Гидросфера

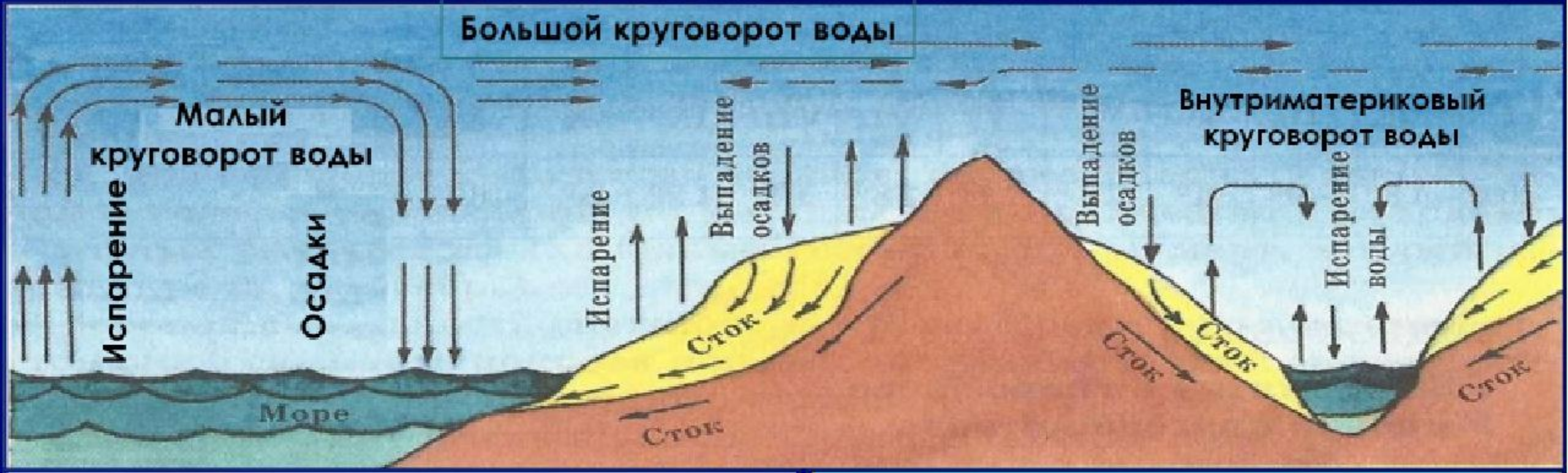
В гидросфере Земли происходит круговорот воды. Перемещение воды происходит во всех направлениях. Площадь водной поверхности 360,8 · 106 км2, средняя глубина мирового океана 3,8 км.

Различают

малый круговорот

большой круговорот

внутриматериковый круговорот


Большой круговорот воды
Малый круговорот воды
Испарение
Осадки
Испарение
Выпадение осадков
Сток
Сток
Выпадение осадков
Внутриматериковый круговорот воды
Испарение воды
Сток
Сток
Сток
Море

Испарение
14 %
86%

Транспирация

Ежегодно в круговороте на поверхности Земли участвует более 1 млн км3 воды, что составляет около 0,1 % объема вод активного водообмена. С поверхности морей и океана ежегодно испаряется примерно 510, а с поверхности суши – 70 тыс. км3 воды. В океан возвращается в виде осадков 90% испарившейся с его поверхности влаги и 1% попадает в океан в виде речных, подземных и ледниковых вод.

На сушу в виде атмосферных осадков попадает около 120 тыс. км3 воды, из которых 58% идет на испарение, а 42% стекает обратно в моря и океаны.

Распределение водных масс в гидросфере (по М.И. Львовичу, 1986)

Форма нахождения	Объём, 10^3 км^3	Процент
Мировой океан	1370000	94,0
Подземные воды,	60000	4,0
в том числе активного водообмена	4000	0,3
Ледники	24000	1,7
Озёра	280	~0,02
Почвенная влага	80	~0,01
Пары атмосферы	14	~0,001
Речные воды	1,2	~0,0001
Всего	1454000	100,00

Химический состав вод разнообразен.
Растворённые вещества определяют солёность – массу растворённого вещества, в граммах, в 1000 г морской воды.

Солёность вод океана определяется несколькими химическими элементами – ионами. Это катионы, анионы. На остальные элементы приходится 4,2 %. Солёность S воды в океане изменяется в пределах 34 – 36 %.

Важное звено в круговороте воды – **ледники**. Они формируются в полярных и высокогорных районах и характеризуются малой минерализацией.

Континентальные воды – реки, озёра, болота – образуются в соответствии с климатом данной местности и по составу растворённых солей также разнообразны. При этом соотношения концентрации ионов достаточно постоянны и обратны морской воде:

в морской воде:	$Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$, $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$,
в материковых водах:	$Mg^{2+} < Na^+ < Ca^{2+}$, $Cl^- < SO_4^{2-} < HCO_3^-$.

Подземные воды различно минерализованы, отличаются отсутствием кислорода. Их верхние слои – грунтовые воды – участвуют в круговороте воды. К подземным водам относятся и термальные воды – гейзеры. Поскольку воды Земли минерализованы и постоянно мигрируют, гидросфера участвует в круговороте веществ (микроэлементов) в биосфере.

В настоящее время все источники загрязнения гидросферы принято делить на четыре большие группы

1. **Атмосферные воды**

Во-первых, они приносят в гидросферу массу загрязнителей промышленного происхождения. Так, атмосферные воды вымывают из воздуха оксиды серы и азота, образуя кислотные дожди. При стекании по склонам атмосферные и талые воды увлекают с собой массы веществ с городских улиц, промышленных предприятий: мусор, нефтепродукты, кислоты, фенолы и др.

2. **Городские сточные воды**, включающие преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, моющие средства (детергенты), микроорганизмы, в том числе патогенные.

3. **Промышленные сточные воды**, образующиеся в самых разнообразных отраслях промышленности, среди которых наиболее активно потребляют (и загрязняют) воду: чёрная металлургия, химическая, лесохимическая

Внутри предприятий сточные воды подразделяются на:

- сильно загрязнённые стоки
- слабо загрязнённые воды
- условно чистые воды (охлаждающие воды)
- специфические чрезвычайно концентрированные стоки (например, кубовые остатки и маточные растворы)
- бытовые и хозяйственно-фекальные стоки, направляемые на биологическую очистку

4. Сельскохозяйственные стоки, содержащие смытые в процессе эрозии частицы почвы, биогены, входящие в состав удобрений, пестициды (химические средства для защиты сельскохозяйственных растений и животных соответственно от сорняков, паразитов, насекомых), помёт сельскохозяйственных животных и ассоциированные с ним бактерии и др.

В настоящее время нет единой классификации сточных вод, узаконенной правилами или нормами. Ряд классификаций сточных вод и их примесей приводятся в работах по очистке сточных вод.

В качестве критериев используется и характер воздействия примесей на водоёмы. Так, широко распространена классификация сточных вод, в основе которой лежит **различие характера примесей с точки зрения их физико-химического состава**. Согласно этой классификации примеси в сточных водах делятся на две группы.

Примеси, образующие с водой стоков гетерогенные системы

Сюда входят нерастворимые в воде примеси с величиной частиц 100 нм и более (грубодисперсные примеси, ГДП). Грубодисперсные частицы распределяются в воде механически и практически не способны к диффузии. В зависимости от разницы плотности вещества частицы и воды, $\Delta\rho$, частицы могут быть:

- тонущими, $\Delta\rho > 0$
- взвешенными, $\Delta\rho = 0$
- всплывающими, $\Delta\rho < 0$

Такая гетерогенная система образует **эмульсию**, если грубодисперсная примесь – **жидкость**, или суспензию, если примесь – **твёрдое тело**. В области нижней границы дисперсного спектра (ближе к 100 нм) грубодисперсные примеси выделяются из воды с большим трудом и могут пребывать в ней значительное время, вызывая мутность воды. К этим примесям относится широко распространённый термин: **взвешенные вещества**.

В первую группу входят также **коллоидно-дисперсные примеси** с величиной коллоидных частиц от 1 до 100 нм. Эти частицы участвуют в броуновском движении (способны к диффузии).

Коллоидные примеси обладают большой **седиментационной** устойчивостью (равномерным распределением по объёму воды), а также **агрегативной** устойчивостью (неизменностью дисперсного состава в течение длительного времени). Последнему способствует то обстоятельство, что коллоидные частицы имеют одинаковые (отрицательные) электрические заряды, и электрическое поле зарядов частиц затрудняет их коагуляцию (укрупнение) и седиментацию (оседание).

II

Истинно растворенные примеси

представляющие собой отдельные ионы, молекулы или комплексы, состоящие из нескольких молекул. Частицы таких примесей имеют размеры менее 1 нм. Они не имеют поверхности раздела, поэтому вместе с водой они составляют гомогенную систему.

По химическому характеру примеси разделяются на

- газовые
- минеральные
- органические

Классификация сточных вод по их действию на водоёмы

Груп-па	Характер примесей	Характер действия примесей на водоёмы и водные организмы	Источник сточных вод
1	Неорганические со специфическими токсическими свойствами	Изменение органолептических и физико-химических свойств воды; отравление водных организмов, жаберные заболевания рыб и т.д.	Производства химической промышленности, электрохимические производства, тепловые электрические станции и др.
2	Неорганические без специфических токсических свойств	Содержат взвешенные вещества	Производство керамической, силикатной промышленности, углеобогатительные фабрики, тепловые электрические станции и др..
3	Органические со специфическими свойствами	Отравляют водные организмы, ухудшают качество воды, создают дефицит кислорода	Химические и нефтехимические производства, тепловые электрические станции и др..
4	Органические без специфических токсических свойств	Создают дефицит кислорода	Пищевая промышленность, тепловые электрические станции и др..

Водоёмы представляют собой сложные экосистемы существования сообщества (биоценоза) живых организмов (гидробионтов): растений, животных, микроорганизмов.

Состояние равновесия может быть нарушено в результате многих причин, но особенно в результате сброса сточных вод. Отклонение от равновесия интенсифицирует процессы, приводящие водоём в оптимальное (равновесное) для него состояние и называемые процессами самоочищения водоёма.

