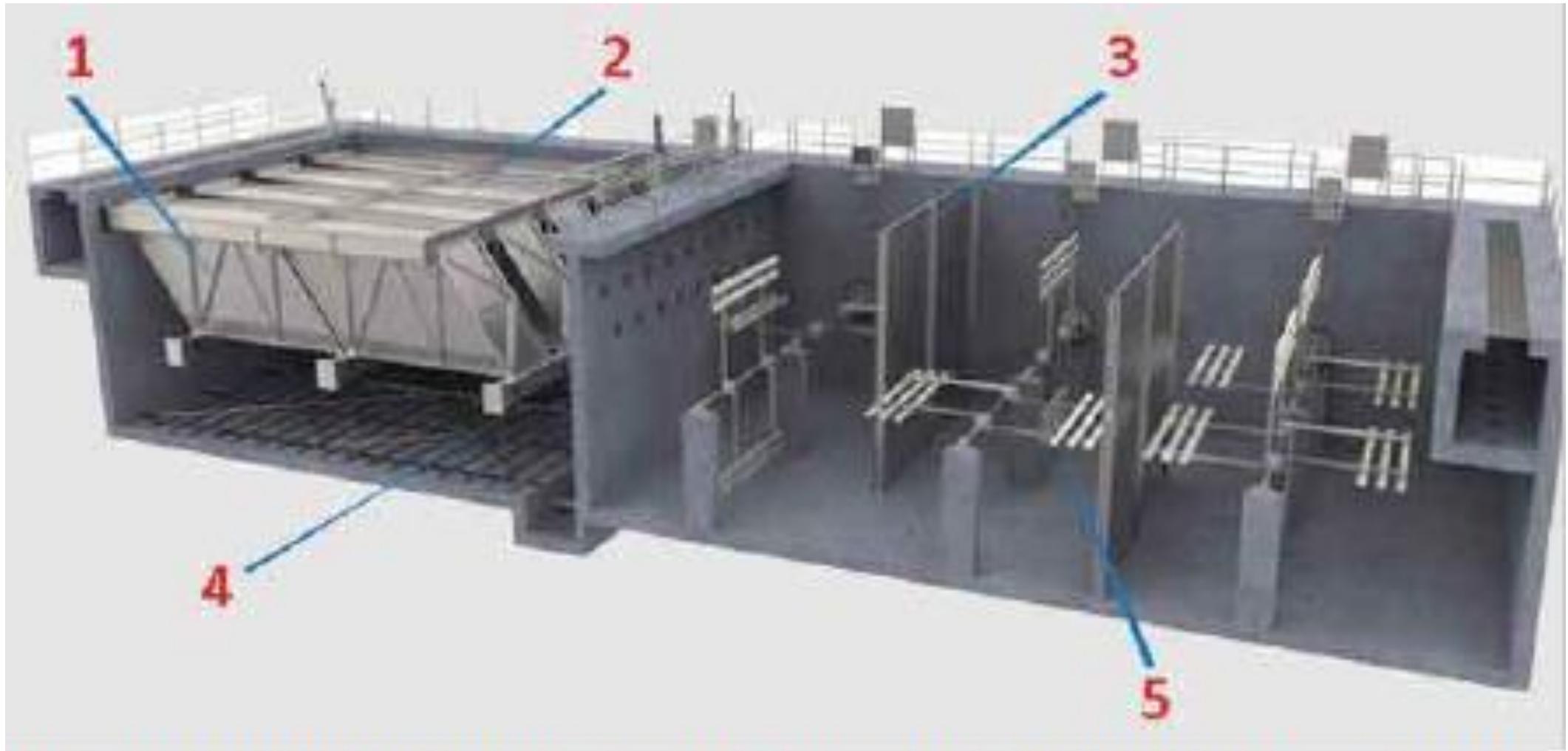
• Реактор для нейтрализации сточных вод



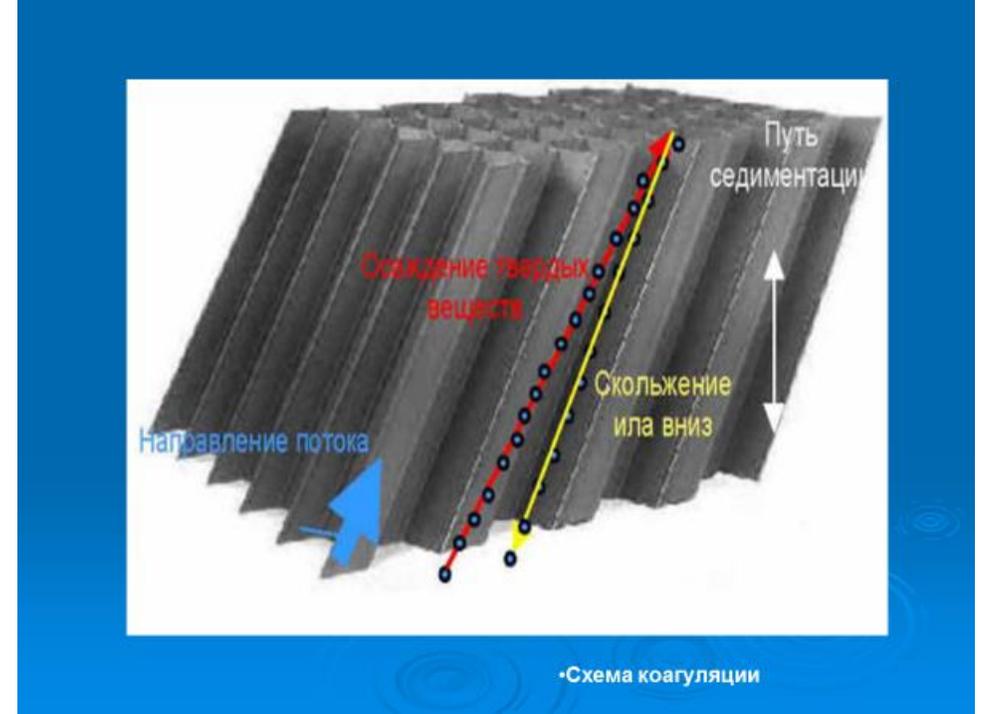
• Станция нейтрализации сточных вод

- **Нейтрализация** – процесс, основанный на реакции между кислотой и основанием. Как правило, нейтрализации подлежат кислые стоки. В качестве нейтрализующих агентов в данном случае применяют