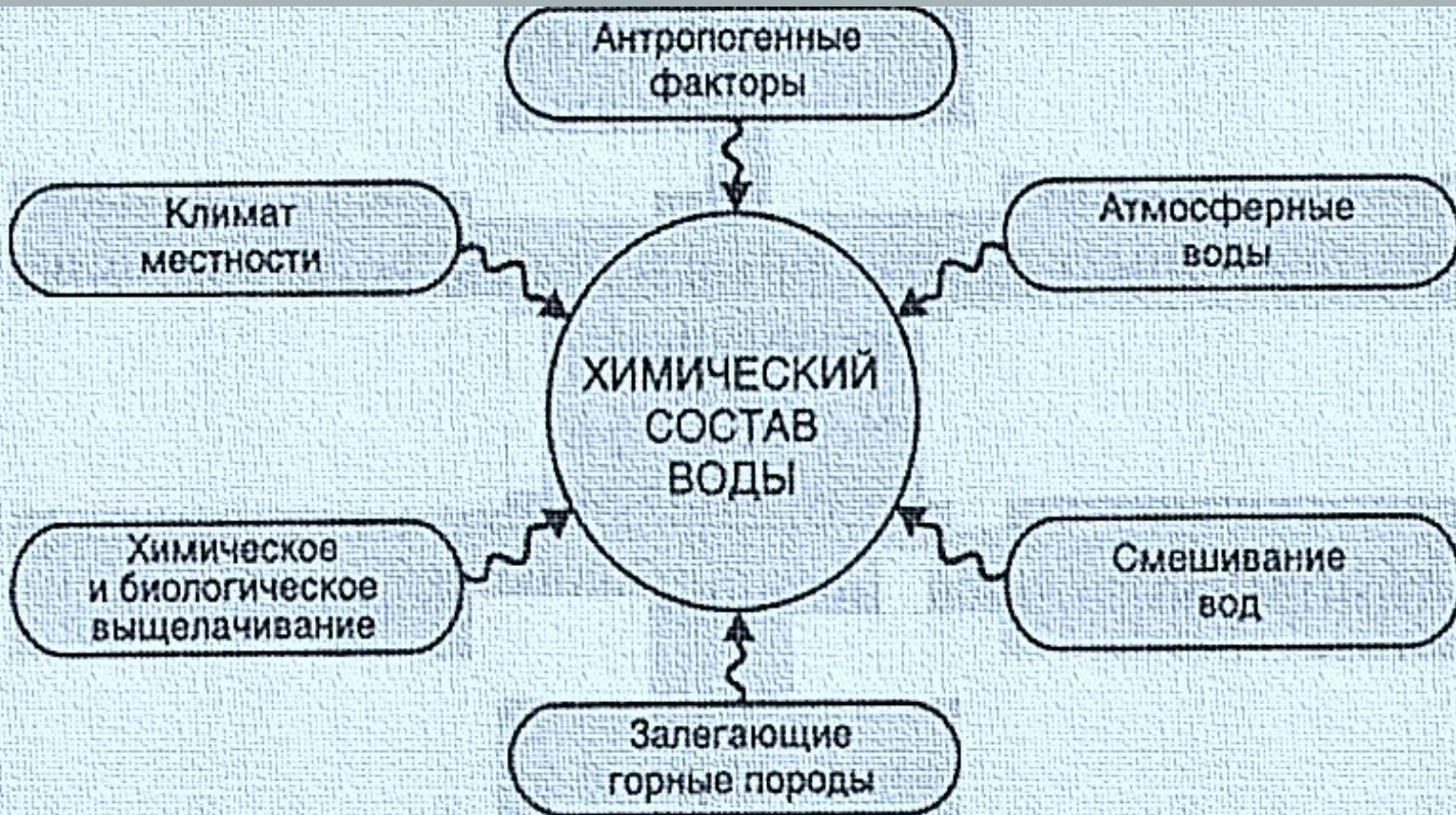


Сооружения ВОДОПОДГОТОВКИ.



Факторы, влияющие на формирование химического состава природных вод



Гигиенические требования



- Пищевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.*
- Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети.*
- Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям*



Критерии гигиенической оценки качества питьевой воды

Питьевая вода, отвечающая требованиям безопасности

доброкачественная – вода, **соответствующая нормативным требованиям по всем четырем критериям** ее оценки (эпидемическая и радиационная безопасность, безвредность химического состава, благоприятные органолептические свойства);



– условно доброкачественная – вода, **не влияющая на здоровье населения, но ухудшающая условия водопользования**, не соответствующая нормативным требованиям по одному из показателей с учетом следующих критериев ее оценки: органолептические свойства: запах и привкус ≤ 3 баллов; мутность по каолину ≤ 2 1) мг/л, цветность ≤ 35 1) градусов; безвредность химического состава: содержание химических веществ, нормированных по органолептическому признаку вредности (железо- $>0,3 - <1$ мг/л 2); марганец - $>0,1 - <0,5$ мг/л 2); обобщенным показателям (общая минерализация - $> 1000 - <1500$ мг/л 2); общая жесткость - $> 7,0 - <10,0$ мг-экв/л 2)). эпидемическая безопасность: превышение норматива по ОМЧ в $>5\% - <10\%$ проб в течение 12 месяцев при количестве исследованных проб в 1-й точке не менее 100 за год **.

недоброкачественная
питьевая вода

вода, **не соответствующая требованиям по одному из четырех критериев** ее оценки (эпидемическая и радиационная безопасность, безвредность химического состава, благоприятные органолептические свойства).

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

03.02.2022

5



. Водородный показатель (рН, ед рН)

- Это десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком. Для всего живого в воде минимально возможная величина рН = 5, в питьевой воде допускается рН 6,0-9,0, в воде водоемов хозяйственно - питьевого и культурно-бытового водопользования - 6,5-8,5. Величина рН природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонатных анионов и свободного CO_2 .*



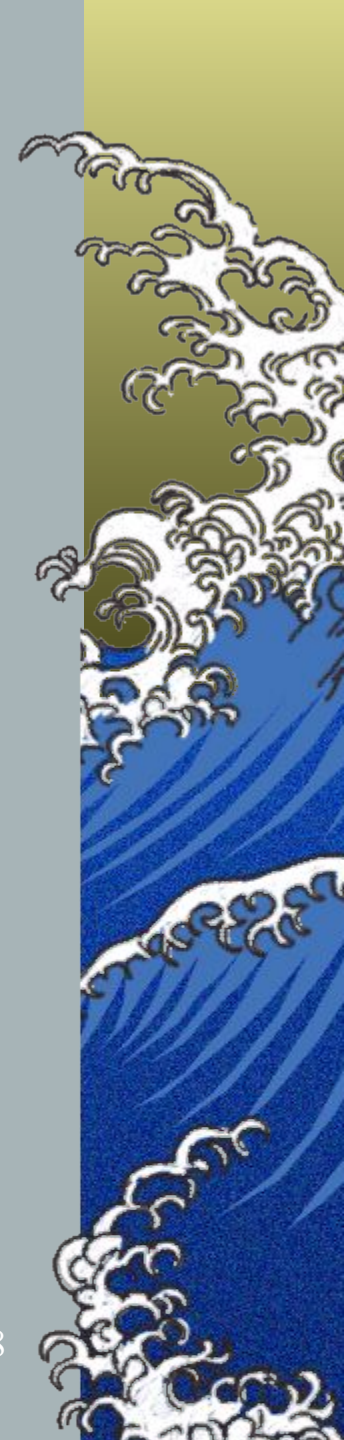
Общая жесткость

- Это совокупность концентраций ионов магния и кальция. В зависимости от величины общей жесткости воды различают воду очень мягкую (0 - 1,5 мг-экв/л), мягкую (1,5 - 3 мг-экв/л), средней жесткости (3 - 6 мг-экв/л), жесткую (6-9 мг-экв/л), очень жесткую (более 9 мг-экв/л). Оптимальной физиологический уровень жесткости составляет 3,0-3,5 мг-экв/л. Постоянное употребление внутрь воды с повышенной жесткостью приводит к накоплению солей в организме и, в конечном итоге, к заболеваниям суставов (артриты, полиартриты), к образованию камней в почках, желчном и мочевом пузырях. Жесткость выше 4,5 мг-экв/л приводит к интенсивному накоплению осадка в системе водоснабжения и на сантехнике, мешает работе бытовых приборов. Согласно инструкции по эксплуатации бытовой техники жесткость воды не должна превышать 1,5-2,0 мг-экв/л.



Хлориды

- *Содержание хлоридов в природных водах колеблется в широких пределах (от долей миллиграмма до нескольких граммов на литр) и обусловлено вымыванием солесодержащих пород или сбросом в водоемы промышленных и бытовых сточных вод. Наличие в воде хлоридов более 350 мг/л придает ей солоноватый привкус и приводит к нарушению пищеварительной системы у людей.*



Сульфаты

- *Содержание сульфатов в природных водах колеблется в широких пределах (от долей миллиграмма до нескольких граммов на литр) и обусловлено вымыванием солесодержащих пород или сбросом в водоемы промышленных и бытовых сточных вод. Наличие в воде сульфатов более 500 мг/л придает ей солоноватый привкус и приводит к нарушению работы пищеварительной системы у людей.*



Нитраты

- *Нитраты содержатся главным образом в поверхностных водах. Нитраты в концентрации более 20 мг/л оказывают токсическое действие на организм человека. Постоянное употребление воды с повышенным содержанием нитратов приводит к заболеваниям крови, сердечно-сосудистой системы, вызывает метгемоглобинемию у детей.*



Сульфиды (сероводород)

- *Встречаются в основном в подземных источниках воды, образуясь в результате процессов восстановления и разложения некоторых минеральных солей (гипса, серного колчедана др.). В поверхностных водах сероводород почти не встречается, т.к. легко окисляется. Появление его в поверхностных источниках может быть следствием протекания гнилостных процессов или сброса неочищенных сточных вод. Наличие в воде сероводорода придает ей неприятный запах, интенсифицирует процесс коррозии трубопроводов и вызывает их зарастание вследствие развития серобактерий.*



Железо

- *Содержание железа в воде выше норматива способствует накоплению осадка в системе водоснабжения, интенсивному окрашиванию сантехнического оборудования. Железо придает воде неприятную красно-коричневую окраску, ухудшает ее вкус, вызывает развитие железобактерий, отложение осадка в трубах и их засорение. Эти обрастания вторично ухудшают органолептические свойства воды за счет слизиобразования, присущего железобактериям. Высокое содержание железа в воде приводит к неблагоприятному воздействию на кожу, может сказаться на морфологическом составе крови, способствует возникновению аллергических реакций.*



Марганец

- По данным ВОЗ, содержание марганца в питьевой воде до 0,5 мг/л не приводит к нарушению здоровья человека. Однако присутствие марганца в таких концентрациях может быть неприемлемым для водопотребителей, поскольку вода имеет металлический привкус и окрашивает ткани при стирке. Присутствие марганца в питьевой воде может вызывать накопление отложений в системе распределения. Даже при концентрации 0,02 мг/л марганец часто образует пленку на трубах, которая отслаивается в виде черного осадка.