Важнейшие из них:

- ✔ осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей
- ✔ окисление (минерализация) органических примесей
- ✔ окисление минеральных примесей кислородом
- ✔ нейтрализация кислот и оснований
- ✔ гидролиз ионов тяжёлых металлов, приводящий к образованию их малорастворимых гидроокисей и выделению их из воды

Процессы самоочищения зависят:

- от температуры воды
- состава примесей
- концентрации кислорода
- pH воды
- концентрации вредных примесей

препятствующих или затрудняющих протекание процессов самоочищения водоёмов

Особенно значим в процессах самоочищения кислородный режим водоёмов. Расход кислорода на минерализацию органических веществ определяется через **биохимическое потребление кислорода** (БПК), которое выражается количеством O2 , использованного в биохимических (при помощи бактерий) процессах окисления органических веществ за определённое время инкубации пробы (мгO2 /сутки).

Пользуются или **пятисуточной** (БПК5) или **полной** (БПКп) **биохимической потребностью кислорода**. При большом сбросе органических веществ наступает дефицит кислорода, дестабилизируется биоценоз, развивается анаэробная (бескислородная) минерализация органических веществ, что вызывает значительное ухудшение качества воды.

Бытовые и сельскохозяйственные стоки вызывают не только эврофикацию и обеднение воды кислородом, но и создают угрозу инфекционных заболеваний.

Люди и животные, заражённые болезнетворными бактериями, вирусами и другими паразитами, могут выделять в стоки большое количество таких патогенов или их яиц. Именно по этой причине в 19 и даже в 20 веках случались опустошительные эпидемии холеры, брюшного тифа – до тех пор, пока во всём мире не были приняты санитарно-гигиенические правила, предотвращающие распространение патогенов. Это, прежде всего, дезинфекция запасов воды для населения хлорированием или другими методами.

Действие **ядовитых** (токсичных) соединений на гидробионты проявляется в зависимости от их концентрации. При больших концентрациях наступает гибель гидробионтов, при меньших – изменяются обмен веществ, темп развития, мутагенез, потеря способности к размножению и др.

Особую опасность для гидросферы несут **ядохимикаты**, загрязняющие как грунтовые воды, так и водоёмы. Наиболее распространены ядохимикаты на основе соединений тяжёлых металлов (свинец, олово, мышьяк, кадмий, ртуть, хром, медь, цинк) и синтетических органических соединений. Ионы тяжёлых металлов, попадая в организм, подавляют активность ряда ферментов, что приводит к крайне тяжёлым физиологическим и неврологическим последствиям, например, умственная отсталость при свинцовом отравлении, психические аномалии и врождённые уродства при ртутных отравлениях. Синтетические органические соединения, прежде всего, галогенированные и, в частности, хлорированные углеводороды (используются для производства пластмасс, синтетических волокон, искусственного каучука, лакокрасочных покрытий, растворителей, пестицидов и т.д.), попадая в организм, нарушают его функционирование. Даже небольшие дозы приводят к крайне тяжёлым эффектам, например, канцерогенному (развитие рака), мутагенному (появление мутаций) и тератогенному (врождённые дефекты у детей). При определённых дозах возможны острое отравление и смерть.

Ядохимикаты особенно опасны в связи с их способностью накапливаться в организмах (биоаккумуляция) и с возможностью биоконцентрирования. В последнем случае животные последующих трофических уровней, питаясь организмами, накопившими ядохимикат, получают исходно более высокие концентрации.

В результате на вершине данной пищевой цепи концентрация химиката в организме может стать в 105 раз выше, чем во внешней водной среде. Классический пример биоаккумуляции и биоконцентрации, известный как болезнь Минаматы, произошёл в 1950-х г.г. в рыбачьем посёлке Минамата в Японии.

Нормирование и регулирование качества воды в водоёмах

Охрана водоёмов от загрязнений осуществляется в соответствии с «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения» (Сан П и Н 4630-88) и «Гигиеническими требованиями к охране поверхностных вод» (Сан П и Н 2.1.5.980-00). Правила включают в себя общие требования к водопользователям в части сброса сточных вод в водоёмы.

Правилами установлены две категории водоёмов:

1 – водоёмы питьевого и культурно-бытового назначения

2 – водоёмы рыбохозяйственного назначения

Состав и свойства воды водных объектов первого типа должны соответствовать нормам в створах, расположенных в водотоках на расстоянии не менее одного километра выше ближайшего по течению пункта водопользования, а в непроточных водоёмах – в радиусе не менее одного километра от пункта водопользования.

Состав и свойства воды в водоёмах II типа должны соответствовать нормам в месте выпуска сточных вод при рассеивающем выпуске (при наличии течений), а при отсутствии рассеивающего выпуска – не далее чем в 500 м от места выпуска.

Правилами установлены нормируемые значения для следующих параметров воды водоёмов:

- содержание плавающих примесей и взвешенных частиц
- запах
- привкус
- окраска и температура воды
- значение pH
- состав и концентрация минеральных примесей и растворённого в воде кислорода
- биологическая потребность воды в кислороде
- состав и предельно допустимая концентрация (ПДК) ядовитых и вредных веществ и болезнетворных бактерий

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, в связи с чем их нормируют по принципу **лимитирующего показателя вредности** (ЛПВ), под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие данного вещества.

Для водоёмов **первого** типа используют три типа ЛПВ:

- санитарно-токсикологический
- общесанитарный
- органолептический

Для водоёмов **второго** типа – ещё два вида:

- токсикологический
- рыбохозяйственный

Установлены ПДК для более 400 вредных основных веществ в водоёмах питьевого и культурно-бытового назначения, а также более 100 вредных основных веществ в водоёмах рыбохозяйственного назначения.

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в водоёмах

Вещество	Водоёмы I категории		Водоёмы II категории	
	ЛПВ	ПДК, г/м^3	ЛПВ	ПДК, г/м^3
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5	Токсикологический	0,5
Фенолы	Органо-лептический	0,001	Рыбохозяйственный	0,001
Бензин, керосин	То же	0,1	То же	0,05
Cd^{2+}	Санитарно-токсикологический	0,01	Токсикологический	0,005
Cu^{2+}	Органо-лептический	1	То же	0,01
Zn^{2+}	Общесанитарный	1	- « -	0,01
Цианиды	Санитарно-токсикологический	0,1	- « -	0,05
Cr^{6+}	Органо-лептический	0,1	-	0

Для самих сточных вод ПДК не нормируются, а определяются **предельно допустимые количества сброса** вредных примесей, ПДС. Поэтому минимально необходимая степень очистки сточных вод перед сбросом их в водоём определяется состоянием водоёма, а именно - фоновыми концентрациями вредных веществ в водоёме, расходом воды водоёма и др., то есть способностью водоёма к разбавлению вредных примесей.

Запрещено сбрасывать в водоёмы сточные воды:

- если существует возможность использовать более рациональную технологию, безводные процессы и системы повторного и оборотного водоснабжения – повторное или постоянное (многократное) использование одной и той же воды в технологическом процессе
- если стоки содержат ценные отходы, которые возможно утилизировать
- если стоки содержат сырьё, реагенты и продукцию производства в количествах, превышающих технологические потери
- если сточные воды содержат вещества, для которых не установлены ПДК

Режим сброса может быть:

- ✔ единовременным
- ✔ периодическим
- ✔ непрерывным с переменным расходом
- ✔ случайным

При этом необходимо учитывать, что расход воды в водоёме (дебит реки) изменяется и по сезонам, и по годам.

Большое значение имеет метод сброса сточных вод. При сосредоточенных выпусках смешение стоков с водой водоёма минимально, и загрязнённая струя может иметь большое протяжение в водоёме. Наиболее эффективно применение рассеивающих выпусков в глубине (на дне) водоёма в виде перфорированных труб.

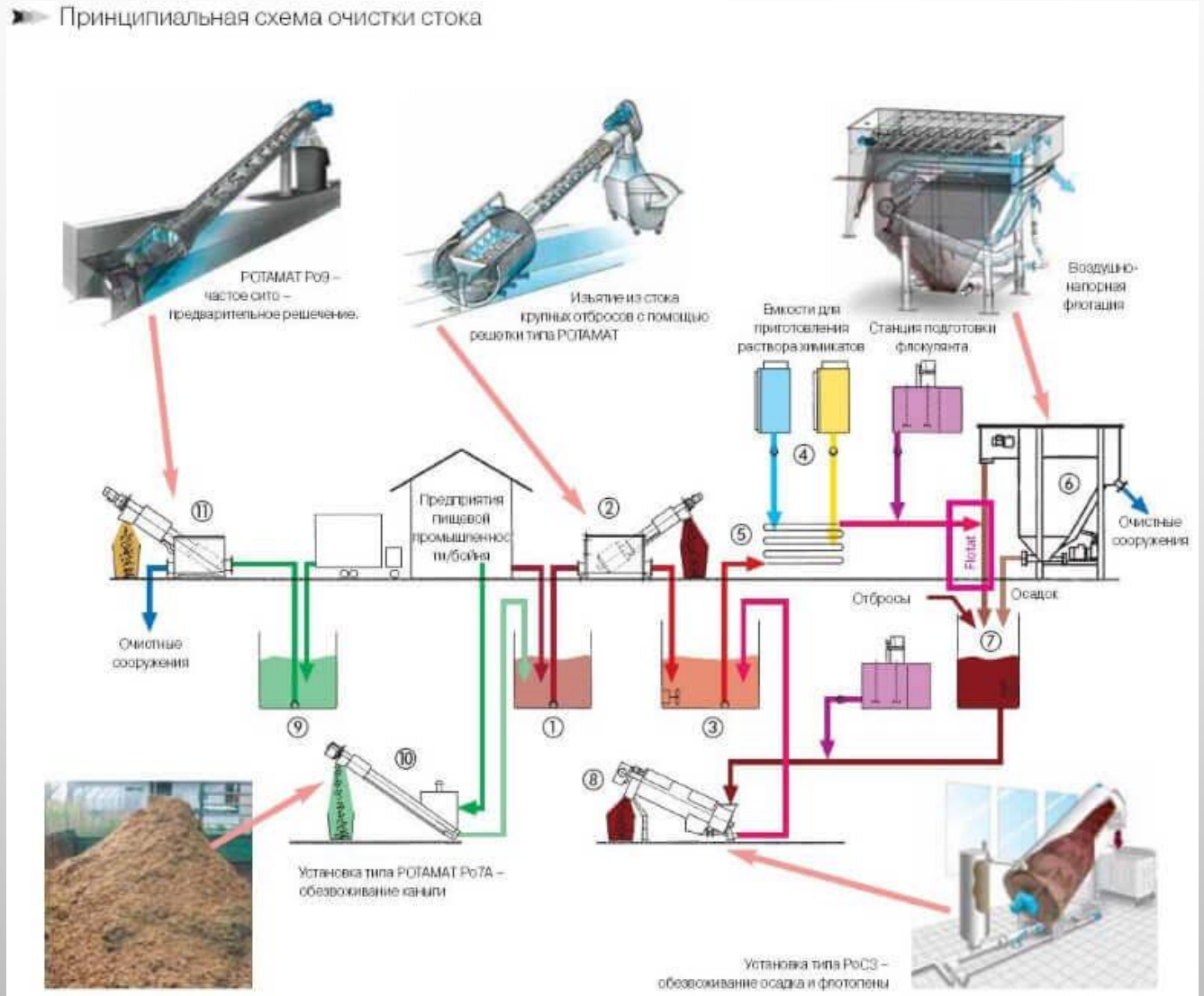
Методы и приборы контроля качества воды в водоёмах

Контроль качества воды водоёмов осуществляется периодическим отбором и анализом проб воды из поверхностных водоёмов: не реже одного раза в месяц.