соду, аммиак, известь, мраморную крошку, щелочную золу, шлаки и другие щелочные реагенты

3) Физико-химическая очистка

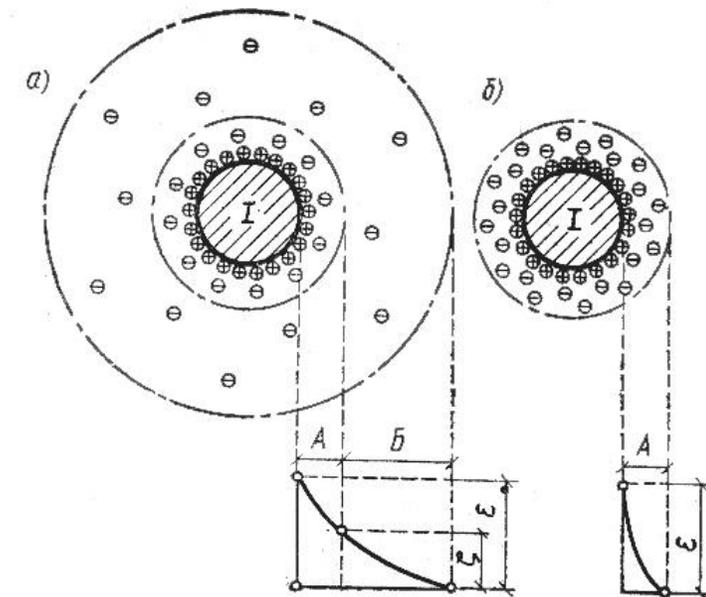


Установка промышленного назначения: **1** — пластинчатый отстойник; **2** — сквозная система; **3** — дефлекторная система; **4** — модуль удаления осадка; **5** — горизонтальный лопастной колесный флокулятор