Окисляемость перманганатная

- *Общая концентрация кислорода, соответствующая количеству иона перманганата (MnO_4^-), потребляемому при обработке данным окислителем пробы воды. Характеризует меру наличия в воде органических и окисляемых неорганических веществ. Этот параметр в основном предназначен для оценки качества водопроводной воды. Значение перманганатной окисляемости выше $2\text{ мгО}_2/\text{л}$ свидетельствует о содержании в воде легко окисляющихся органических соединений, многие из которых отрицательно влияют на печень, почки, репродуктивную функцию организма. При обеззараживании такой воды хлорированием образуются хлоруглеводороды, значительно более вредные для здоровья населения (например, хлорфенол).*



Аммоний (по NH_4) (азот аммонийный)

- *Конечный продукт разложения белковых веществ -аммиак. Наличие в воде аммиака растительного или минерального происхождения не опасно в санитарном отношении. Если же аммиак образуется в результате разложения белка сточных вод, такая вода непригодна для питья. Превышение в питьевой воде ПДК по содержанию аммония может свидетельствовать о попадании фекальных стоков или органических удобрений в источник. По данным ВОЗ, содержание аммония не должно превышать 0,5 мг/л. Постоянный прием внутрь воды с повышенным содержанием аммония вызывает хронический ацидоз и изменения в тканях. Кроме того, аммиак (в виде газа) раздражает конъюнктиву глаз и слизистые оболочки.*



Щелочность

- *(потребление кислоты аликвотной частью образца воды при титровании 0,05н HCl).*
- *Под общей щелочностью воды подразумевается сумма содержащихся в воде гидроксильных ионов OH и анионов слабых кислот, например угольной (HCO-3 и CO-2/3)*



Кремний

- *Кремневая кислота относится к слабым минеральным кислотам, соли которых присутствуют в природной воде. В некоторых реках, а также в скважинах диоксид кремния присутствует в виде чрезвычайно мелко диспергированных коллоидных частиц.*



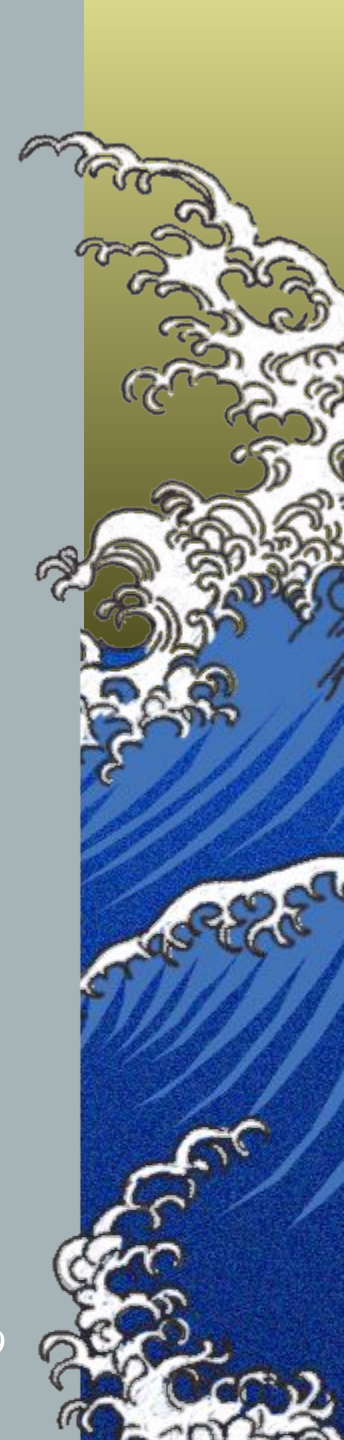
Сухой остаток

- *Минерализация воды характеризуется двумя аналитически определяемыми показателями - сухим остатком и жесткостью. Сухой остаток определяется термогравиметрическим методом (выпаривание пробы воды на водяной бане и высушивания чашки при 105 °С. В процессе обработки из пробы удаляются летучие компоненты и вещества, разлагающиеся с образованием летучих компонентов. Для гигиенистов сухой остаток служит ориентиром содержания в воде неорганических солей.*



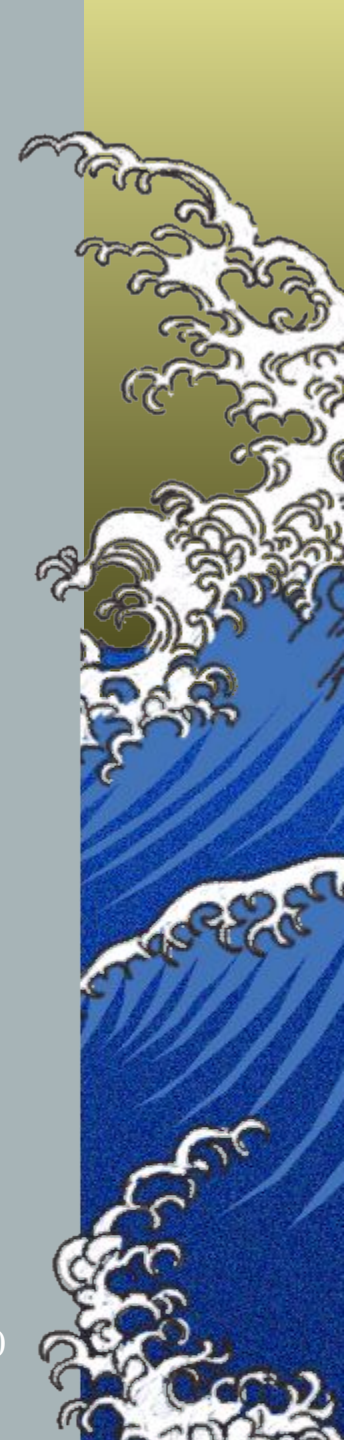
Кислород растворенный

- *Кислород присутствует в природной воде в результате его растворения при контакте воды с воздухом. Концентрация растворенного O резко снижается с повышением температуры воды. Так, при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ растворимость составляет 9080 мкг/кг , при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ - 4700 мкг/кг , при $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ - 1500 мкг/кг .*



Углекислый газ

- Углекислый газ присутствует в природной воде как в результате его растворения из воздуха, так и за счет протекания в воде и почве различных биохимических процессов. Равновесная концентрация CO_2 в воде также значительно снижается с ростом температуры. Так, при 20°C растворимость составляет 500 мкг/кг , при 60°C - 190 мкг/кг , при 80°C - 100 мкг/кг . Растворенный в воде углекислый газ образует угольную кислоту $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$, которая диссоциирует с образованием бикарбонатных и карбонатных ионов: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$. Соотношение между концентрациями различных форм угольной кислоты в воде зависит от pH и температуры.



Хлор остаточный

- *С уровнем избыточного, или так называемого остаточного, хлора в воде связывают в настоящее время представление о надежности обеззараживания. Поскольку хлорирование воды проводят хлором, находящимся в воде в свободной или связанной форме, остаточные его количества присутствуют в воде в виде свободного (хлорноватистая кислота, гипохлоритный ион) или связанного (хлораминового) хлора. В силу бактерицидной активности этих форм хлора различны и нормативы их содержания в питьевой воде (для свободного хлора - 0,3-0,5 мг/л, для связанного - 0,8-1,2 мг/л). Все соединения активного хлора обладают очень сильным бактерицидным действием, но если их концентрация больше нормативов, то они вызывают раздражение кожи, слизистых оболочек, дыхательных путей. Известно также, что при хлорировании воды образуется HClO которая взаимодействует с железом, образуя растворимые соли, что повышает коррозионную активность такой воды.*



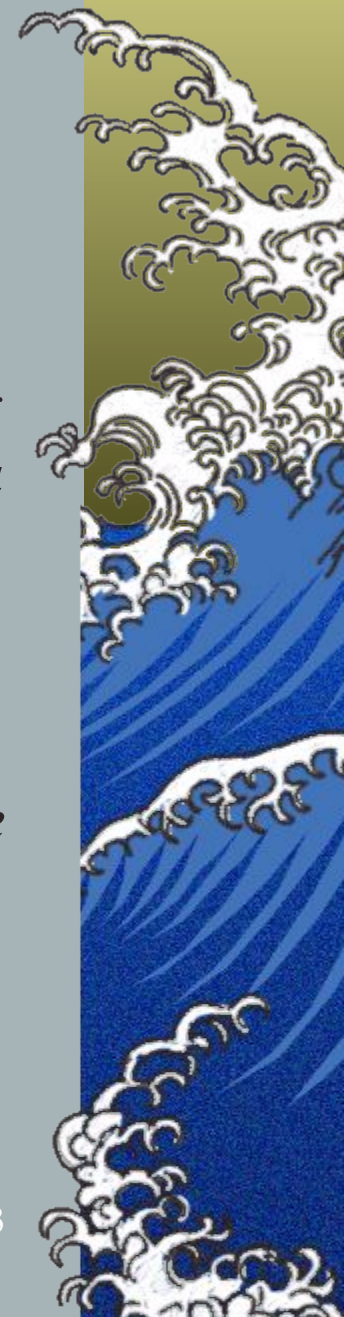
Медь и её соединения

- Широко распространены в природе, поэтому их часто обнаруживают в природных водах. Концентрации меди в природных водах обычно составляют десятые доли мг/л, в питьевой воде могут увеличиваться за счет вымывания из материалов труб и арматуры, особенно мягкой, активной водой. Свойства меди в воде зависят от значения рН воды, концентрации в ней карбонатов, хлоридов и сульфатов. Медь придает воде неприятный вяжущий привкус в низких концентрациях (более 1,0 мг/л).



Алюминий

- *Высокие концентрации алюминия в природной воде встречаются нечасто и зависят от многих факторов (рН, наличия и концентрации комплексообразователей, окислительно - восстановительный потенциал системы, загрязнение промышленными сточными водами). В основном источником поступления алюминия в водопроводную воду являются коагулянты на основе солей алюминия.*
- *Имеются сведения о нейротоксичности алюминия, его способности накапливаться при определенных условиях в нервной ткани, печени и жизненно важных областях головного мозга.*



Микробиологические показатели

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии 2)	Число бактерий в 100 мл"	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

Обобщенные показатели

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Водородный показатель	единицы pH	в пределах 6 - 9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500) 2)		
Жесткость общая	ммоль/л	7,0 (10) 2)		
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивны	мг/л	0,5		
Фенольный	мг/л	0,25		

Неорганические вещества

Алюминий	мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий	-"-	0,1	-"-	2
Бериллий	-"-	0,0002	-"-	1
Бор (В, суммарно)	-"-	0,5	-"-	2
Железо (Fe, суммарно)	-"-	0,3 (1,0) 2)	орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	-"-	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	-"-	0,1 (0,5) 2)	орг.	3

Медь (Cu, суммарно)	-"-	1,0	"	3
Молибден (Mo, суммарно)	-"-	0,25	с.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	-"-	0,05	с.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	с.-т.	3
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	-"-	45	орг.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	-"-	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	-"-	0,03	-"-	2
Селен (Se, суммарно)	-"-	0,01	-"-	

Стронций (Sr_2^+)	-"-	7,0	-"-	2
Сульфаты (SO_4^{2-})	-"-	500	орг.	4
Фториды (F^-) -"-для климатически х районов				
- I и II	-"-	1,5	с.-т.	2
- III	-"-	1,2	-"-	2
Хлориды (Cl)	-"-	350	орг.	4
Хром(Cr^{6+})	-"-	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN^-)	-"-	0,035	-"-	2
Цинк (Zn^{2+})	-"-	5,0	орг.	3

Органические вещества				
g-ГХЦГ (линдан)	-"-	0,002 з)	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	-"-	0,002 з)	-"-	2
2,4-Д	-"-	0,03 з)	-"-	2

Таблица 4

Показатели	Единицы измерения	Нормативы, не более
Запах	Баллы	2
Привкус	-"	2
Цветность	Градусы	20 (35)1)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	2.6(3.5)1) 1.5(2)

Таблица 5

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатель вредности
Общая а - радиоактивность	Бк/л	0,1	радиац.
Общая б - радиоактивность	Бк/л	1,0	радиац.

ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ВОДЫ



Основные методы водоподготовки

- Сравнивая данные качества воды природных источников (полученные по результатам анализа) с требованиями потребителей определяют мероприятия для ее обработки.

В практике водоснабжения
применяются следующие основные
технологические операции для
улучшения качества воды:

- осветление – удаление взвешенных веществ;
- - обесцвечивание – устранение веществ, придающих воде цвет;
- - обеззараживание – уничтожение содержащихся в воде бактерий;
- - опреснение – частичное удаление растворенных солей до норм;
- - умягчение – удаление солей кальция и магния, обуславливающих жесткость воды;
- - обезжелезивание – освобождение воды от растворимых соединений железа;
- - обесфторивание – удаление соединений фтора;
- - фторирование – добавление в воду фтора;
- - дегазация – удаление из воды растворимых газов (H_2S , CO_2 , O_2);
- - дезактивация – удаление из воды радиоактивных веществ.