Количество проб и места их отбора определяют в соответствии с гидрологическими и санитарными характеристиками водоёма. При этом обязателен отбор проб непосредственно в месте водозабора и на расстоянии 1 км выше по течению для рек и каналов; для озёр и водохранилищ – на расстоянии 1 км от водозабора в двух диаметрально расположенных точках.

Наряду с анализом проб воды в лабораториях используют автоматические станции контроля качества воды, которые могут одновременно измерять до 10 и более показателей качества воды.

На очистных сооружениях предприятий осуществляют контроль состава исходных и очищенных сточных вод, а также контроль эффективности работы очистных сооружений, контроль, как правило, осуществляется один раз в 10 дней.



Пробы сточной воды отбираются в чистую посуду из боросиликатного стекла или полиэтилена. Анализ проводится не позже чем через 12 часов после отбора пробы. Для сточных вод измеряются органо-лептические показатели, pH, содержание взвешенных веществ, **химическое потребление кислорода** (ХПК), количество растворённого в воде кислорода, **биохимическое потребление кислорода** (БПК), концентрации вредных веществ, для которых существуют нормируемые значения ПДК.

Контролируются два органо-лептических показателя воды при анализе сточных вод: запах и цвет, который устанавливается измерением оптической плотности пробы на спектрофотометре на различных длинах волн проходящего света.

Очистка сточных вод

Методы очистки сточных вод весьма разнообразны и предопределяются физико-механическими, физическими, химическими и в них примесей. Существует несколько видов классификации методов очистки. Наиболее распространена следующая классификация.

1. Методы механической очистки (от взвешенных – в виде суспензий и эмульсий – веществ)
2. Физико-химические методы очистки (от коллоидно-дисперсных и истинно растворенных примесей)
3. Химические методы очистки (от истинно растворенных примесей)
4. Биологические методы очистки (от органических веществ)

Последовательность этапов очистки стоков можно представить следующим образом.

1. Усреднение стоков. Оно может осуществляться не только на самом начальном этапе – при очистке от грубодисперсных примесей, но и на всех последующих этапах – там, где имеется неравномерность состава и расхода стоков и где целесообразно слияние близких по составу стоков (с разных участков производства) перед очередным этапом очистки.
2. Очистка от грубодисперсных веществ: решётки, песколовки, отстойники, аппараты, основанные на отделении твёрдых примесей в поле действия инерционных сил (напорные гидроциклоны, центрифуги), флотация.
3. Очистка от коллоидно-дисперсных примесей (коагуляция, электрокоагуляция).
4. Регулирование кислотности (щёлочности) стоков, например, с помощью известкования (нейтрализация).
5. Фильтрование на зернистых насыпных, например, песчано-гравийных фильтрах – для очистки от тонкодисперсных примесей (частиц), имевшихся в исходных стоках или образовавшихся на предыдущих этапах очистки. Совокупность предыдущих этапов очистки стоков в отечественной специальной литературе часто называют предочисткой.

6. Очистка стоков от молекулярных примесей, например, путём дегазации, адсорбции, экстракции.

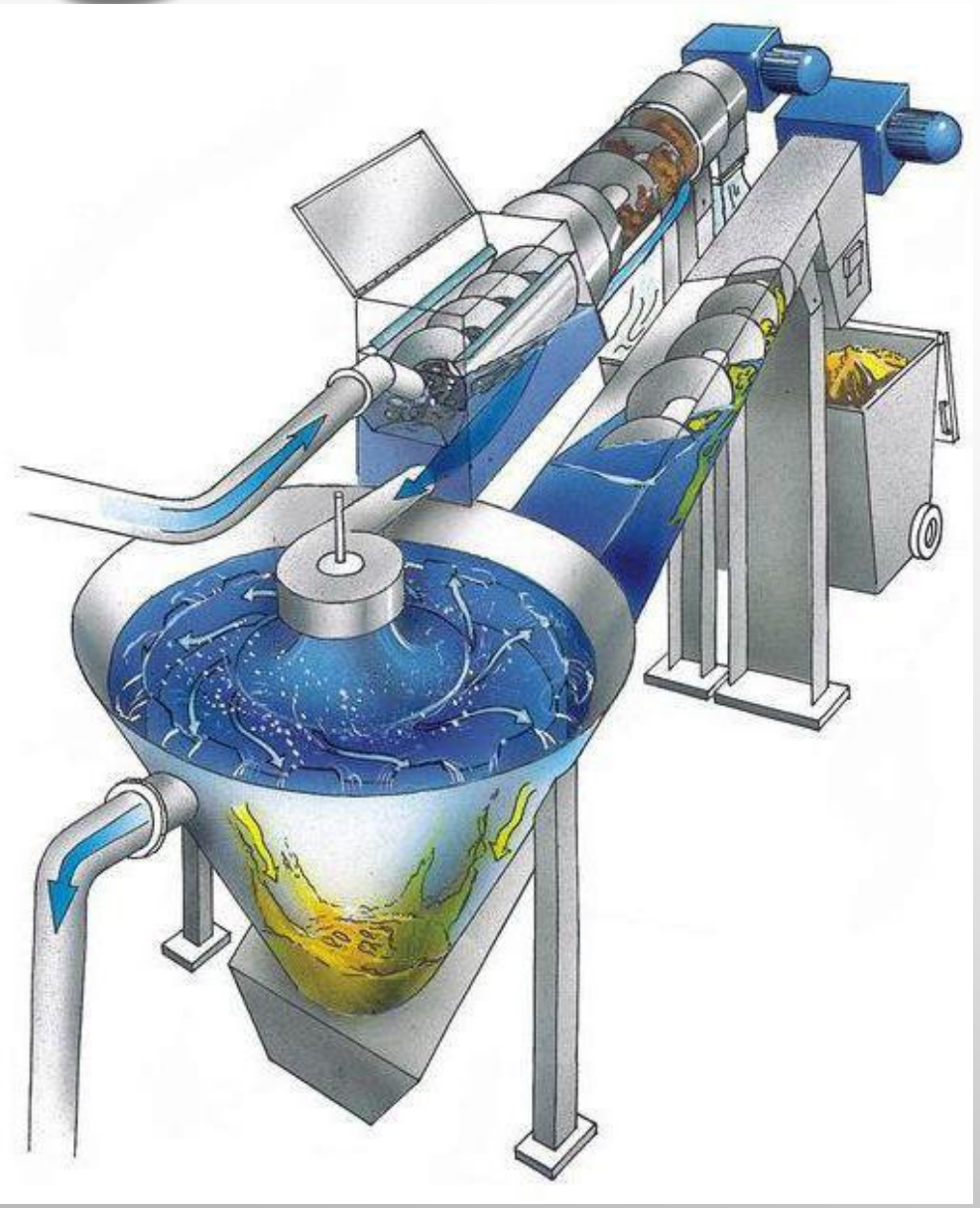
7. Очистка от вредных веществ, находящихся в стоках в ионном состоянии:

- перевод ионов в малодиссоциирующие соединения
- нейтрализация
- окисление
- образование комплексных ионов и перевод их в малорастворимое состояние
- ионитная фильтрация (ионный обмен)
- сепарация ионов при изменении фазового состояния воды например, дистилляция
- ультрафильтрация
- электродиализ
- воздействие магнитных и акустических полей и др.

8. На заключительном этапе очистки может быть предусмотрено повторное фильтрование – для очистки стоков от дисперсных примесей, образовавшихся на этапах очистки от истинно растворенных примесей, а также обезвреживание (дезинфекция) очищенных стоков от патогенных организмов (микроорганизмов), особенно в тех случаях, когда в системе очистки стоков производства имеются устройства биологической очистки, могущие быть очагом распространения патогенных микроорганизмов.