•Схема коагуляции

- **Коагуляция и флокуляция** - взаимодействие загрязняющих стоки веществ (коллоидных и мелкодисперсных частиц) либо с минеральными соединениями (коагуляция), либо с высокомолекулярными веществами (флокуляция). В качестве коагулянтов используются в основном соли алюминия (III) и железа (III), которые в результате гидролиза переходят в малорастворимые формы в виде гидроксидов этих металлов

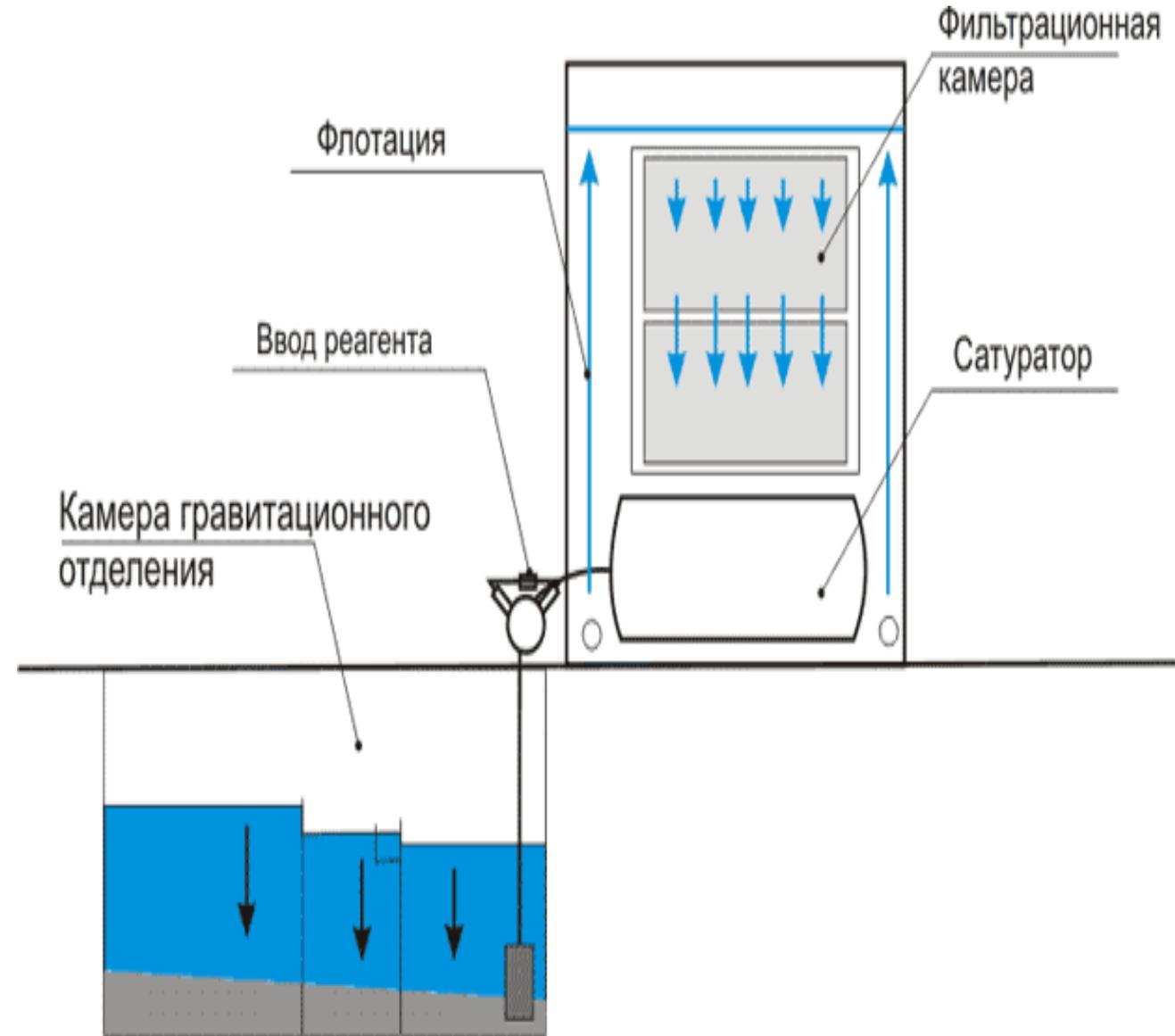


Флотация

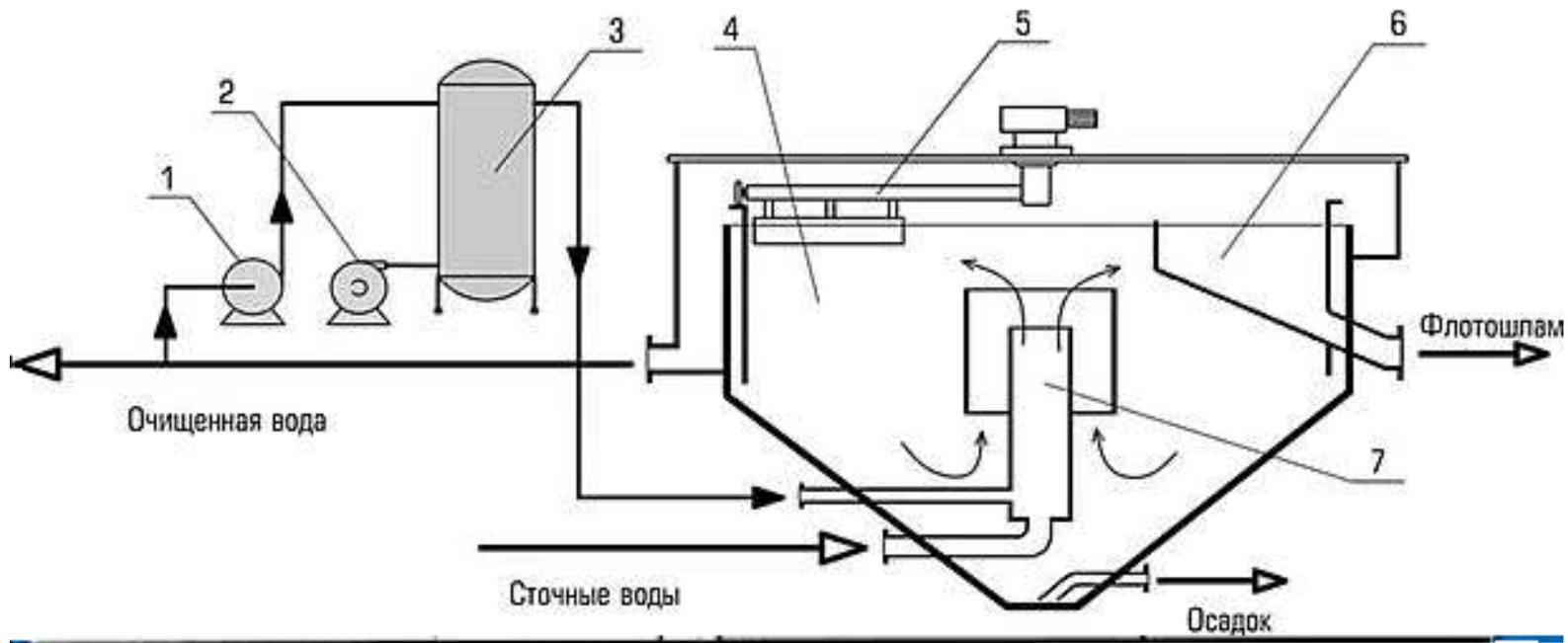
Метод широко используется на предприятиях нефтеперерабатывающей, металлообрабатывающей, химической и пищевой промышленности.

Суть метода: пузырьки газа, проходя сквозь жидкую массу стоков, подхватывают и выносят на поверхность частицы загрязнений. Скопившуюся на поверхности пену с высоким содержанием загрязнений удаляют. Эффективность механической очистки стоков методом флотации очень высока и может достигать до 90-95%.

- Газ подается в стоки методом аэрации, либо с помощью электролиза (электрофлотация). Для увеличения эффективности флотации используют коагулянты - специальные вещества (осаждающие реагенты), которые ускоряют выпадение загрязнения в осадок.