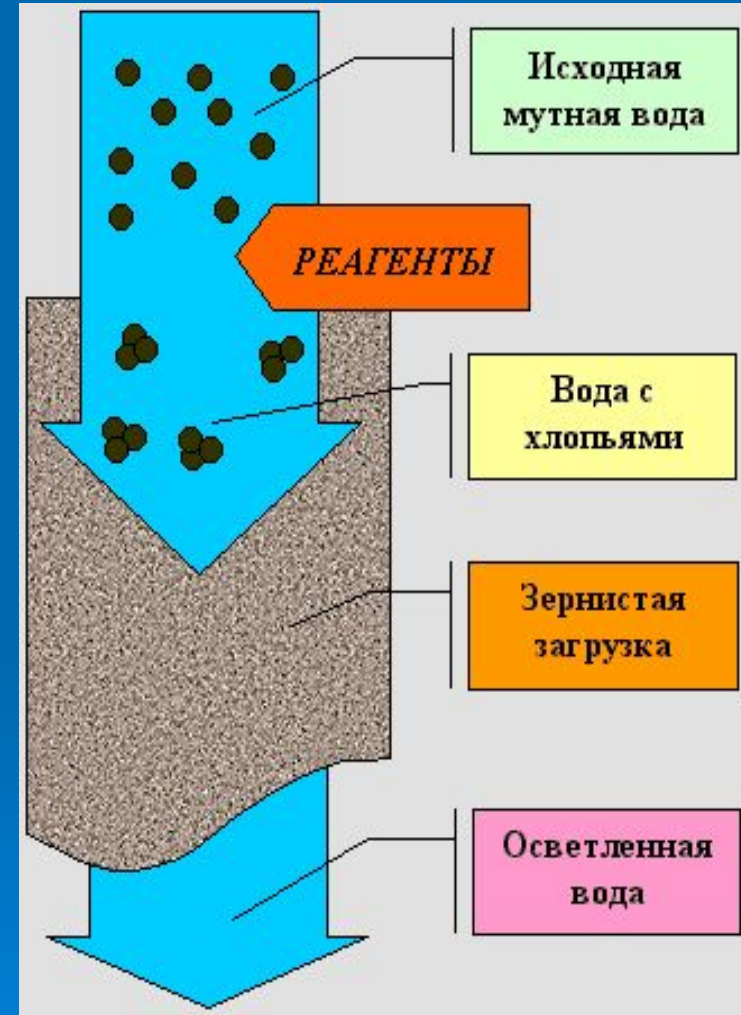
Перед использованием воды в технологических системах потребителей ее необходимо обработать. Основные процессы обработки воды для технического водоснабжения проходят в очистных сооружениях, в задачу которых ВХОДИТ:

- 1. удаление из воды содержащихся в ней взвешенных (нерастворимых) веществ (осветление воды);
- 2. устранение веществ, обуславливающих цветность воды (обесцвечивание воды);
- 3. уничтожение содержащихся в воде бактерий (обеззараживание воды);
- 4. удаление из воды катионов кальция и магния (умягчение воды).

ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ - удаление из воды взвешенных и коллоидных веществ.

Коагуляция - это процесс укрупнения, агрегации коллоидных и тонкодиспергированных примесей воды, происходящий вследствие взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения.

Образующиеся при коагуляции крупные частицы осаждаются во много раз быстрее. В качестве коагулянта чаще всего применяют: сернокислый алюминий, железный купорос, хлорное железо (Al_2SO_4 ; $FeSO_4$; $FeCl$). Глубина зоны осаждения $H=2,5...3,5$ м.

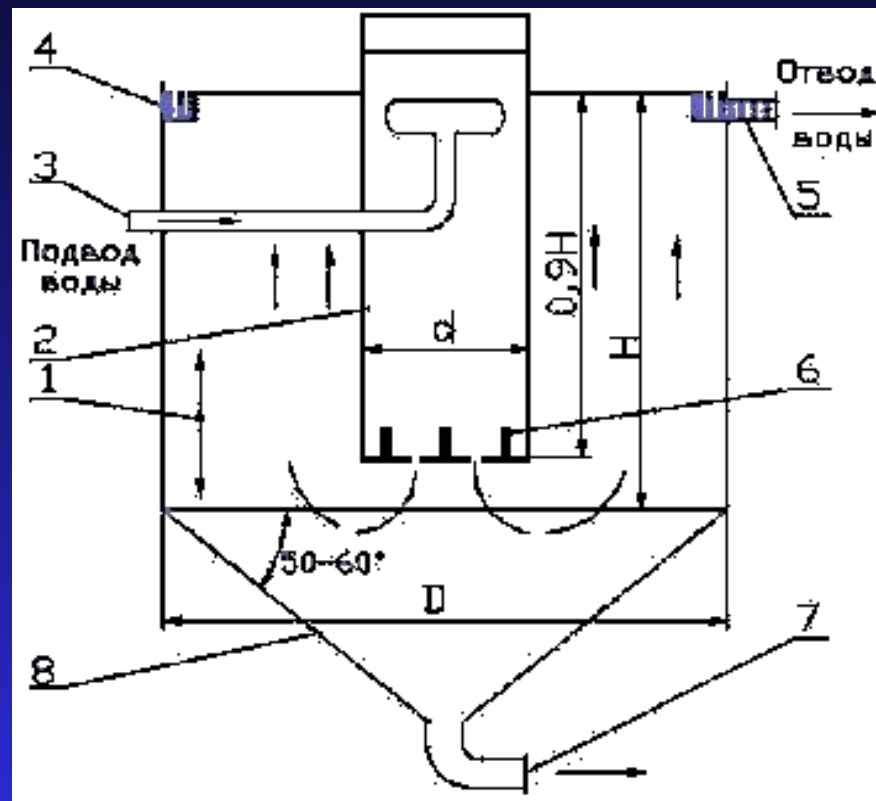
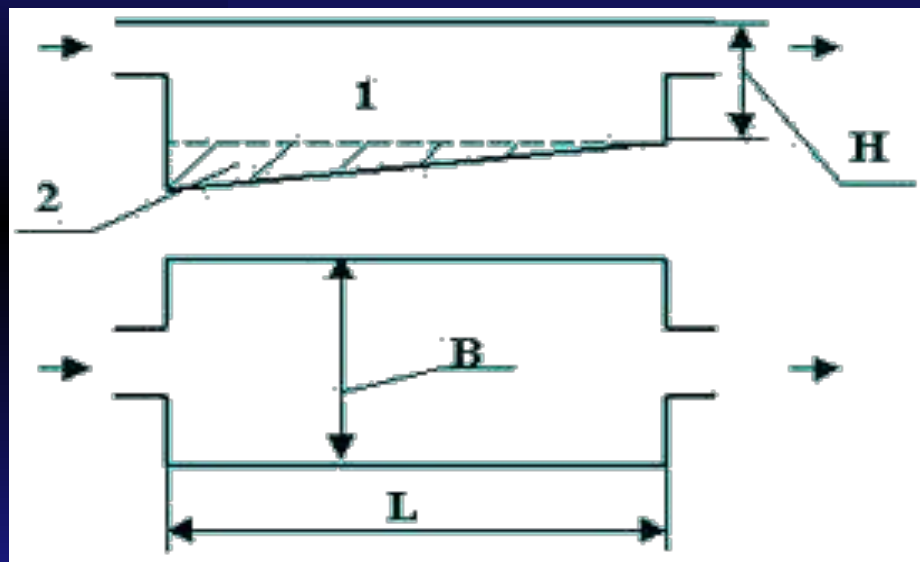


Осветление воды

- Удаление взвешенных механических примесей природных и сточных вод чаще всего осуществляется:
 1. путем отстаивания воды в отстойниках;
 2. пропуском воды через слой ранее выпавшего осадка в осветлителях;
 3. пропуском воды через слой зернистого материала в фильтрах, или же путем комбинированного использования данных устройств.

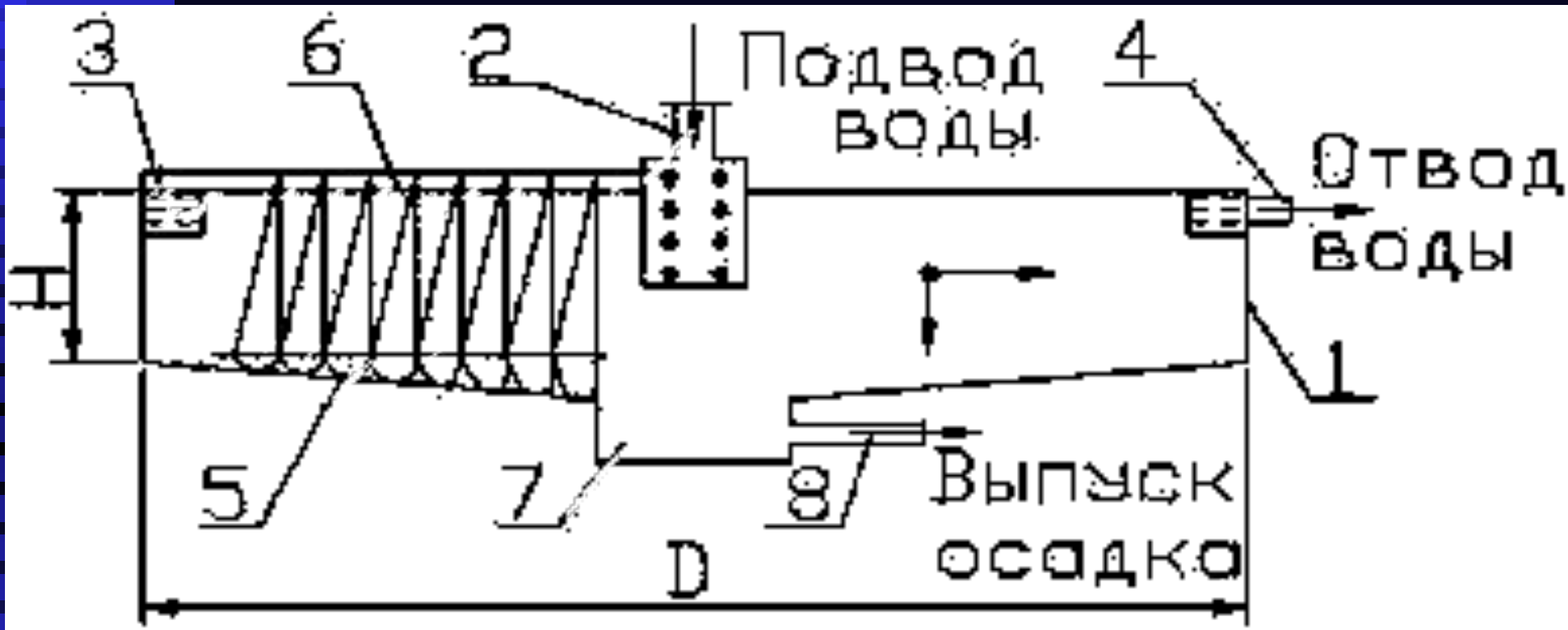
Отстаивание воды

- Отстаивание воды осуществляется в горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойниках.



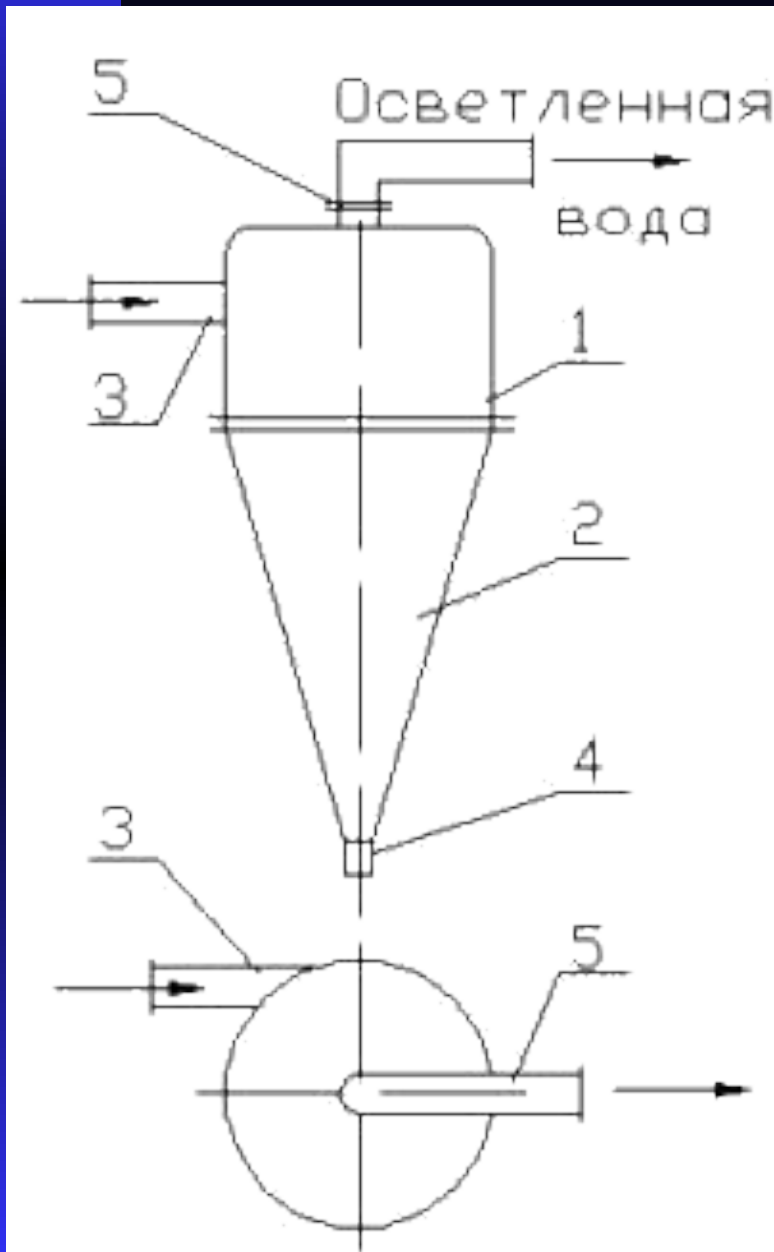
1 – корпус; 2 – центральная труба; 3 – подающая труба; 4 – сборный желоб; 5 – отводная труба; 6 – гаситель; 7 – труба отвода осадка. u – скорость движения воды; u_s – скорость выпадения частиц (в неподвижной воде)