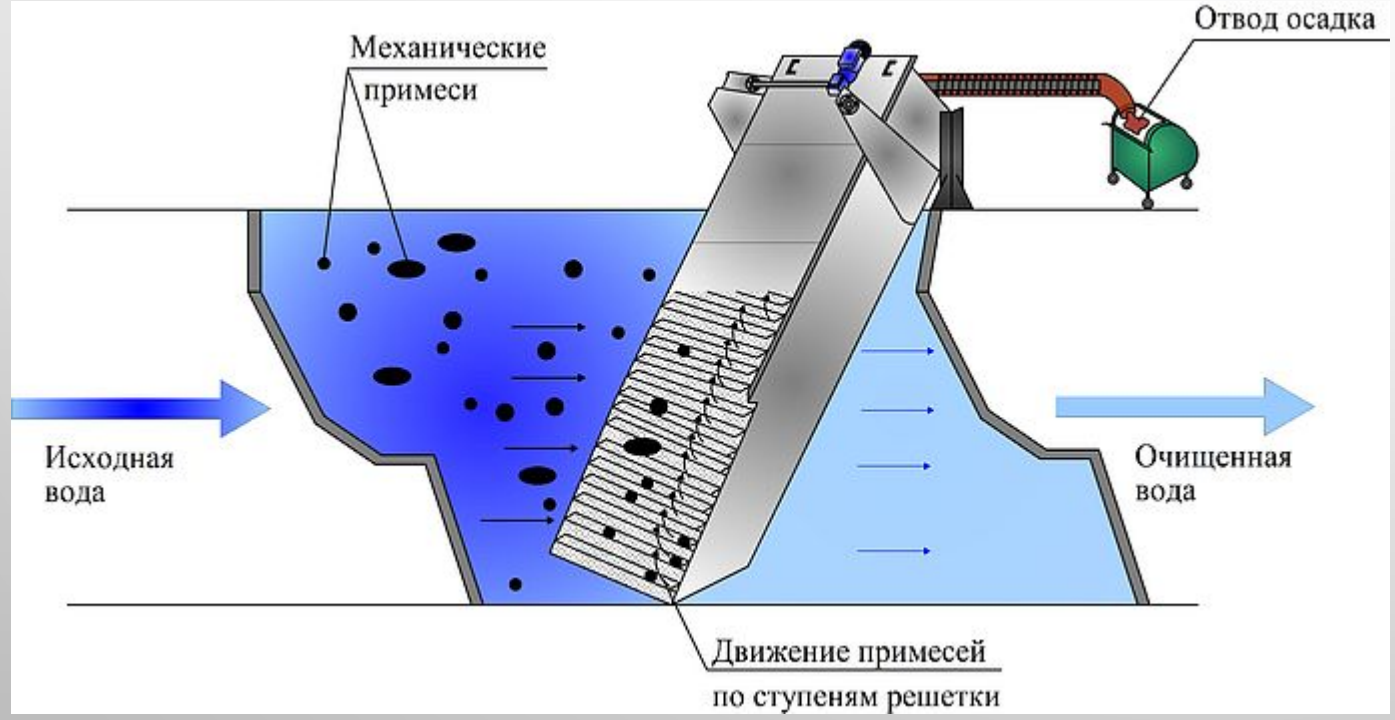
9. Биологическая очистка применяется для очистки стоков от органических примесей: сточные воды пропускаются через устройства (аэротенки, например), насыщенные мощными колониями специально подобранных микроорганизмов, которые извлекают органические вещества из стоков для питания и, таким образом, минерализуют органические примеси. Для интенсификации процессов стоки обогащаются кислородом (окситенки). Минерализация органических примесей могла бы произойти естественным образом в самом водоёме. Но это привело бы к резкому уменьшению содержания кислорода в воде и к дестабилизации (гибели) экосистемы водоёма. С помощью устройств и сооружений биологической очистки процесс минерализации выносится, таким образом, за пределы водоёма.

Основы процессов и принципы механической очистки стоков



Механическая очистка сточных вод – технологический процесс очистки сточных вод механическими и физическими методами. Она применяется с целью выделения из стоков грубодисперсных минеральных и органических загрязнителей и в большинстве случаев является предварительным этапом перед последующими, более тонкими методами очистки.

Процеживание – первичная очистка посредством пропускания стоков через решётки и волокноуловители – для выделения крупных примесей размером 25 мм и более, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе оборудования.

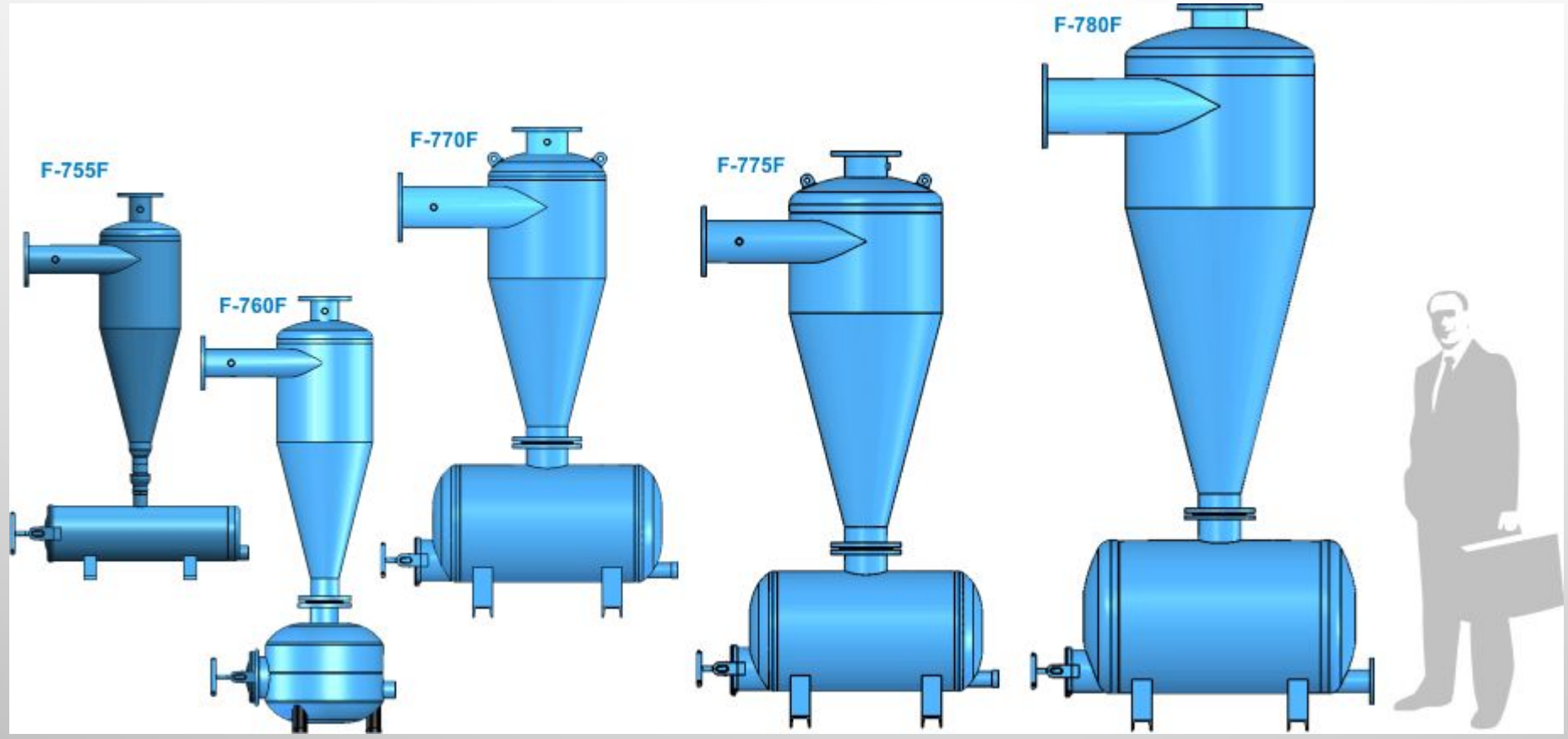


Отстаивание основано на особенностях процесса осаждения твёрдых частиц в жидкости. **Осаждение** может быть свободным, без слипания частиц, и при параллельно протекающем коагулировании осаждающихся частиц. Механизм свободного осаждения сохраняется при объёмной концентрации частиц до 1 % (до массовой концентрации ~ 2,6 кг/м3).

Скорость осаждения – основа для проектирования устройств отстаивания – определена для сферических частиц с учётом сил гидравлического сопротивления, массовых сил и силы Архимеда.

На основе принципа отстаивания построены **песколовки** и **отстойники**. Песколовки существуют горизонтальные, вертикальные и аэрируемые. С помощью отстойников из сточных вод выделяются частицы с размером менее 0,25 мм. По направлению движения воды в отстойниках их делят на горизонтальные, вертикальные, радиальные, комбинированные.

Отделение твёрдых частиц в поле действия инерционных сил производится в гидроциклонах, открытых и напорных, и центрифугах.

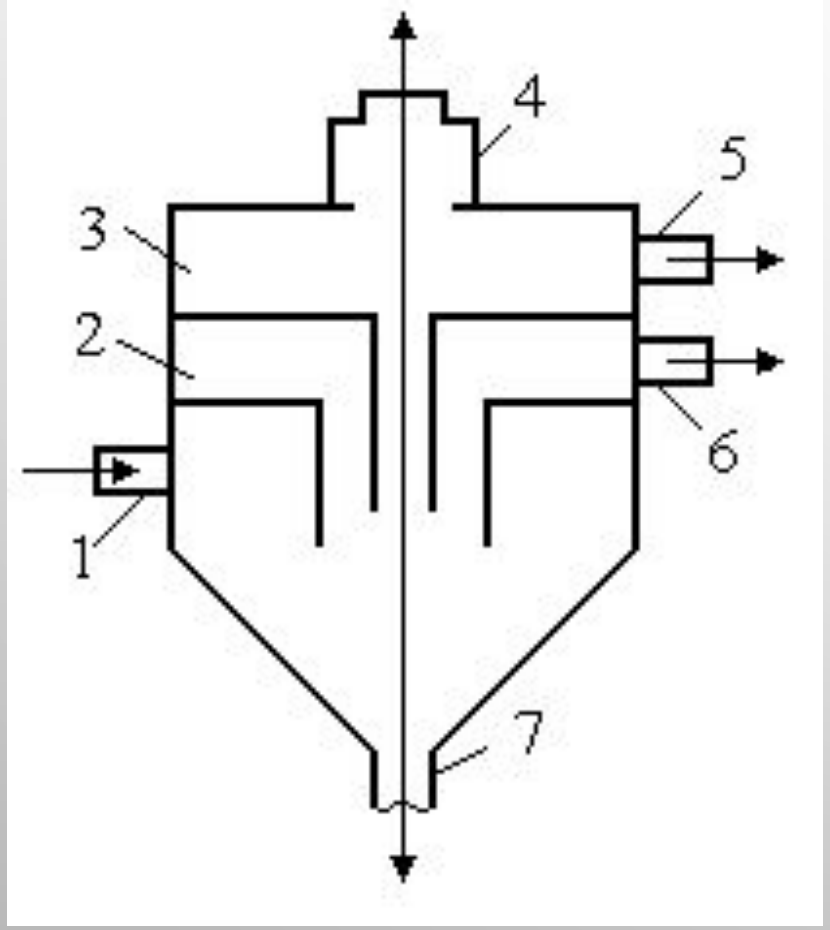


Фильтрованием обеспечивается очистка сточных вод от тонкодисперсных твёрдых примесей с небольшой концентрацией, в том числе, после физико-химических, химических, биологических методов очистки. Известны два основных класса фильтров:

- зернистые, представляющие собой однослойные или многослойные насадки пористых несвязанных материалов (кварцевый песок, дроблёный шлак, гравий, антрацит)
- микрофильтры, фильтроэлементы которых изготовлены из связанных пористых материалов

Очистка сточных вод от нефтепродуктов

Отделение нефтепродуктов в поле действия инерционных сил осуществляется в напорных гидроциклонах. Предназначен для очистки стоков от металлической окалины и масла