•Флотационная очистка сточных вод



1 — циркуляционный насос; 2 — компрессор; 3 — напорный бак; 4 — камера флотации; 5 — скребковый механизм; 6 — сборник флотошлама; 7 — система распределения воды и водовоздушной смеси

•Флотационная очистка сточных вод



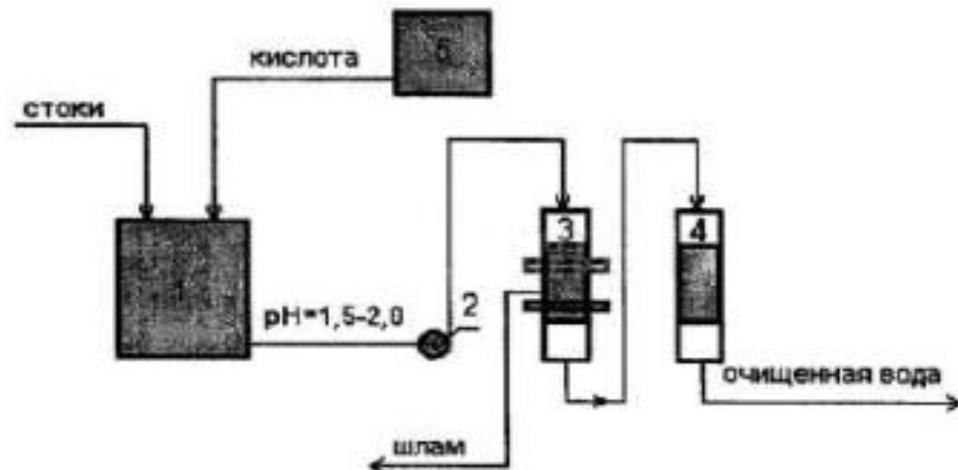
•Флотационное оборудование очистки промышленных сточных вод

2.3. Адсорбция. Это прилипание частиц, находящихся в очищаемой среде, к твердым веществам – сорбентам.

2.4. Экстракция. Процесс включает в себя 3 стадии:

- интенсивное смешение сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем),
- разделение чистой воды и загрязнений,
- регенерация загрязнений.

2.5. Магнитная обработка и др.



Адсорбционный метод

Адсорбционный метод является одним из эффективных методов извлечения цветных металлов из сточных вод гальванопроизводства. В качестве сорбентов используются активированные угли, синтетические сорбенты, отходы производства (зола, шлаки, опилки и др.)



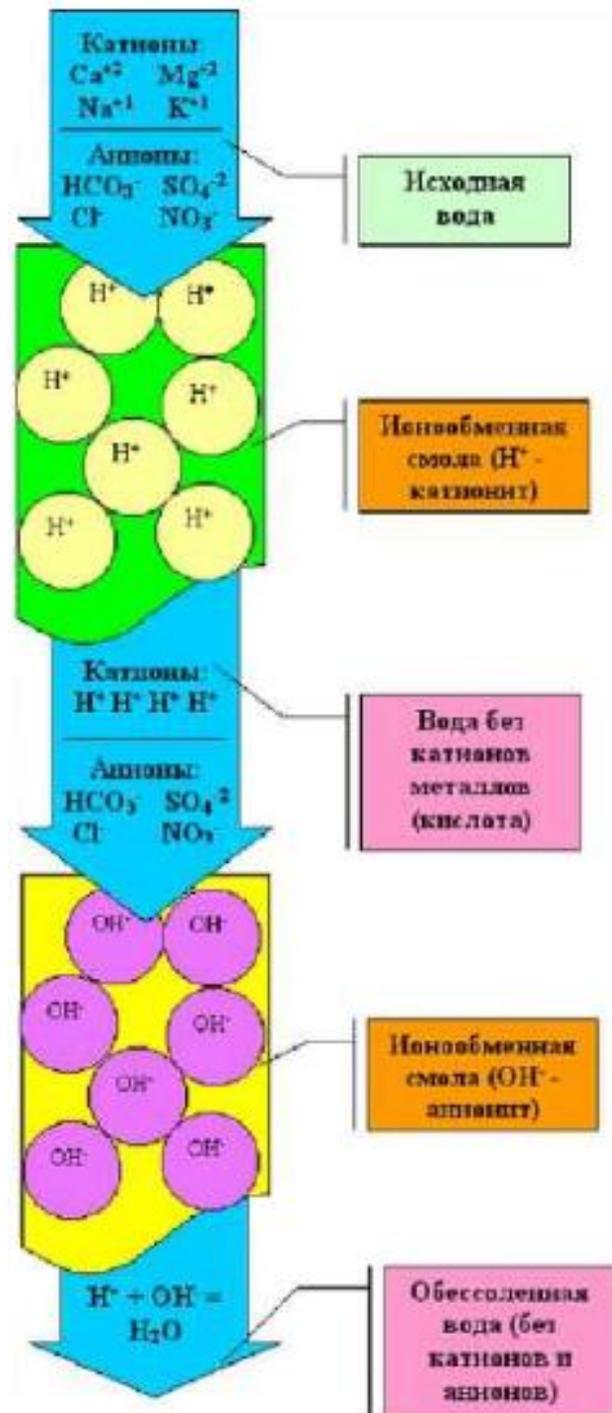
- **Ионообменный метод** - фильтрация очищаемых стоков через ионообменные смолы (иониты). Среди ионитов различают сильно- и слабокислотные катиониты и сильно- и слабоосновные аниониты, а также аниониты, содержащие специфические комплексообразующие группы. Проходя через ионит, загрязняющие стоки вещества, включающее катионную группу, вступает в реакцию обмена с катионитом и оседает на нем. И наоборот, загрязняющие сточные воды вещества, в составе которых есть специфические анионные группы, связывается с анионитами. Преимущество - позволяет целенаправленно выделить определенные вещества из стоков и провести регенерацию ионообменных смол.