Радиальные отстойники



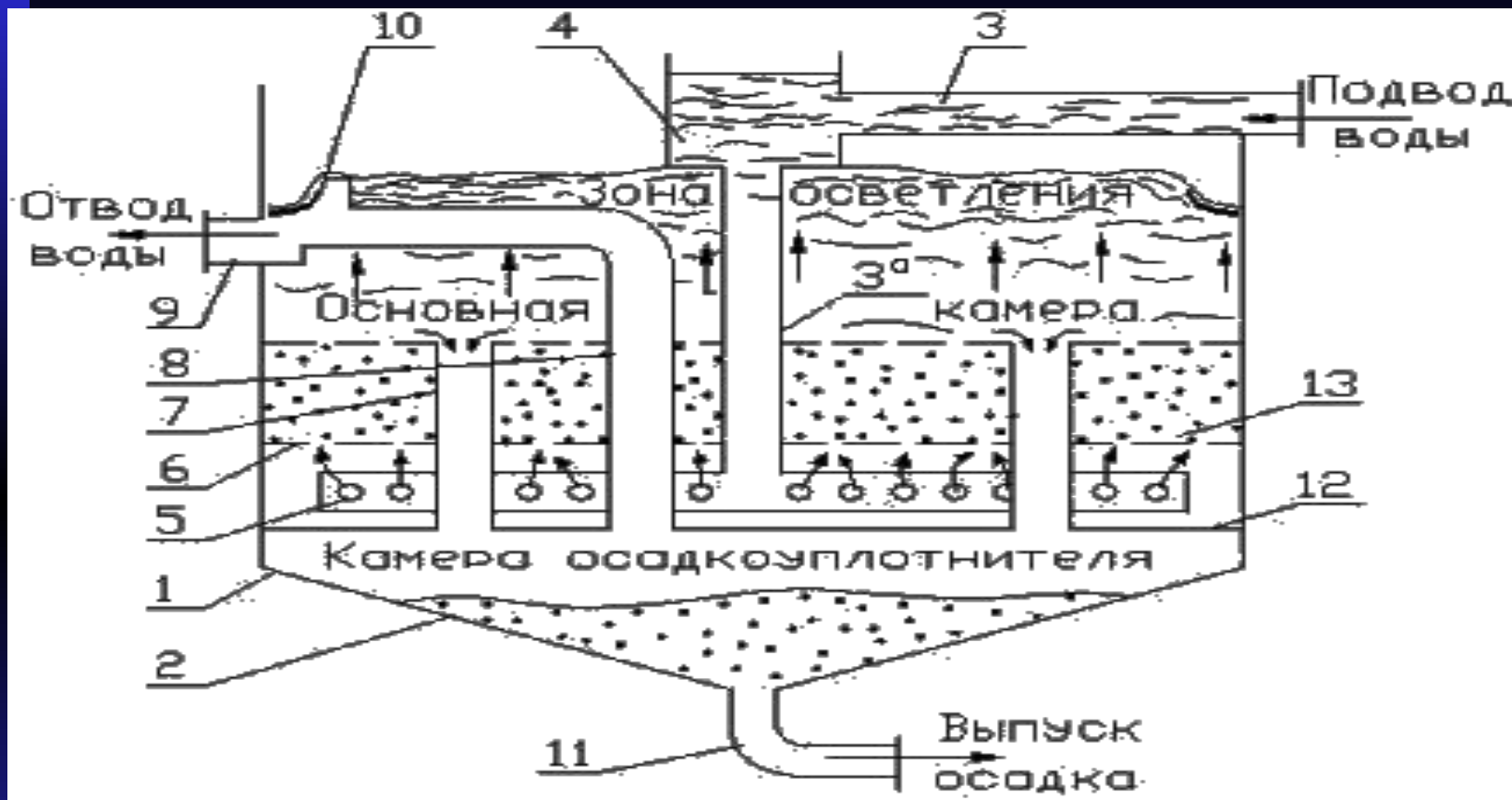
- 1 — железобетонный резервуар; 2 — центральный распределительный цилиндр; 3 — круговой водосливной желоб; 4 — отводная труба; 5 — скребки; 6 — вращающаяся ферма; 7 — приямок; 8 — грязевая труба.

Безнапорный Гидроциклон



- 1 – корпус;
- 2 – коническое днище;
- 3 – тангенциально расположенный подающий патрубок;
- 4 – выпускной патрубок;
- 5 – отводящий патрубок.

Осветление воды в осветлителях со взвешенным осадком

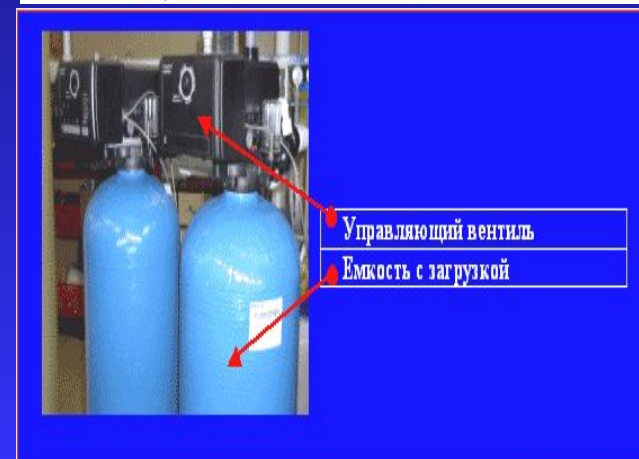


1 – корпус; 2 – коническое дно; 3 – подводящий патрубок; 3^а – вертикальная труба; 4 – лоток; 5 – дырчатые трубы; 6 – взвешенные слои осадка; 7 – осадкоотводящие трубы; 8 – труба; 9 – отводящий патрубок; 10 – лоток; 11 – патрубок отвода; 12 – сплошное днище; 13 – дырчатое днище.

Фильтрация воды

— это следующий после коагуляции и отстаивания процесс для освобождения воды от взвешенных веществ, оставшихся после первых этапов очистки

При фильтрации вода проходит через пористую среду, образованную слоем фильтрующего материала.



Существует большое разнообразие фильтров, различающихся:

- 1) видом фильтрующегося материала;
- 2) скоростью фильтрования;
- 3) механизмом задержания взвешенных частиц;
- 4) конструктивным оформлением.

Фильтры по виду фильтрующей среды делятся на:

- зернистые- песок, антрацит, керамзит;
- - сетчатые – сетки с ячейками различных размеров;
- - каркасные или намывные – диатомитовые;
- - с плавающей загрузкой – гранулы вспененного пенополистирола.

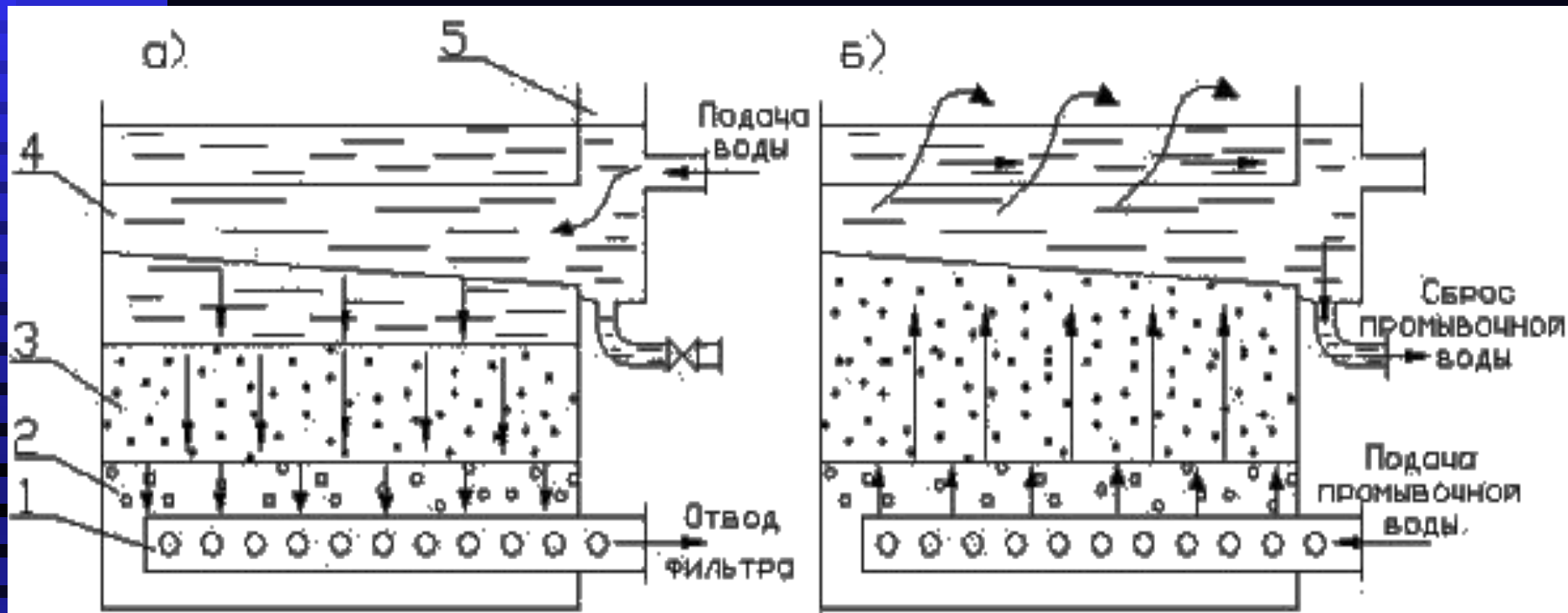
По скорости фильтрования различают:

- медленные фильтры $\omega_{\phi} = 0,3$ м/ч (открытые);
- - скорые $\omega_{\phi} = 2 \dots 15$ м/ч (открытые и напорные);
- - сверхскорые $\omega_{\phi} = 25$ м/ч (напорные).

Вода в процессе фильтрования может проходить через фильтры:

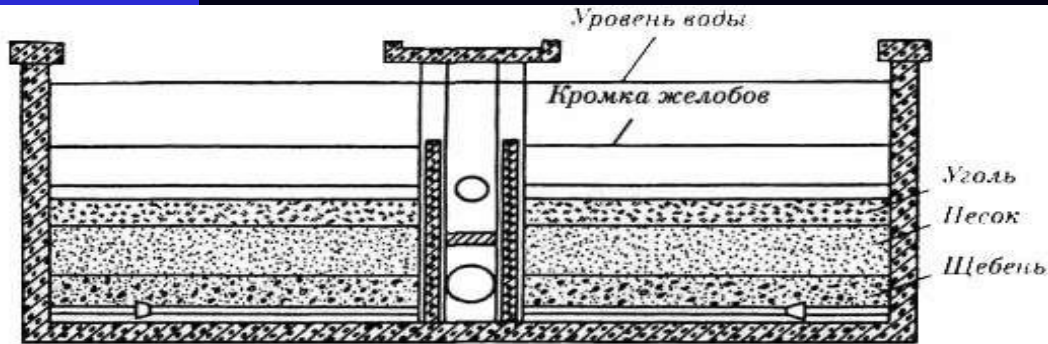
- 1) самотеком – благодаря превышению уровня воды в фильтре над уровнем воды в резервуаре чистой воды (в который вода отводится);
- 2) под напором (обычно создаваемым насосами) – фильтры в этом случае устраиваются в виде закрытых напорных резервуаров.