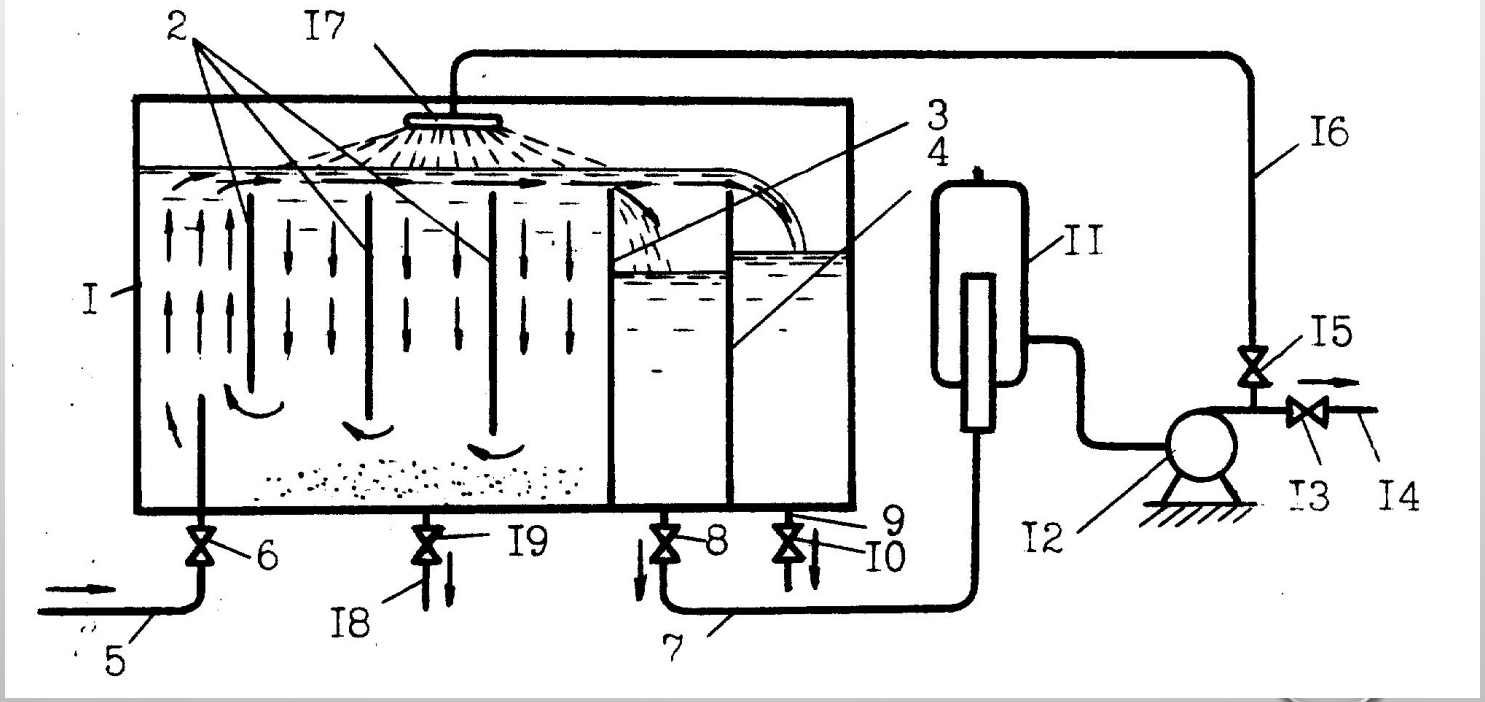
Стоки через установленный тангенциально по отношению к корпусу гидроциклона трубопровод 1 поступают в гидроциклон. Твёрдые частицы отбрасываются к стенкам гидроциклона и стекают в шламосборник 2. Сточная вода с примесью нефтепродуктов движется вверх, при этом из-за меньшей плотности нефтепродуктов они концентрируются в ядре закрученного потока, который поступает в приёмную камеру 3 и через трубопровод 4 выводится из гидроциклона для последующей утилизации. Очищенная сточная вода скапливается в камере 5, откуда через трубопровод 6 отводится для дальнейшей очистки. Выход 7 с регулируемым гидравлическим сопротивлением предназначен для выпуска воздуха, концентрирующегося в ядре закрученного потока очищаемой сточной воды.

Очистка сточных вод от маслопримесей флотацией заключается в интенсификации процесса всплывания нефтепродуктов при обволакивании их частиц пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду.

По способу образования пузырьков различают несколько видов флотации:

- напорную
- пневматическую
- пенную
- химическую
- биологическую
- электрофлотацию и др.

Очистка стоков от примесей нефтепродуктов фильтрованием – необходимый заключительный этап очистки. Структура аппаратов очистки сточных вод от нефтепродуктов аналогична структуре аппаратов очистки от твёрдых частиц: зернистые насыпные фильтры. Наиболее распространённые фильтроматериалы: кварцевый песок, доломит, керамзит, глауконит, эффективность очистки повышается при добавлении волокнистых материалов (асбест и отходы его производства).



Физико-химические методы очистки сточных вод

Физико-химическая очистка – одно из наиболее распространённых направлений очистки сточных вод. Она применяется самостоятельно или в сочетании с химическими, механическими, биологическими методами.

Основные физико-химические методы:

- коагуляция и электрокоагуляция
- флокуляция
- сорбция
- флотация и электрофлотация
- экстракция
- ионный обмен
- гипер- и ультрафильтрация
- магнитная обработка

Коагуляция, флокуляция и электрокоагуляция

В практике очистки сточных вод метод коагуляции часто применяется после удаления грубодисперсных примесей – для удаления коллоидных частиц. **Коагуляция** – процесс слипания коллоидных частиц и образования грубодисперсной макрофазы (флокул) с последующим её выделением из воды.

Один из видов коагуляции – **флокуляция**, при которой мелкие взвешенные частицы под влиянием специально добавляемых веществ (флокулянтов) образуют интенсивно оседающие хлопьевидные образования.

Основной процесс коагуляционной очистки сточных вод – **гетерокоагуляция**, при которой коллоидные (и мелкодисперсные частицы) взаимодействуют с агрегатами, образующимися при введении в стоки коагулянтов.

Основные коагулянты:

а) соли алюминия: глинозём, алюминат натрия, оксихлорид алюминия, полихлорид алюминия

б) соли железа: железный купорос, хлорид железа, сульфат железа

в) соли магния: хлорид магния, сульфат магния

г) известь

д) шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств

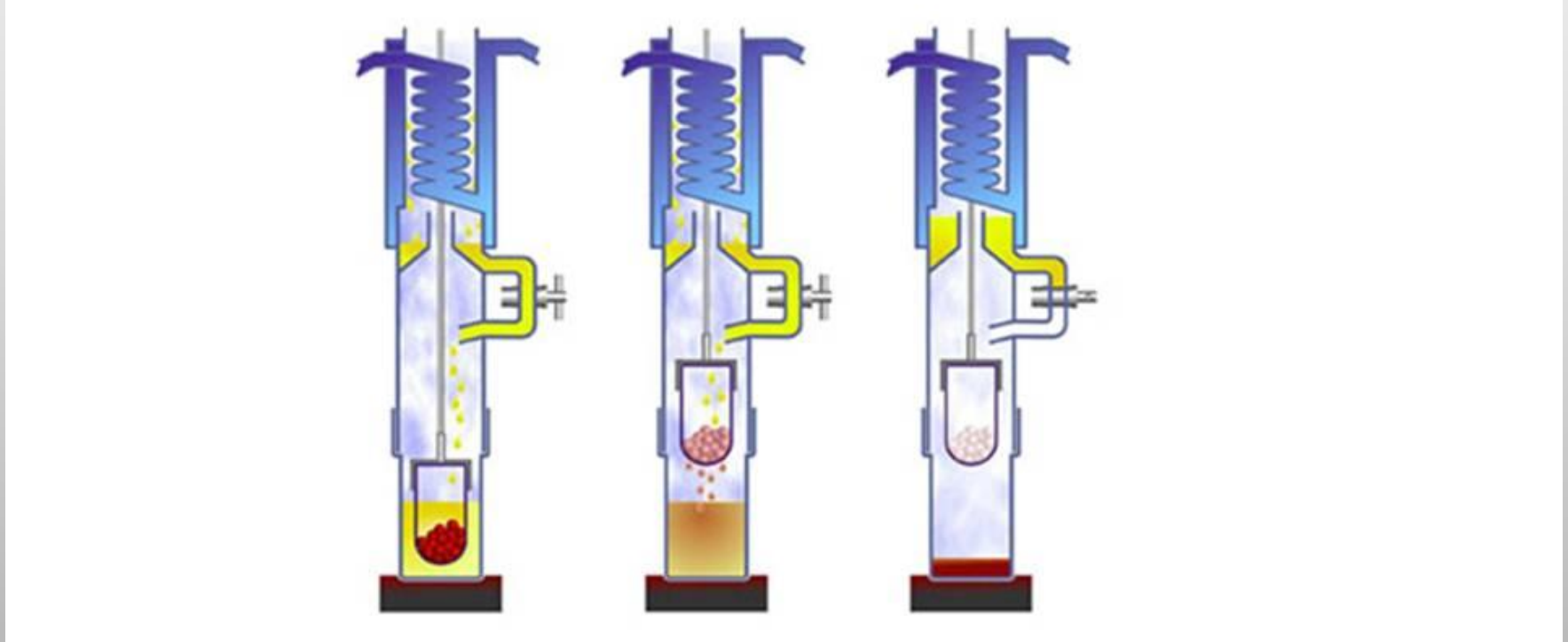
Сорбция

Сорбция – процесс поглощения вещества (сорбата) из очищаемой среды твёрдым телом или жидкостью (сорбентом). Поглощение вещества массой жидкого сорбента – **абсобция**, поверхностным слоем твёрдого сорбента – **адсорбция**. Если при поглощении происходит химическое взаимодействие сорбента и сорбата, процесс называют хемосорбцией.

При очистке сточных вод в качестве сорбентов применяют искусственные и природные пористые материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины. Наиболее эффективны активированные угли, пористость которых достигает 75 %, а удельная площадь поверхности – 900 м2/кг.

Экстракция

Метод применяется для удаления из стоков примесей, представляющих техническую ценность (фенолы, жирные кислоты), основан на распределении примеси в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей (сточной воды и экстрагента) соответственно коэффициенту экстракции (распределения) Кэ = Сэ/Св, где Сэ и Св – концентрации примеси в экстрагенте и в воде при установившемся равновесии.