•Ионообменные смолы для систем водоподготовки и очистки сточных вод



•Ионообменный фильтр для очистки сточных вод от ионов хрома



Ионный обмен



4) Электрохимическая очистка

Заключается в электрохимическом воздействии на водные растворы. Такими методами извлекаются цианиды, роданиды, амины, спирты, сульфиды, меркаптаны. Здесь используются:

4.1. Электролиз (пригоден для удаления неорганических загрязнений)

4.2. Электро-химическое окисление (пригодно для выделения металлов из сточных вод)

4.3. Электродиализ (применяется для опреснения сточных вод)



5) Биохимическая (биологическая) очистка

- Биологическая очистка сточных вод может осуществляться как в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды), так и в специальных сооружениях (аэротенки, окситенки, биофильтры и др.).
- Обработанная в аэротенке вода и активный ил, состоящий в основном из микробной биомассы, разделяются в отстойнике (вторичный отстойник), из которого вода направляется для сброса в принимающий водоем или на **доочистку** (удаление азота и фосфора). Обычно на крупных станциях очистки сточных вод применяется система из двух последовательных аэротенков с отстойниками

Биологический метод очистки основан на использовании механизмов самоочищения рек и водоемов.

5) Биохимическая (биологическая) очистка



- **Поля фильтрации** - представляют собой специализированные земельные участки, выделенные для сброса на них загрязненных сточных вод и населенные почвенными аэробными МО. Попадая в почву, вредные органические вещества подвергаются окислительному действию МО, в результате чего образуется CO_2 и H_2O (здесь же могут проходить и процессы нитрификации). При этом, параллельно с окислением органического вещества, происходит синтез биомассы микроорганизмов.
- Возможности почвы к самоочищению не беспредельны. По этой причине сточные воды для данного метода необходимо разбавлять трех- и пятикратными объемами технической и хозяйственно-питьевой воды для отделения содержащихся в ней взвешенных веществ.

- **Аэробное окисление в биологических прудах** - процесс минерализации органических веществ под действием МО, обитающих в воде. Строительство биологических прудов целесообразно как для доочистки сточных вод, так и для очистки воды рек, впадающих в водохранилища.