Осветление воды в самотечном фильтре

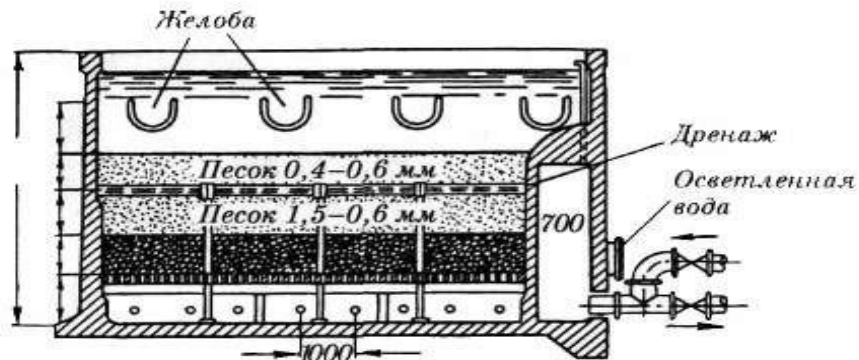


- 1 – дренажное устройство;
- 2 – слой поддерживающего материала (гравия);
- 3 – слой фильтрующего материала (песка);
- 4 – желоб;
- 5 – карман.

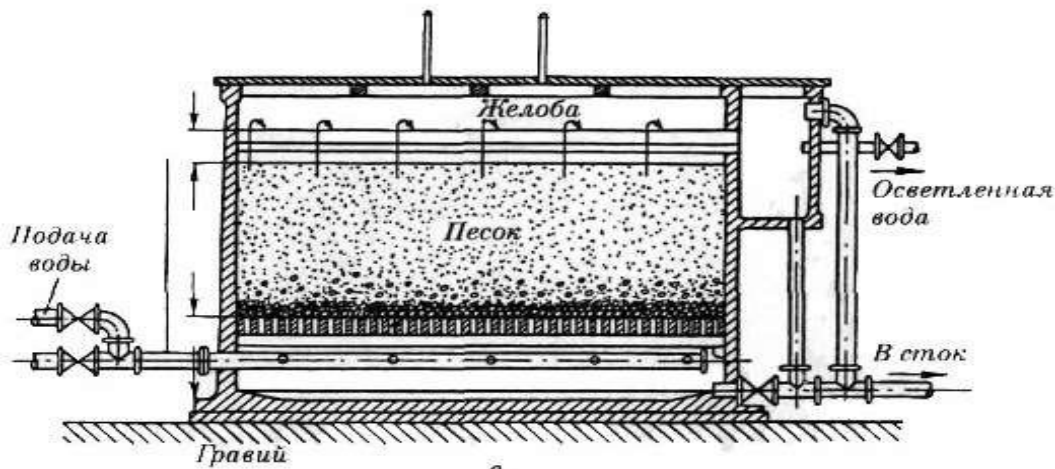
Скорый безнапорный фильтр



а

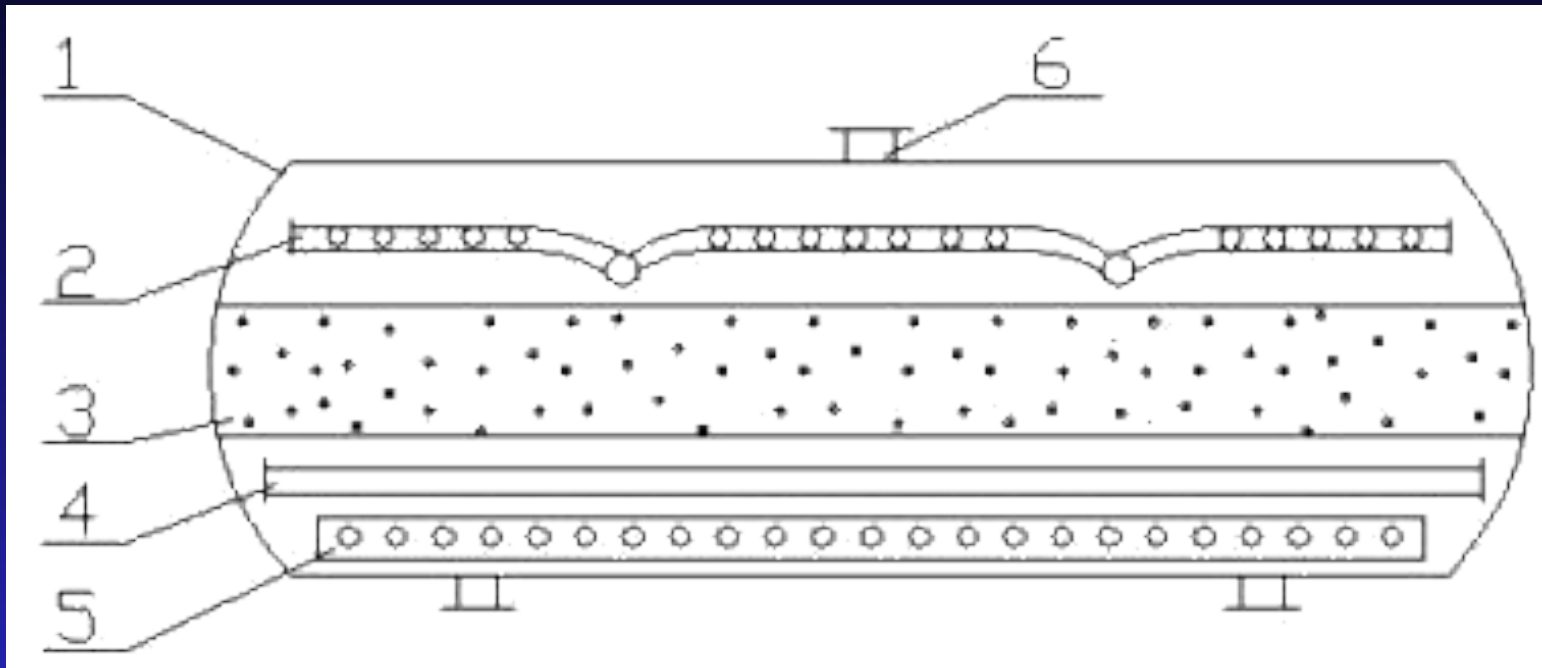


б



в

Горизонтальный напорный фильтр



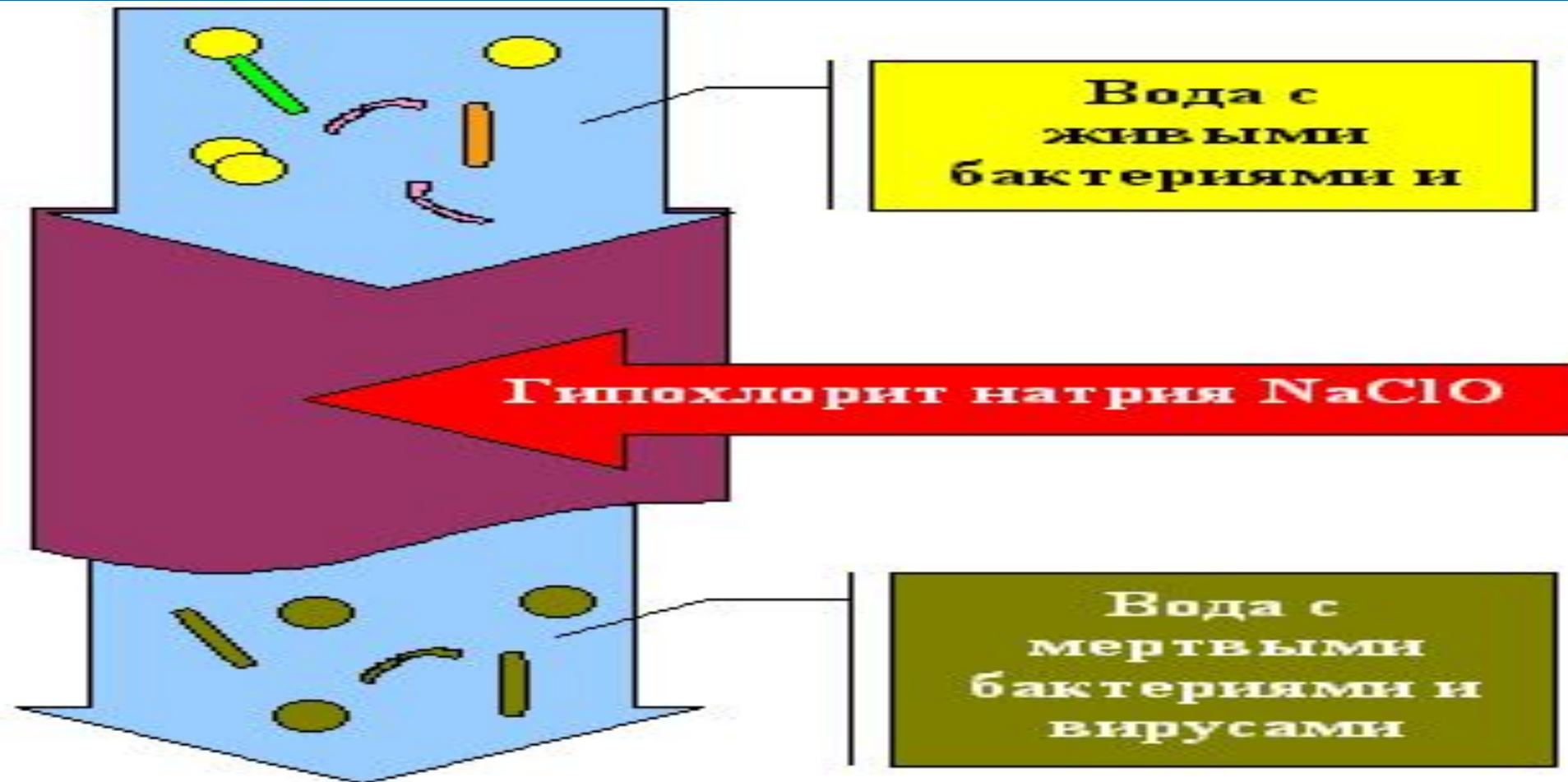
- 1 – корпус фильтра; 2 – дырчатые трубы для подачи воды;
- 3 – фильтрующий материал; 4 – распределительная система для воздуха;
- 5 – нижний дырчатый коллектор для сбора фильтрата;
- 6 – штуцер для выпуска воздуха.

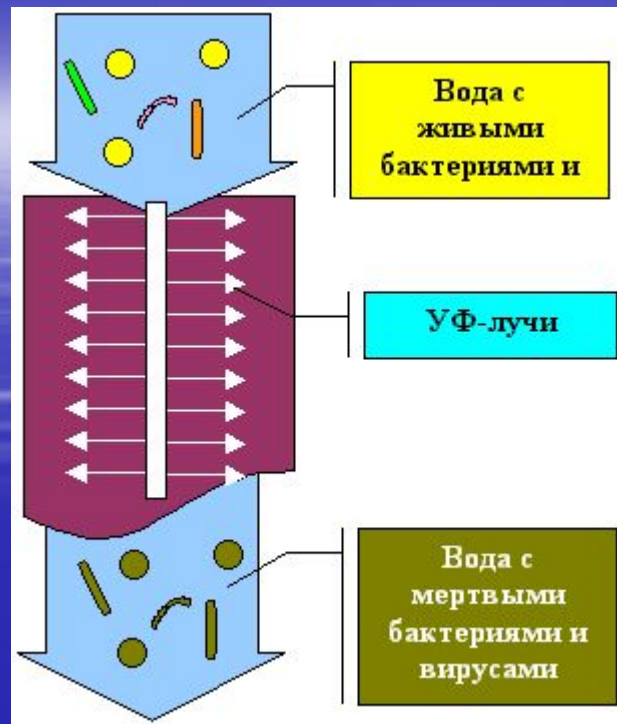
Обеззараживание воды, уничтожение запахов и привкусов

Задачи обеззараживания

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ – УНИЧТОЖЕНИЕ

количества болезнетворных организмов в воде путем обработки воды газообразным хлором, озоном, ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком, малыми концентрациями тяжелых металлов и высокой температурой.