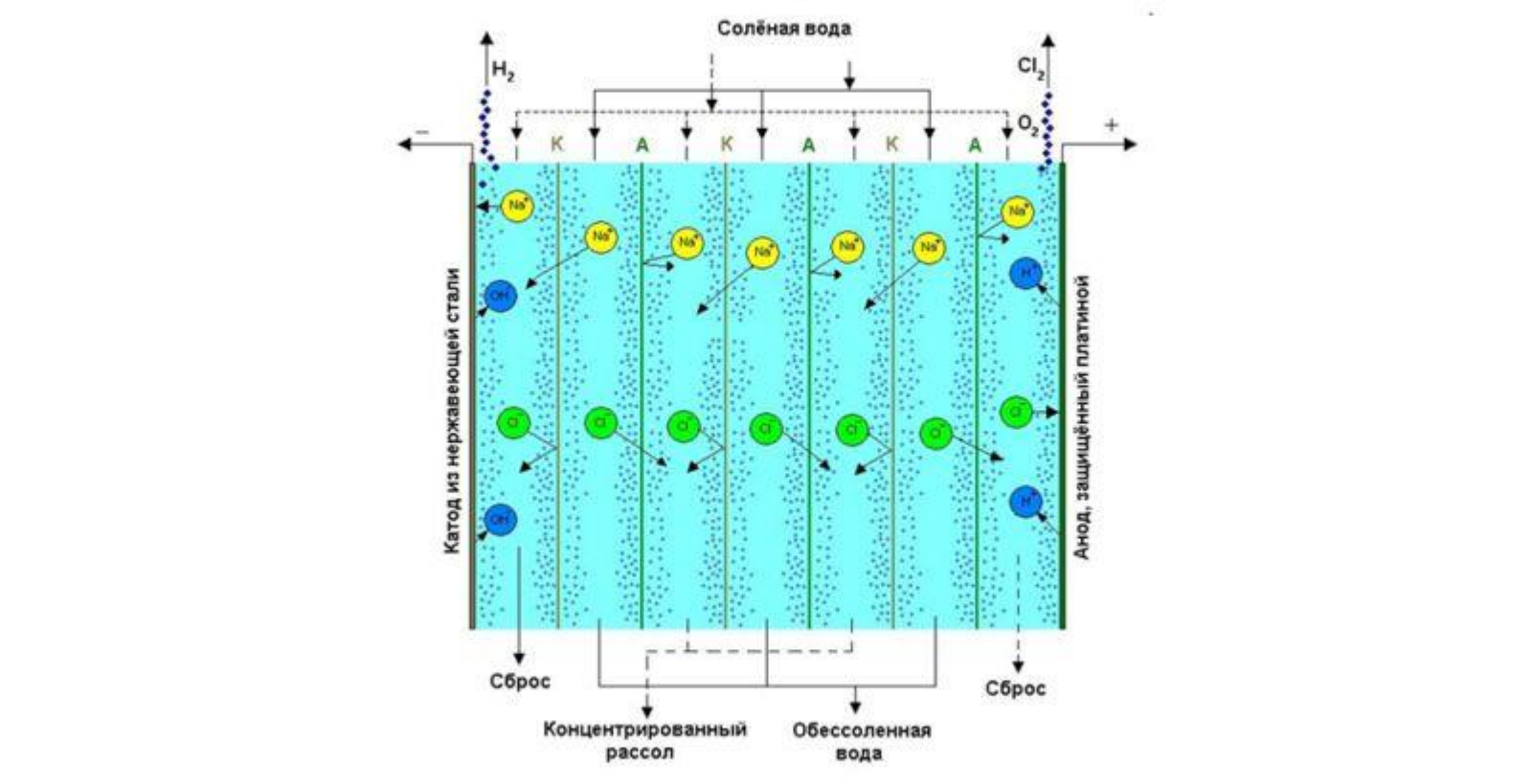


Ионный обмен

Метод (гетерогенный ионный обмен или ионообменная сорбция) основан на процессе обмена между ионами, находящимися в растворе (в сточных водах), и ионами, присутствующими на поверхности твёрдой фазы – ионита.

Электродиализ

- Этот метод – вариант ионного обмена. Но в нём ионитный слой заменён специальными ионообменными мембранами, а движущая сила – внешнее электрическое поле.



Гиперфильтрация (обратный осмос) и ультрафильтрация

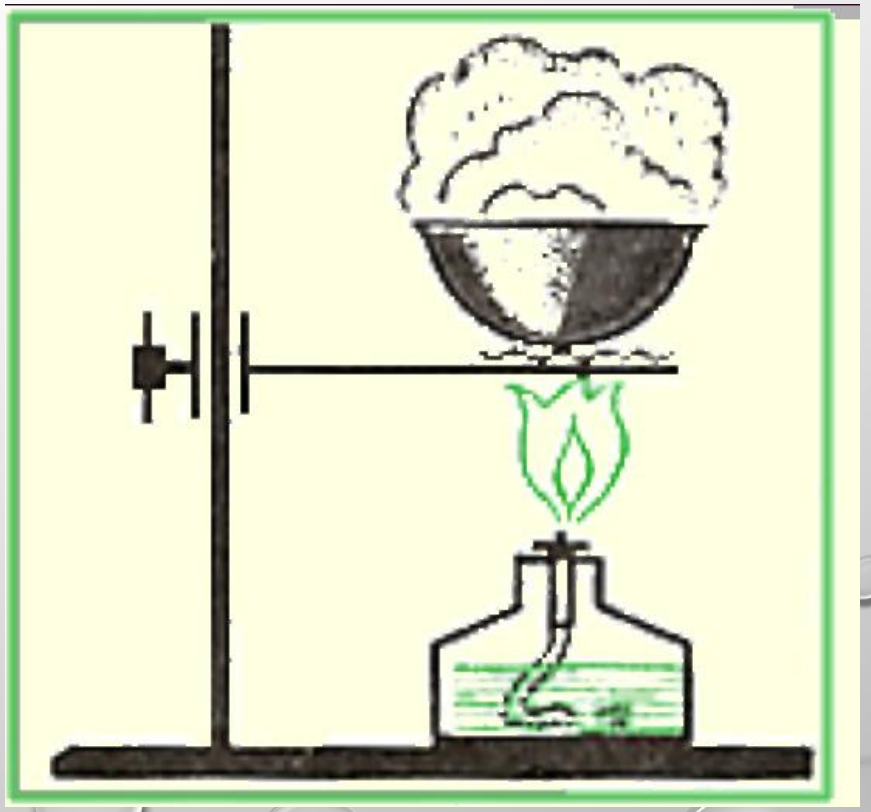
Гиперфильтрация – процесс непрерывного молекулярного разделения растворов путём их фильтрования под давлением через полунепроницаемые мембраны, задерживающие полностью или частично молекулы либо ионы растворённого вещества. При этом размеры отделяемых частиц (молекул, гидратированных ионов) сопоставимы с размерами молекул растворителя (воды).

Другие методы физико-химической очистки сточных вод

Эвапорация. Этот метод строится, в основном, либо на паро-циркуляционном процессе, либо на азеотропной ректификации. В первом случае загрязнения отгоняются с циркулирующим водяным паром. При этом сточные воды движутся через колонку с насадкой (загрузкой) навстречу острому пару, нагреваются до 100°С, при этом находящиеся в них летучие примеси переходят в паровую фазу. Затем пар отмывается от загрязнений раствором щелочи.

Выпаривание

Применяется для увеличения концентрации солей, содержащихся в сточных водах, и ускорения их последующей кристаллизации, а также для обезвреживания небольших количеств, например, радиоактивных сточных вод. Требует очень больших энергетических затрат.



Кристаллизация

Основана на различной растворимости веществ, содержащихся в сточных водах, при разных температурах. При изменении температуры получаются пересыщенные растворы находящихся в них веществ, затем их кристаллы. Метод применяется при очистке высококонцентрированных сточных вод.

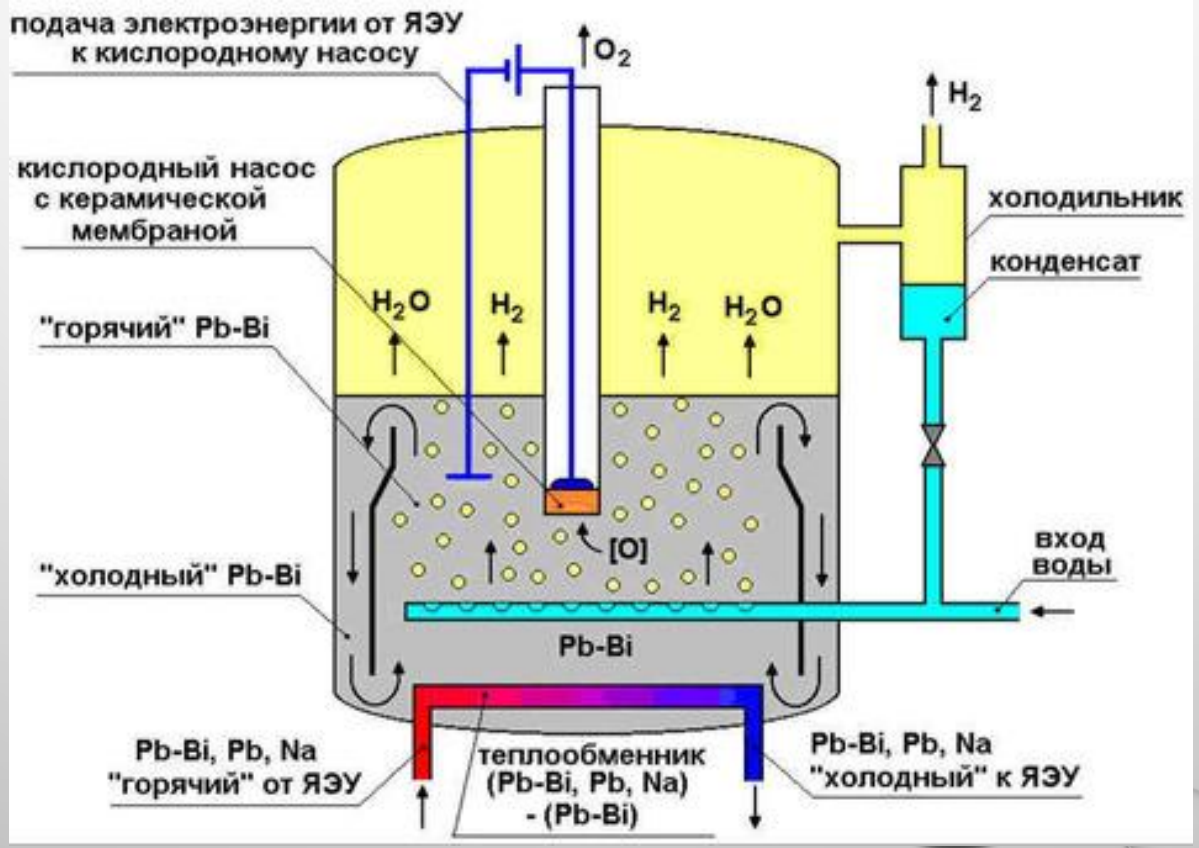
Термоокислительные методы – парофазное окисление («огневой метод»), жидкофазное окисление («мокрое сжигание»), парофазное каталитическое окисление.