- В **аэротенках и биофильтрах** разложение микроорганизмами проходит в искусственных сооружениях. Здесь удается подобрать и поддерживать в течение длительных промежутков времени оптимальные условия для жизнедеятельности МО, активизируя процесс минерализации. Очистка на биофильтрах имитирует почвенные условия, а очистка в аэротенках – условия водоемов. Аэротенки представляют собой достаточно глубокие (от 3 до 6 м) резервуары, снабженные устройствами для аэрации. Здесь обитают колонии МО (на хлопьевидных структурах активного ила), расщепляющие органические вещества.



- Аэробный метод очистки с использованием аэротенков

Анаэробная очистка. Такой процесс очистки ведется при помощи бактерий, которым для жизнедеятельности не требуется кислород. Его принято называть брожением.

Анаэробные процессы необходимы для перевода трудно окисляемых веществ до легко усваиваемых на следующей аэробной зоне. Часть органики подвергается деструкции, а остальная используется на прирост биомассы. Часто такие аппараты проектируются в две ступени. На первой - в цилиндрическую емкость организуется рецикл иловой смеси, для наращивания концентрации биоценоза. Перемешивание организуется мешалками или насосным оборудованием. Вторая оборудована конусным днищем, где происходит накопление осадка. На этой ступени наблюдается доокисление органических веществ, а также осаждение и уплотнение скопления микроорганизмов.

Очистку проводят в метантенках – закрытый резервуар с трубой для отвода биогаза, образующегося в результате брожения. Степень очистки составляет 85%.



Анаэробная очистка в метантенках

Характеристика анаэробов и анаэробных процессов:

«+»

- анаэробы обладают высокой устойчивостью к токсикантам
- разлагают сложные ксенобиотики, хлорорганические соединения, алифатические гидрокарбонаты, лигнин, фенол, серосодержащие соединения и пр.
- при шоковом токсическом воздействии восстановление анаэробного ила занимает от нескольких часов до нескольких суток
- при анаэробном процессе биоценоз выдерживает прекращение подачи питания в течение месяца и удовлетворительно функционируют в условиях неравномерного притока сточных вод
- анаэробный процесс устойчив к высокому содержанию органики
- анаэробный способ извлечения энергии характеризуется тем, что свободный кислород в нем не принимает участия, а органические субстраты окисляются только за счет отщепления водорода. Освободившийся водород либо присоединяется к продуктам распада того же самого органического вещества, либо выделяется в газообразном состоянии

«-»

- применение анаэробного процесса для очистки сточных вод самостоятельно (без сочетания с аэробной стадией) недостаточно эффективно, т.к. степень очистки по БПК₅ невысокая (60-75 %)
- в самостоятельном анаэробном процессе не удаляется азот- и фосфоросодержащая органика

Характеристика аэробов и аэробных процессов :

«+»

- в аэробном процессе удаляется органический азот и обеспечивается нитрификация, а для удаления фосфора необходимо сочетание анаэробной и аэробной стадии очистки сточных вод
- высокие скорости протекания процессов

«-»

- при шоковом токсическом воздействии восстановление анаэробного ила происходит за недели и месяцы
- при аэробном процессе биоценоз плохо выдерживает прекращение подачи питания, аэробы чувствительны к голоданию и неравномерному притоку сточных вод
- присутствие восстановителей в больших концентрациях подавляет аэробный процесс
- аэробный процесс всегда лимитирован количеством кислорода. Кислородный дефицит не позволяет обеспечить удовлетворительное окисление трудноокисляемых ксенобиотиков и высококонцентрированных по органическим и биогенным веществам сточных вод