- Блок питания
- Корпус реактора
- УФ-лампа



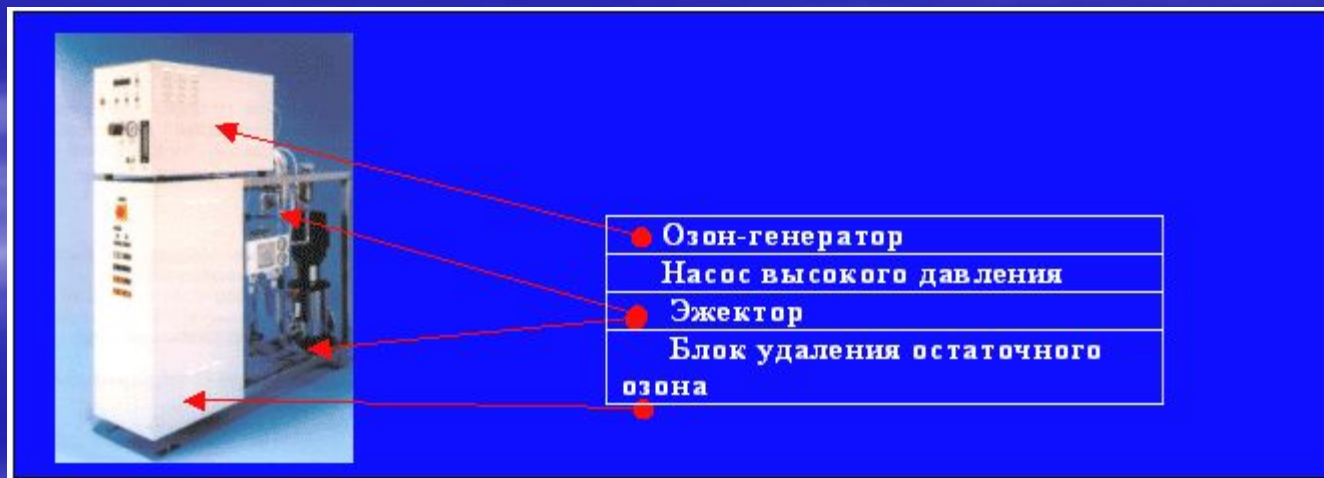
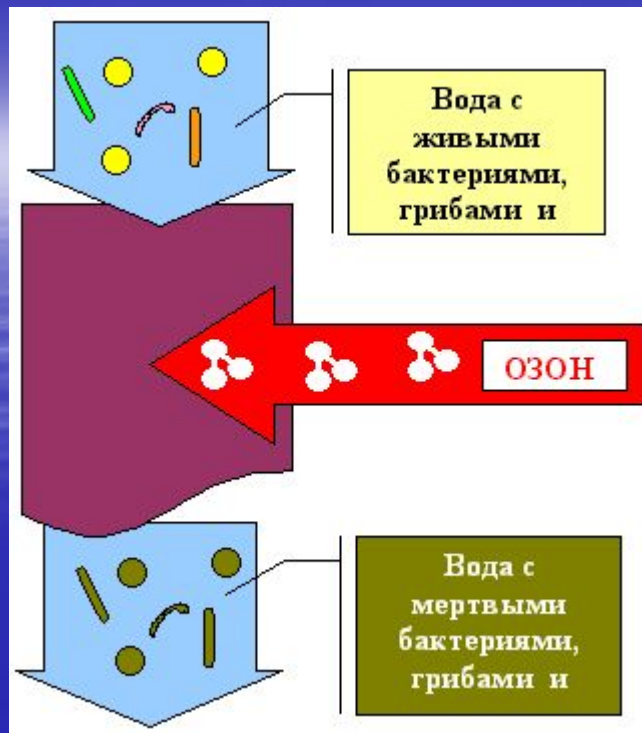
-Озонирование

■ ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ:

- Озонирование - процесс обеззараживания воды молекулой, состоящей из трех атомов кислорода и имеющей высокий окислительный потенциал. Озон действует на микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы) в 15-20 раз быстрее хлора. Кроме того, озон влияет на жизнедеятельность фито и зоопланктона. Кроме того, озон окисляя органические и неорганические соединения, улучшает вкус и запах и цветность воды. Молекула озона неустойчива, поэтому его остаточные количества быстро разлагаются в воде. На эффект обеззараживания озоном температура и pH воды оказывает незначительное влияние.

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

- Система озонирования воды состоит из озон-генератора, насоса высокого давления, эжектора воздуха и специального блока для контроля содержания и удаления остаточного озона. Озон-генератор как основной элемент конструкции в свою очередь состоит из электродов высокого и низкого напряжения с диэлектрической прослойкой, системы охлаждения (водяная, воздушная, масляная), устройства для фильтрования и осушки воздуха, водоводов сырой и озонированной воды.



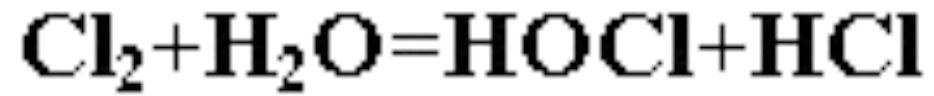
- Отстаиванием и фильтрованием не достигается полная очистка воды от содержащихся в ней микроорганизмов. Поэтому в системах хозяйственно-питьевого назначения и в некоторых системах технологического назначения (пищевая, фармацевтическая и др. промышленности) для окончательного удаления микроорганизмов применяется обеззараживание (дезинфекция) воды.
- В некоторых случаях дезинфекция применяется как единственная самостоятельная мера очистки воды (например, при использовании подземных вод, ненадежных с санитарной точки зрения).
- Обеззараживание воды может быть осуществлено при помощи различных мероприятий: хлорирование, озонированием, бактерицидным облучением и другими.
- В современной практике очистки воды наиболее широкое распространение получила ее дезинфекция путем хлорирования.

Хлорирование воды

- Для хлорирования воды на очистных станциях систем водоснабжения используется жидкий хлор и хлорная известь. Хлорная известь используется для станций малой производительности.

Хлорирование воды жидким хлором.

- При введении хлора в воду образуются хлорноватистая и соляная кислоты
- Далее происходит диссоциация образовавшейся хлорноватистой кислоты:



- Получающиеся в результате диссоциации **HOCl** гипохлоритные ионы **OCl⁻** обладают наряду с недиссоциированными молекулами **HOCl** бактерицидным свойством.
- Сумма $Cl_2 + HOCl + OCl^-$ называется свободным активным хлором.
- Назначение дозы хлора является исключительно важным: недостаточная доза хлора приводит к тому, что он не оказывает необходимого бактерицидного действия; излишняя доза хлора ухудшает вкусовые качества воды.

- При введении хлора в воду необходимо организовать хорошее смешение его с водой. До подачи хлорированной воды потребителю должно предшествовать время контакта хлора с водой (не менее 30 минут). Это происходит обычно в резервуаре чистой воды.
- Иногда применяют хлорирование перед поступлением воды на отстойнике (предварительное хлорирование), что способствует процессу коагуляции и снижению расхода коагулянта на самих очистных установках, а также поддержанию хорошего санитарного состояния на них.
- Хлор поступает на станцию в металлических баллонах в сжиженном состоянии. Из баллонов хлор подается в воду через специальные приборы – хлораторы, в которых осуществляется его дозирование и смешивание с водой. Получаемая «хлорная вода» поступает в обрабатываемую воду.

Хлораторы

- Существуют хлораторы различных типов. По времени функционирования различают хлораторы непрерывного действия, рассчитанные на непрерывную подачу определенных количеств газа в единицу времени, и хлораторы порционные, которые подают через некоторый промежуток времени определенную порцию газа.
- Существуют хлораторы, автоматически меняющие количество подаваемого хлора при изменении расхода обрабатываемой воды.
- Кроме того, различают хлораторы напорные и вакуумные.
- Недостатком напорных хлораторов является возможность утечки из них хлора, являющегося ядовитым веществом, что представляет собой опасность для обслуживающего персонала. Эта опасность отсутствует в вакуумных хлораторах, которые и рекомендуются для практического использования в установках по обеззараживанию воды.

Проектирование и эксплуатация хлораторных установок

- При проектировании и эксплуатации хлораторных установок необходимо учитывать требования, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала от вредного воздействия хлора.
- Помещение хлораторной должно быть расположено на первом этаже фильтровальной или насосной станции, либо примыкать к ним, либо находится в отдельном здании.
- В помещении хлораторной, примыкающей к зданию фильтровальной станции, должно быть две двери: одна – ведущая в помещении станции, другая – ведущая наружу. Двери должны герметически закрываться. В помещении хлораторной необходимо предусмотреть систему искусственной вытяжной вентиляции.
- При расходовании установкой более трех баллонов жидкого хлора в сутки при хлораторной необходимо устроить склад баллонов, рассчитанный на хранение трехсуточного запаса хлора.

Озонирование воды

- Обеззараживание воды с помощью озона получает в настоящее время широкое распространение.
- Озонирование осуществляется пропуском через воду озонированного воздуха, т.е. воздуха, в котором кислород частично переведен в трехатомную форму (O_3).
- Озон обеспечивает надежное обеззараживание воды.

Озон обладает рядом преимуществ по сравнению с хлором:

- 1) Получается непосредственно на станции очистки воды;
- 2) Не ухудшает вкусовых качеств воды;
- 3) Не приводит к возникновению в ней запахов.

- Озон токсичен: предельно-допустимое содержание его в воздухе помещений, где находятся люди **0,00001 мг/л.**
следовательно, озоновые установки не должны пропускать озон в помещение.

- Озон получается в озонаторах (генераторах озона) в результате тихого электрического разряда в подаваемом воздухе. Генераторы озона различных систем серийно изготавливаются промышленностью.
- Для смешения воды с озоном служат смесители, туда озон подается вместе с воздухом через распределительную систему. Контакт воды с мельчайшими пузырьками озона происходит в условиях противотока.
- Опыт использования озона показывает возможность использования его для борьбы с вирусом, озонирование успешно используется также для обесцвечивания воды, борьбы с запахами и привкусами. Наконец, озонирование может использоваться для удаления из воды солей железа и марганца.

Бактерицидное облучение воды

- Уничтожение бактерий, которые находятся в воде, может быть достигнуто путем обработки воды ультрафиолетовыми лучами.
- Процесс обеззараживания воды бактерицидными лучами осуществляется на специальных установках. В этих установках вода тонким слоем обтекает источники бактерицидного излучения – ртутно - кварцевые или аргоно-ртутные лампы.

- Обеззараживающие установки могут быть напорного и безнапорного типа, состоящие из нескольких (двух-пяти) последовательно соединенных камер. Производительность установки в зависимости от числа камер равна **30...150 м³/ч**. конструкция установки допускает внутреннее давление до **0,5 МПа**.

Метод обеззараживания воды бактерицидными лучами имеет ряд преимуществ по сравнению с хлорированием:

- 1) Простота в эксплуатации установок;
- 2) Нет необходимости в применении реагентов;
- 3) Не ухудшаются вкусовые качества воды.

- Стоимость обеззараживания воды бактерицидными лучами не дороже стоимости хлорирования.
- К недостаткам метода следует отнести то, что установка эффективно может работать с водой, обладающей наибольшей проницательностью для лучей – с прозрачной водой. Для воды повышенной мутности и цветности невозможно использовать установки этого типа.

Удаление запахов и привкусов в воде

- Наличие запахов и привкусов в природной воде обуславливается выделением пахнущих веществ микроорганизмами и водорослями.
- Для удаления запахов и привкусов можно применять хлорирование. Если хлорирование воды проводится для обеззараживания, то уничтожение запахов и привкусов может быть произведено попутно.

- Для уничтожения запахов и привкусов, вызываемых микроорганизмами, применяется также метод сорбционного фильтрования. Воду фильтруют через слой активированного угля. Объем загрузки фильтра из активированного угля составляет $0,06...0,12 \text{ м}^3$ на $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ фильтруемой воды.
- Уничтожению привкусов и запахов природной воды может также способствовать введение в нее перманганата калия ($0,1..2 \text{ мг/л}$).
- Запахи и привкусы в воде могут быть вызваны также наличием в ней некоторых неорганических веществ, например, сероводорода и железа. Уничтожение этих запахов и привкусов производится одновременно с процессами обезжелезивания воды и удаления из нее сероводорода.