При «огневом методе» сточные воды в распылённом состоянии вводятся в высокотемпературные продукты горения топлива и испаряются, при этом органические примеси сгорают. Минеральные примеси образуют твёрдые или расплавленные частицы, они выводятся из рабочей камеры печи или уносятся с дымовыми газами.

Жидкофазное окисление органических примесей сточной воды кислородом воздуха производится при повышенных температурах (до 350°С) и давлении.

Термокаталитическое окисление

Сточные воды подаются в выпарной аппарат, где пары воды и органических веществ, воздух и газы нагреваются до 300°С, затем смесь идёт в контактный аппарат, загруженный катализатором. Обезвреженная смесь охлаждается, конденсат используется в производстве.



Химическая очистка сточных вод

К химической очистке сточных вод относятся, как правило, очистку от загрязнений при использовании химических реагентов. Она широко применяется при локальной очистке сточных вод предприятия. В целом, химочистка стоков может быть использована и как доочистка промышленных сточных вод, например, их дезинфекция.

Основные методы

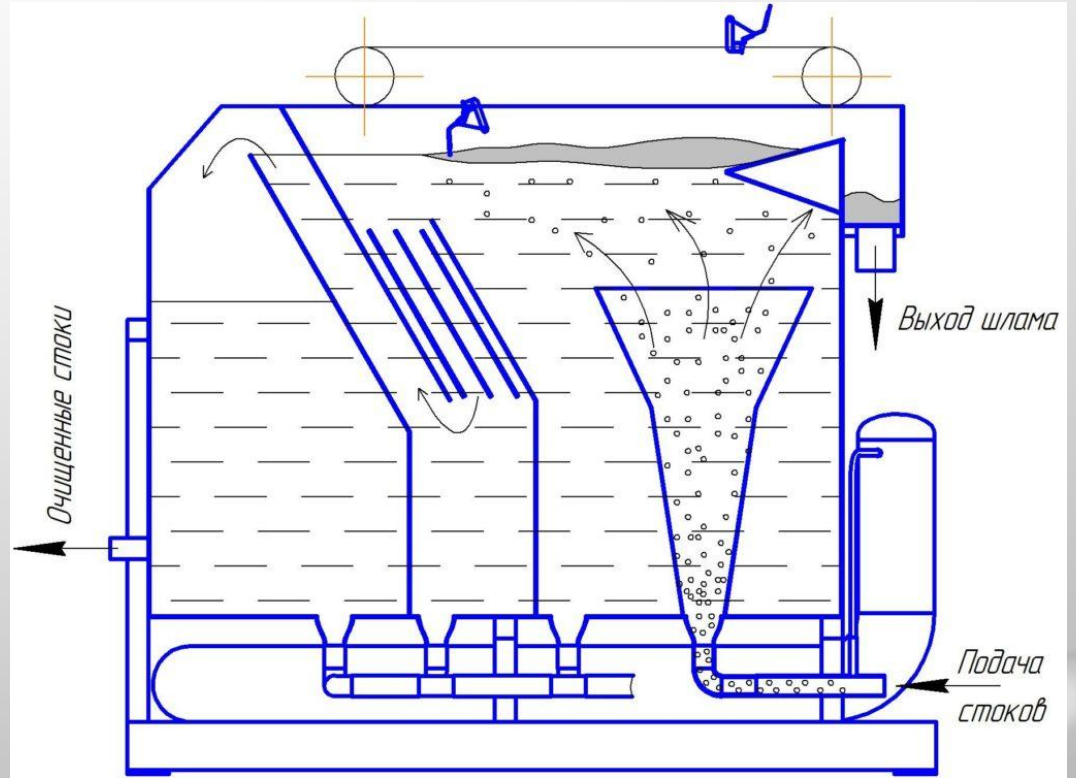
- нейтрализация
- окисление

Нейтрализация

Способы нейтрализации:

а) **взаимная нейтрализация кислых и щелочных стоков**

Кислые стоки в промышленности обычно сбрасываются равномерно в течение суток, щелочные – по мере отработки щелочных растворов, для которых необходимо устраивать регулирующий резервуар. Из резервуара щелочные стоки равномерно выпускаются в камеру реакции, где и происходит взаимная нейтрализация. Метод особенно распространён в химической промышленности.

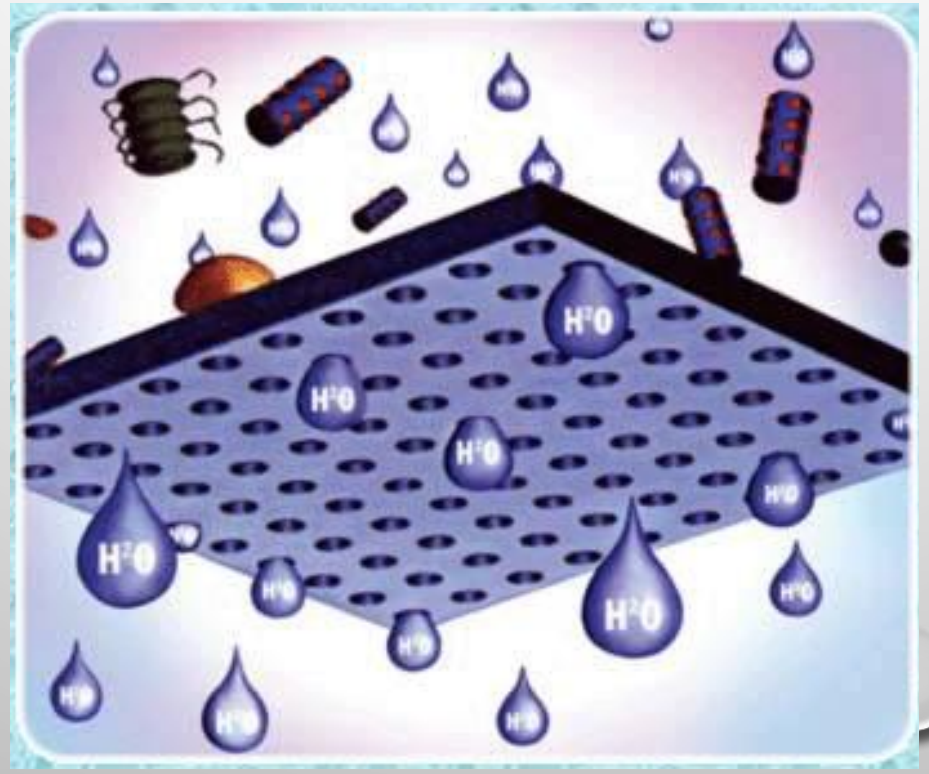


б) **нейтрализация реагентами**

В качестве реагентов используются растворы кислот, негашёной CaO и гашёной извести, кальцинированной соды Na2CO3, каустической соды NaOH, аммиака NH3OH. Реагентная нейтрализация используется в случаях, когда на предприятии образуются только или кислые или щелочные стоки или если невозможно произвести взаимную нейтрализацию кислых и щелочных стоков.

в) **фильтрование через нейтрализующие материалы**

Обычно применяется для нейтрализации кислых сточных вод, в качестве нейтрализующих материалов используются известь, известняк, доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, магнезит $MgCO_3$, обожжённый магнезит MgO, мел $CaCO_3$. Крупность фракций фильтроматериала – 3…8 см, скорость фильтрования – до 5 м/ч, продолжительность контакта – не менее 10 мин.



Окисление

Метод используется для обезвреживания стоков, содержащих токсичные соединения (цианиды, комплексные цианиды меди и цинка) или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод или очищать другими методами: стоки участков гальванических покрытий в машиностроении и приборостроении, стоки производств переработки свинцово-цинковых и медных руд в горнодобывающей промышленности, стоки цехов варки целлюлозы в целлюлозобумажной промышленности и т.п.

Окисление активным хлором – один из наиболее распространённых способов очистки стоков от ядовитых цианидов, сероводорода, содержание цианидов в стоках может достигать 100 мг/л и более, и это требует их очистки перед подачей на биологическую очистку или перед выпуском в водоём.