6) Термическая очистка

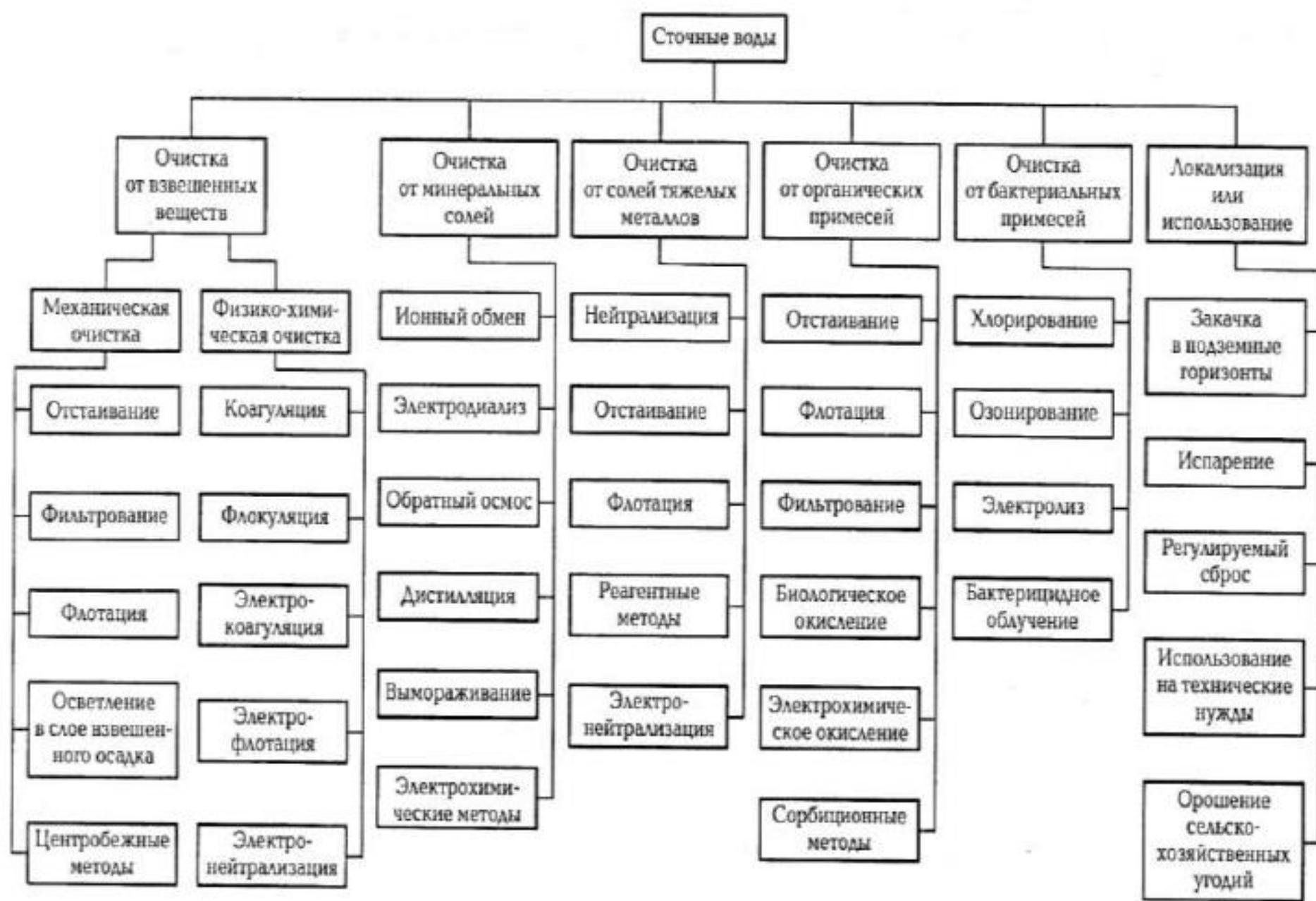
используется для высокоминерализованных сточных вод, а также при наличии органических токсичных веществ.

6.1. С помощью высоких температур – дистилляция (выпаривание)

6.2. С помощью низких температур – кристаллизация (вымораживание)



1. концентрированием сточных вод с последующим выделением растворенных веществ;
2. окислением органических веществ в присутствии катализатора;
3. жидкофазным окислением органических веществ;
4. огневым обезвреживанием.



Типизация способов очистки промышленных стоков

Список использованных источников

- 1) <https://portal.tpu.ru/www>
- 2) Чмыхалова С.В. Горнопромышленная экология : учеб. пособие / С.В. Чмыхалова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2016. – 111 с.
- 3. Игнатова А.Ю. Горнопромышленная экология: курс лекций [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» / А. Ю. Игнатова. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2015.
- <https://www.avtonomno.ru/articles/mekhanicheskaya-ochistka-stochnykh-vod/>
- <https://www.msulab.ru/knowledge/water/sovremennye-metody-ochistki-stochnykh-vod/>