Обезжелезивание воды

- Наличие в воде большого количества железа придает ей неприятный привкус, делает ее непригодной для хозяйственно-производственного потребления и вызывает отложения в трубах водопроводной сети.
- Содержание железа в воде хозяйственно-питьевых водопроводов не должно превышать **0,3 мг/л**.
- Некоторые производства предъявляют к воде еще более жесткие требования.

- В подземных водах железо чаще всего встречается в растворенном состоянии в виде двууглекислого соединения $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.
- В водах поверхностных источников железо может находиться в виде органических соединений (гуминовокислое железо) или в виде сернокислого соединения FeSO_4 .
- Метод обезжелезивания зависит от формы содержания железа в воде.

Применяют следующие методы обезжелезивания:

- - безреагентный, осуществляемый путем аэрации, отстаивания и фильтрования;
- - реагентный (коагулирование, хлорирование, известкование);
- - метод катионного обмена, применяемый в том случае, когда кроме обезжелезивания, необходимо умягчать воду с помощью катализаторов.

- В практике обезжелезивания подъемных вод широко распространен метод фильтрования с упрощенной аэрацией. При использовании этого метода аэрированная вода, обогащенная кислородом, сразу же подается на фильтр, минуя контактный резервуар. При этом реакция окисления двухвалентного железа происходит непосредственно в толще фильтрующего слоя на поверхности зерен загрузки.

-УДАЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И СЕРОВОДОРОДА

- **ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ:**

- Удаление из воды железа (марганца, сероводорода) основано на окислении этих растворенных веществ до состояния, при котором возможно их отфильтровать. Окислителями чаще всего служат кислород, озон, хлор и перманганат калия. Для ускорения процесса применяются специальные зернистые загрузки каталитического действия - Birm, Greensand и т.д. На зернах этих загрузок происходит окисление и одновременное отфильтровывание окисленных веществ. Некоторые зернистые загрузки не нуждаются в восстановлении свойств, некоторым это необходимо. Для удаления окисленных веществ применяется обратная промывка.

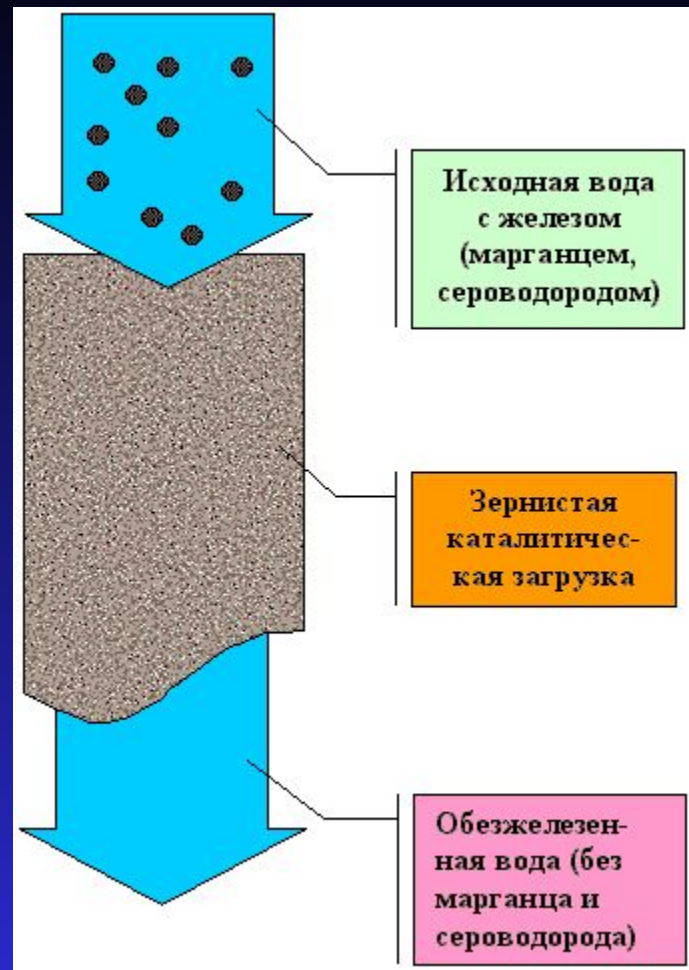
- **СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ**

- Система обезжелезивания состоит из емкости цилиндрического типа с дренажной системой щелевого типа, заполненной зернистой каталитической загрузкой (иногда с добавлением обычной зернистой загрузки типа гидроантрацита) с подложкой из крупного песка. Через слой этой загрузки пропускается с определенной скоростью вода с повышенным содержанием железа, марганца и сероводорода. На выходе эта вода уже обезжелезенная (без марганца и сероводорода).
Для управления системой и распределения потоков используются чаще всего многоходовые управляющие вентили либо клапанная система с контроллерами.
В некоторых схемах применяется регенерация загрузки периодического типа с использованием емкости с регенерирующим раствором, в некоторых - непрерывного типа с использованием дозаторов.



Управляющий вентиль

Емкость с загрузкой



Примеры установленного оборудования



-ОБРАТНЫЙ ОСМОС

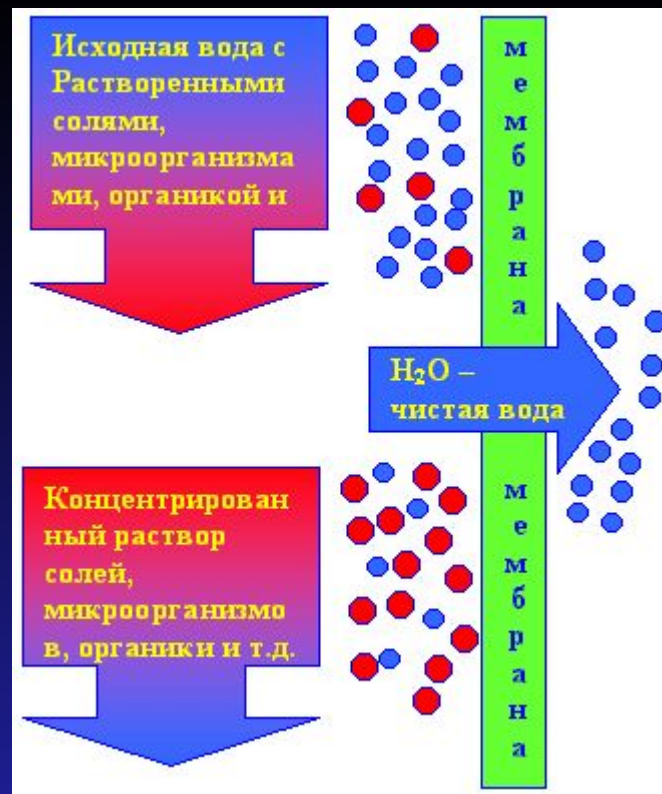
■ ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ:

- Обратный осмос - метод одновременного обессоливания воды, ее обеззараживания и очистки от растворенных загрязняющих веществ. Наиболее универсальный и экологичный метод в современной водоподготовке.

Принцип действия метода основан на продавливании молекул воды через узкие поры мембраны, при этом загрязняющие вещества, микроорганизмы и соли через мембрану не проходят, они остаются в концентратном потоке, который подлежит сливу.

■ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

- Основной элемент установки обратного осмоса - полупроницаемая обратноосмотическая мембрана, помещенная в корпус. В нее поступает исходная вода, а отводится два потока - очищенная и обессоленная, которая называется пермеатом, и вода с концентрированными примесями, называемая концентратом, которая сливается. Продавливание воды через мембрану ведется при высоком давлении, которое создает насос, обычно центробежный многоступенчатый или роторный. Для замедления образования нежелательных отложений на мембранах применяется дозирование ингибитора осадкообразования. Для снятия осадков с поверхности мембран используется система химпромывки. Для контроля качества очистки и рН - проточные измерители соленосодержания и рН-метры. Для контроля расхода пермеата и концентрата - проточные расходомеры. Управление системой обратного осмоса можно осуществлять в полуавтоматическом и автоматическом режиме



ПРИМЕРЫ УСТАНОВЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Установка обратного осмоса 100 м³/ч



Установка обратного осмоса 30 м³/ч



Установка обратного осмоса 20 м³/ч



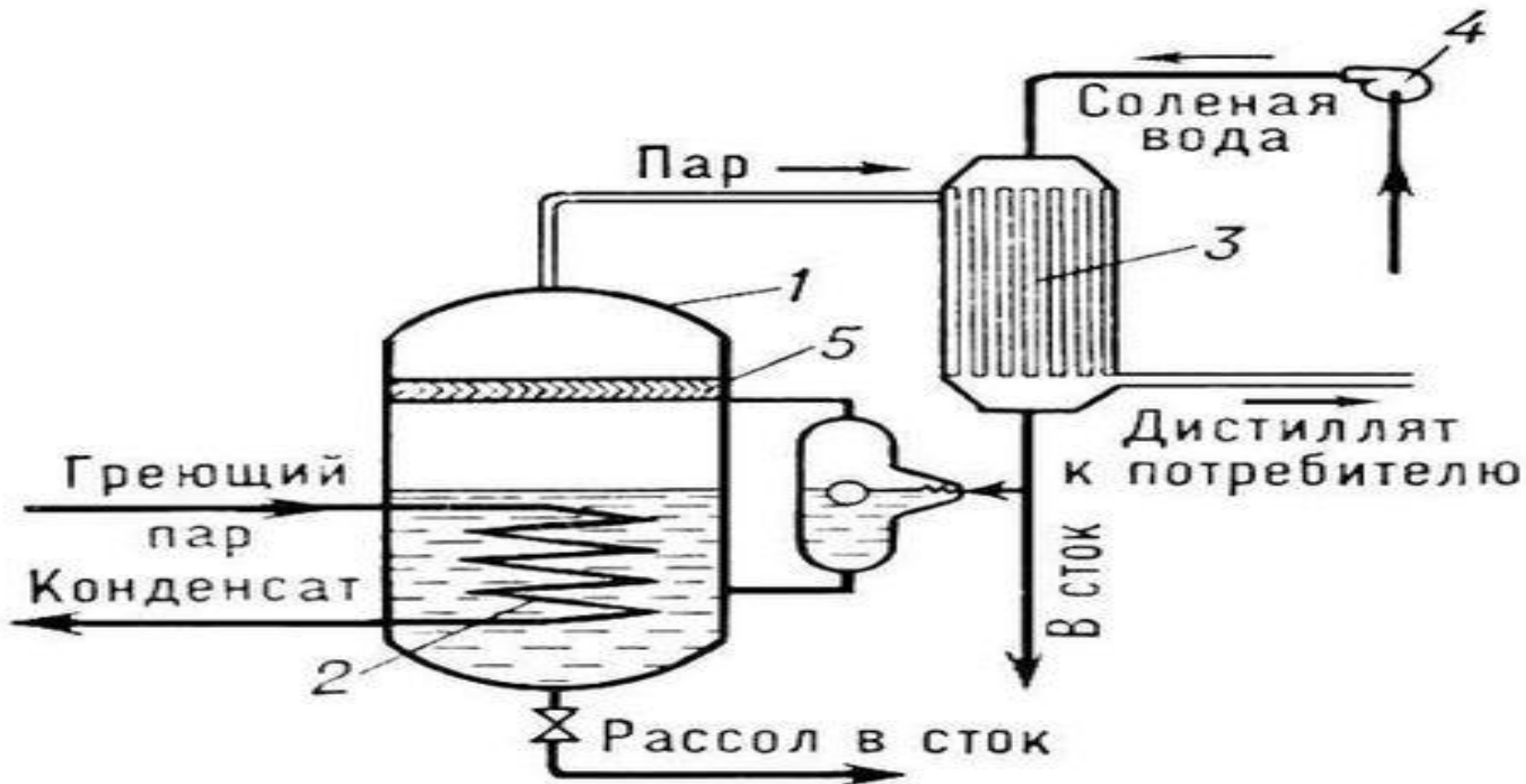
Установка обратного осмоса 6 м³/ч

ОПРЕСНЕНИЕ ВОДЫ - обессоливание воды до

концентрации, установленной для питьевых целей.

Опреснение может осуществляться:

- перегонкой соленой воды в опреснителях с последующей конденсацией пара в воду;
- вымораживанием и т.д.