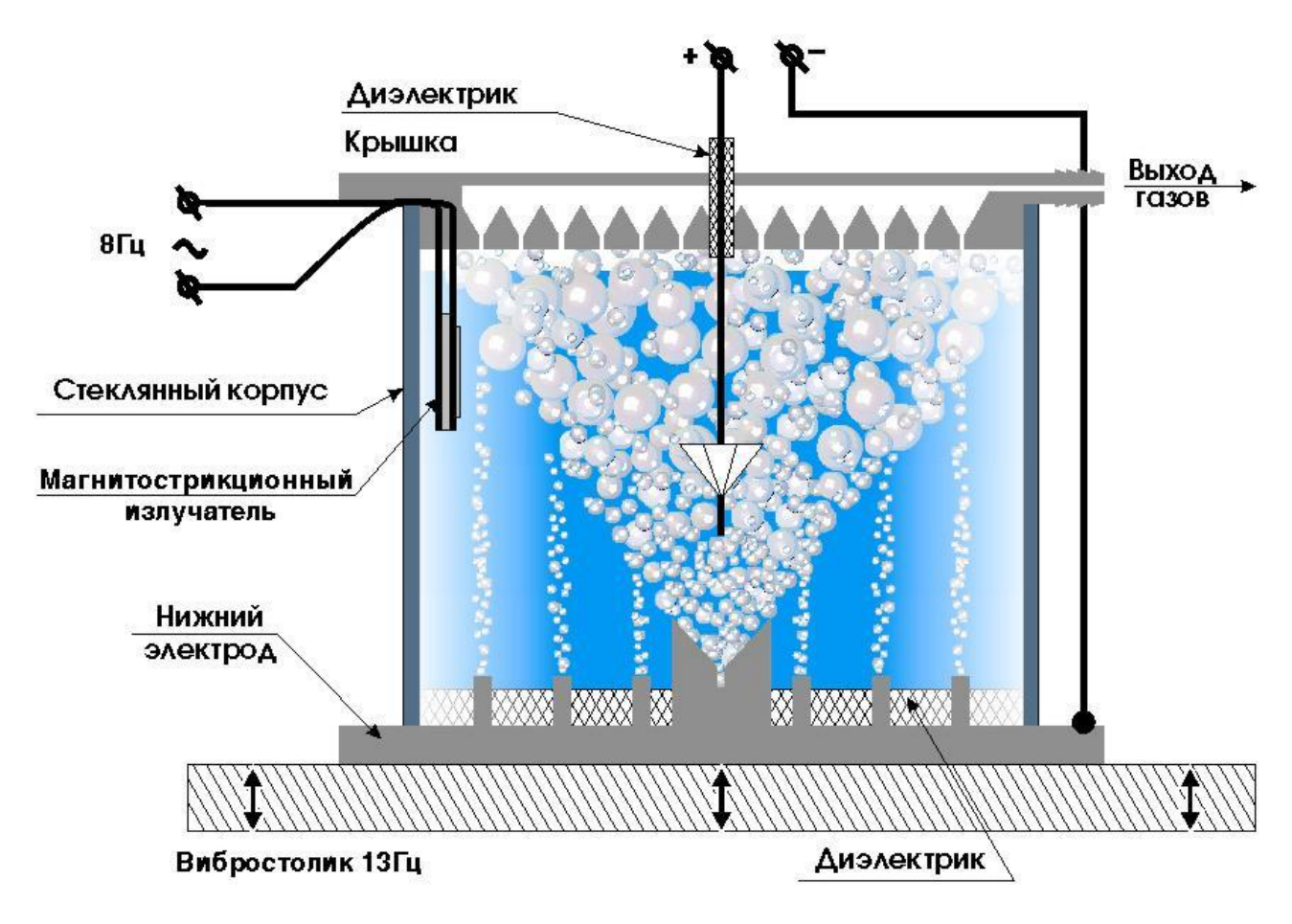
Окисление кислородом воздуха используется для окисления сульфидных стоков и стоков нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов.

Озонирование

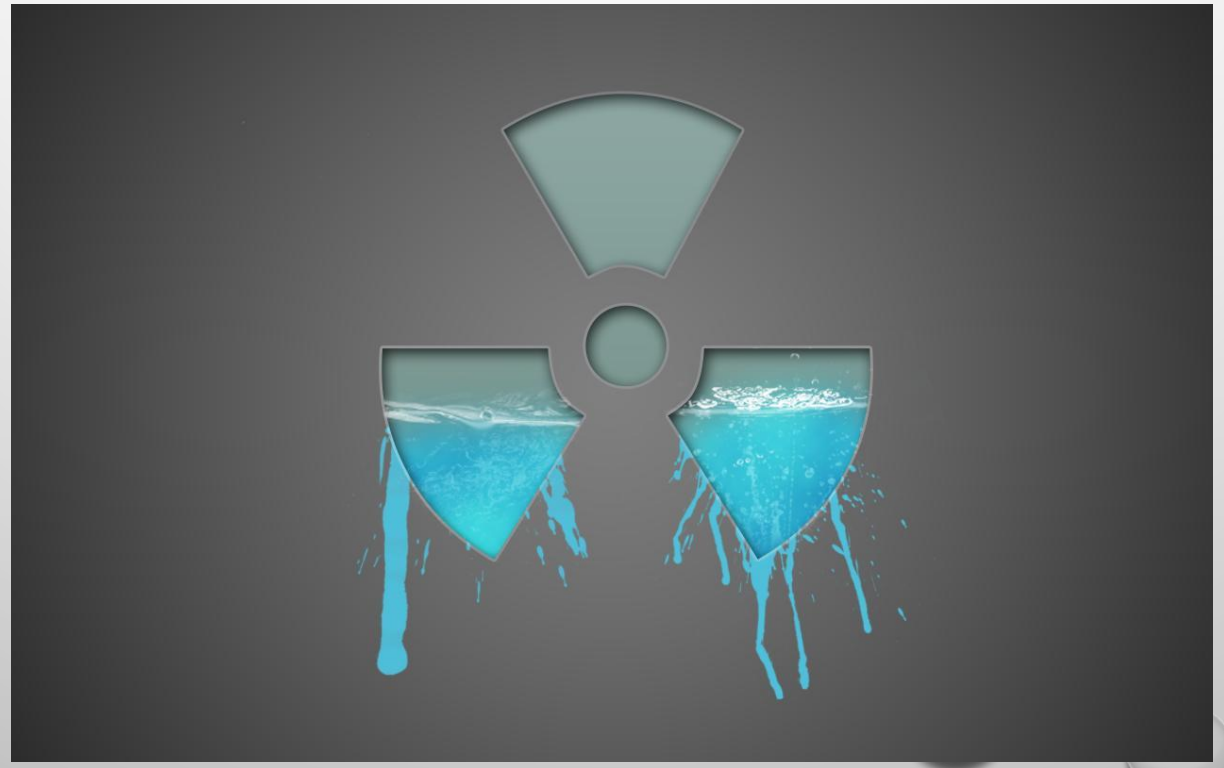
Озон способен разрушить (обезвредить) в водных растворах при нормальной температуре многие органические (неорганические) вещества, его преимущество в том, что его можно получить непосредственно на очистной станции (посредством тихого электрического разряда в газовой среде) из технического кислорода или кислорода атмосферного воздуха.

Электрохимическое окисление

В его основе лежат анодное окисление и катодное восстановление

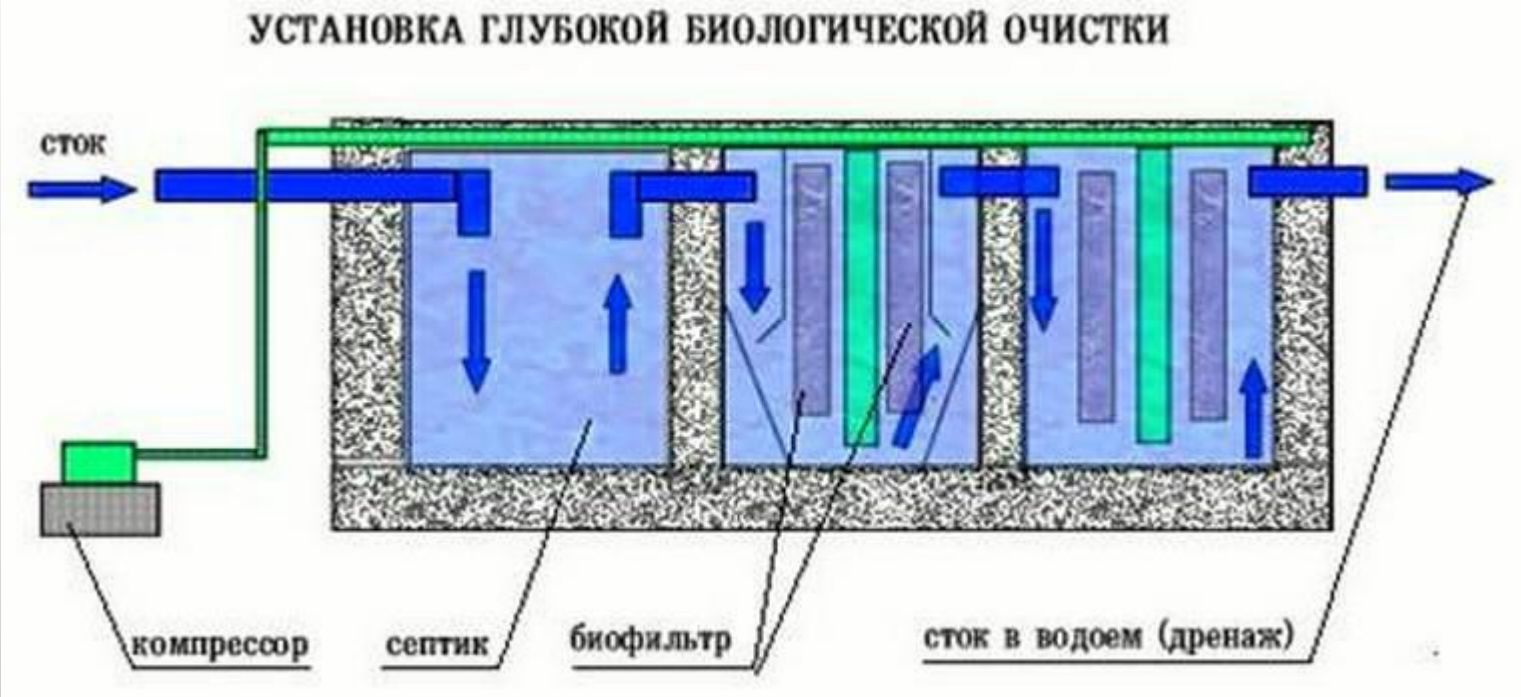


Радиационное окисление органических и минеральных веществ в сточных водах происходит за счёт реакции этих веществ с продуктами радиолиза воды: (в присутствии кислорода), H2O2, H+. В качестве источников излучения могут быть использованы радиоактивные кобальт и цезий, тепловыделяющие элементы (твэлы), радиационные контуры, ускорители электронов.



Биологическая очистка сточных вод

Биологическая очистка сточных вод – технологический процесс очистки сточных вод, основанный на способности биологических организмов (редуцентов) разлагать загрязняющие вещества



Общая схема окисления загрязняющих органических веществ в аэробных условиях

1) Органические вещества + O_2 + N (азот) + P (фосфор) → микроорганизмы + CO_2 + H_2O + биологически неокисляемые растворённые вещества
2) Микроорганизмы + O_2 → CO_2 + H_2O + N + P + биологически не разрушаемая часть клеточного вещества

Реакция (1) отображает окисление исходных органических загрязнений и образование новой биомассы; реакция (2) представляет процесс эндогенного (внутреннего) окисления клеточного вещества, происходящий после использования внешнего источника питания (органических загрязнений стоков).