Удаление из воды растворенных газов

- Чаще всего в процессе водоподготовки требуется удаление углекислоты, кислорода и сероводорода.
- Все три газа относятся к коррозионно-агрессивным газам. Углекислота, кроме того, агрессивна по отношению к бетону.
- Свойство этих газов обуславливать и усиливать коррозионные процессы, а также неприятный запах, который сообщает воде сероводород, вызывает необходимость удаления их из воды.
- Мероприятия, связанные с удалением из воды растворенных в ней газов, называются дегазацией воды.

Применяются химические и физические методы дегазации воды.

- 1. Сущность химических методов заключается в использовании определенных реагентов, которые связывают растворенные в воде газы.
- Обескислороживание воды достигается введением в нее сульфита натрия (Na_2SO_3), сернистого газа (SO_2) или гидрозина (Na_2H_4).
- Последний химический способ обескислороживания воды является самым совершенным, но и наиболее дорогим.

- Химическим методам удаления из воды сероводорода является обработка ее хлором:
- а) с окислением до серы
- б) с окислением до сульфатов
- Эти реакции протекают параллельно в определенных соотношениях, зависящих от дозы хлора и рН воды.
- Химическим методам газоудаления свойственны следующие недостатки:
- - применение реагентов удорожающих процесс обработки воды;
- - возможность ухудшения качества воды при нарушении дозировки реагентов.
- Поэтому чаще применяются физические методы газоудаления.

Физические методы газоудаления осуществляются двумя способами:

- а) вода, содержащая удаляемый газ, приводится в соприкосновение с воздухом, если парциальное давление удаляемого газа в воздухе близко к нулю;
- б) создаются условия, при которых растворимость газа в воде становится близкой к нулю.

- При помощи первого способа, т.е. при помощи аэрации воды, обычно удаляется свободная углекислота и сероводород, поскольку парциальное давление этих газов в атмосферном воздухе близко к нулю.
- Второй способ применяют обычно при удалении из воды кислорода, т.к. при значительном парциальном давлении кислорода в атмосферном воздухе аэрацией воды кислород из нее удалить нельзя.
- Для удаления кислорода из воды ее доводят до кипения, при котором растворимость всех газов в воде падает до нуля. Вода доводится до кипения либо ее нагреванием (термические деаэраторы), либо понижением давления до такого значения, при котором вода кипит при данной температуре (вакуумные дегазаторы).

Дегазаторы

- Удаление из воды растворенных газов в процессе водоподготовки осуществляется на дегазаторах разных типов, которые различаются:
 - - по их конструктивному исполнению;
 - - по характеру движения воды и воздуха;
 - - по обстановке, в которой происходит процесс дегазации.

Дегазаторы можно классифицировать

Технологические схемы очистки воды

следующим образом:

- **1. Пленочные дегазаторы.** Представляют собой колонны, загруженные той или иной насадкой (кольцами Рашига, деревянной или другой), по которой вода стекает тонкой пленкой. Насадка обеспечивает большую поверхность соприкосновения воды и воздуха, нагнетаемого вентилятором навстречу потоку воды.
- **2. Барботажные дегазаторы.** В дегазаторах этого типа через слой медленно движущейся воды продувается сжатый воздух.
- **3. Вакуумные дегазаторы.** В них при помощи вакуум-насосов или водоструйных эжекторов создается такое давление, при котором вода кипит при данной температуре.

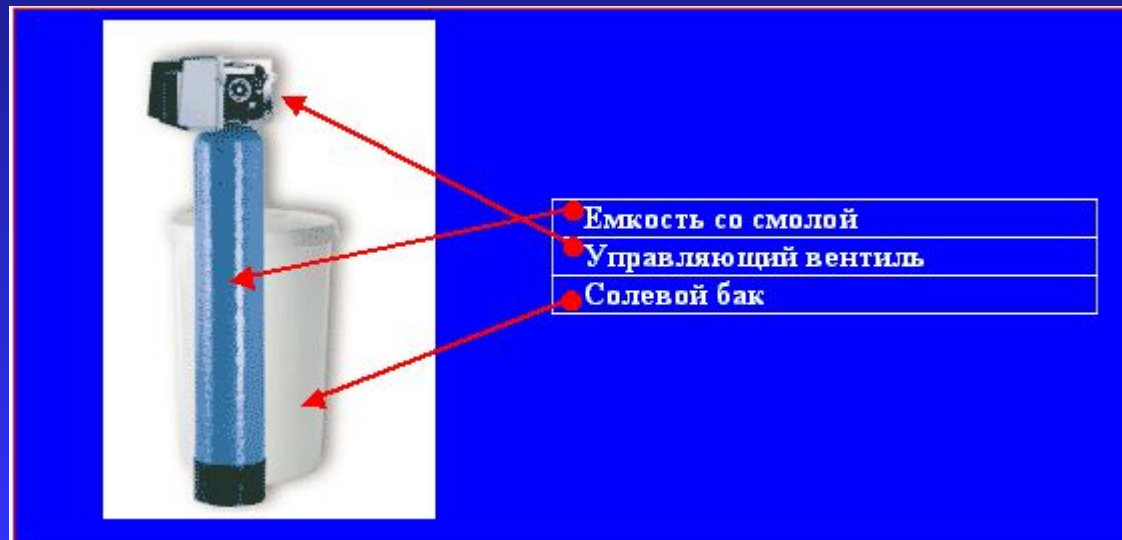
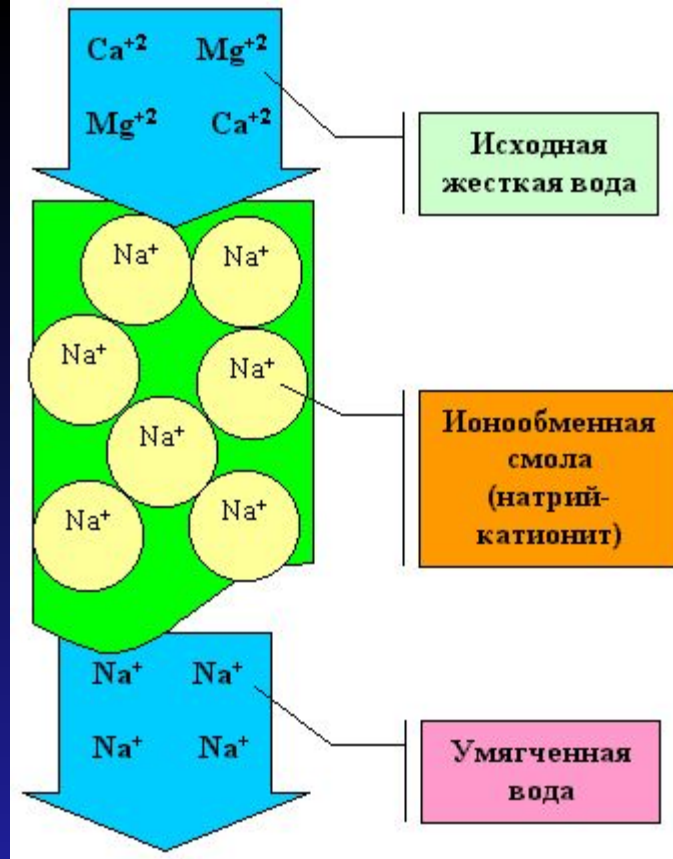
-УМЯГЧЕНИЕ (НАТРИЙ-КАТИОНИРОВАНИЕ) ВОДЫ

- **ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ:**

- Умягчение (натрий-катионирование) - процесс извлечения из воды ионов жесткости - кальция и магния и замена их на ионы натрия. Кальций и магний составляют жесткость воды, следовательно, после их извлечения вода умягчается. Ионы натрия находятся непосредственно в смоле (засыпке). В процессе работы установки происходит обмен ионами, натрий поступает в воду, а кальций и магний - в смолу. По истечении некоторого времени смолу необходимо регенерировать, т.е. восстановить ее свойства. Для этого через нее пропускают раствор поваренной соли, и происходит обратный процесс - натрий насыщает смолу, а кальций и магний поступают в раствор, который после сливается.

- **СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ**

- Система умягчения состоит из емкости цилиндрического типа с дренажной системой щелевого типа, заполненной ионообменной смолой. Через слой этой смолы пропускается с определенной скоростью жесткая вода. На выходе эта вода уже умягченная. Для управления системой и распределения потоков используются чаще всего многоходовые управляющие вентили либо клапанная система с контроллерами. Раствор поваренной соли готовится в емкости с ложным дном, называемой солевым баком. .



- Н-ОН ИОНИРОВАНИЕ

- **ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ:**

- Обессоливание воды ионитами основано на замене ионов солей на ионы водорода и гидроксила. Затем ионы водорода и гидроксила соединяются, образуя воду. Существует два вида ионитов - катиониты и аниониты. Каждый из этих видов имеет подвиды, различающиеся по видам извлекаемых ионов (сильно- и слабокислотные катиониты, сильно- и слабоосновные аниониты).

Из фильтров с ионитами составляются различные схемы водоподготовки в зависимости от качества исходной воды и поставленной цели.

Регенерация фильтров ведется кислотой и щелочью.

Часто в схемах с ионитами присутствует декарбонизатор для снижения щелочности воды.

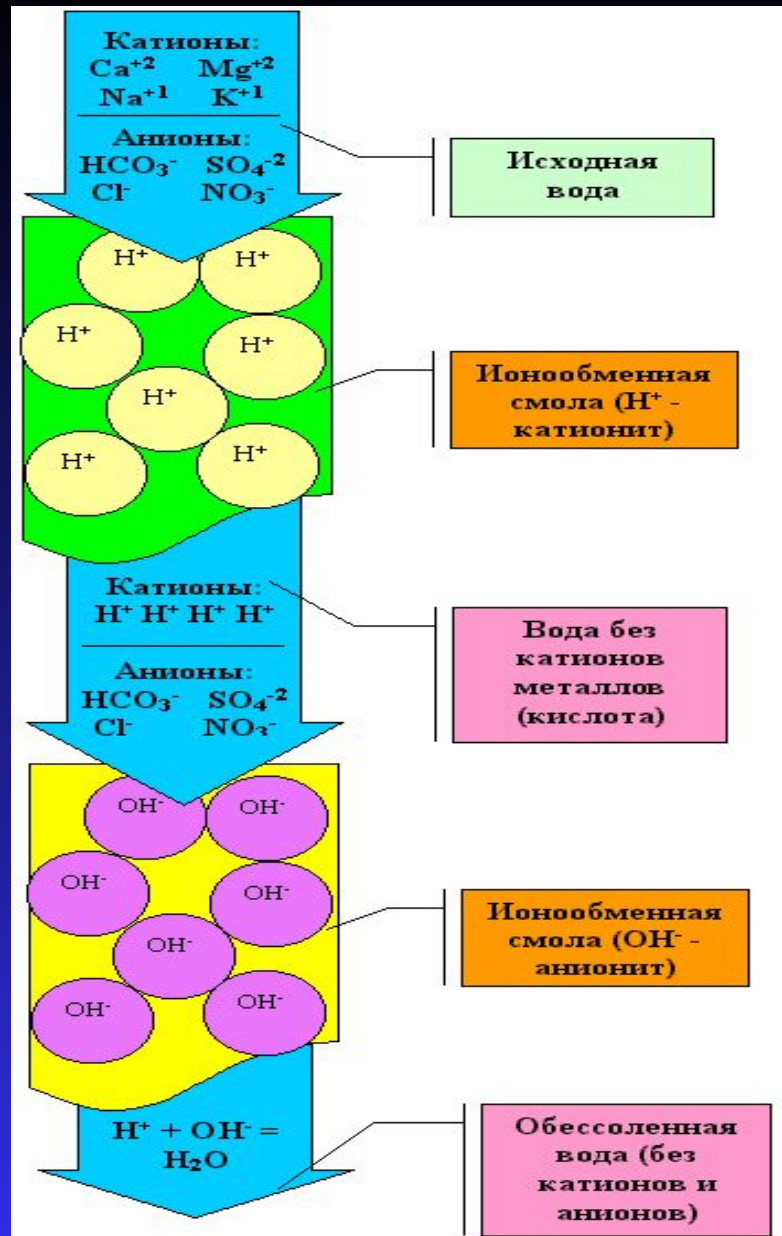
- **СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ:**

- Система обессоливания ионитовая состоит из емкостей цилиндрического типа с дренажной системой щелевого типа, заполненных ионообменными смолами. Через слой этих смол пропускается с определенной скоростью исходная вода.

Для управления системой и распределения потоков используются чаще всего многоходовые управляющие вентили либо клапанная система с контроллерами.

Растворы регенерантов готовятся в отдельных емкостях.

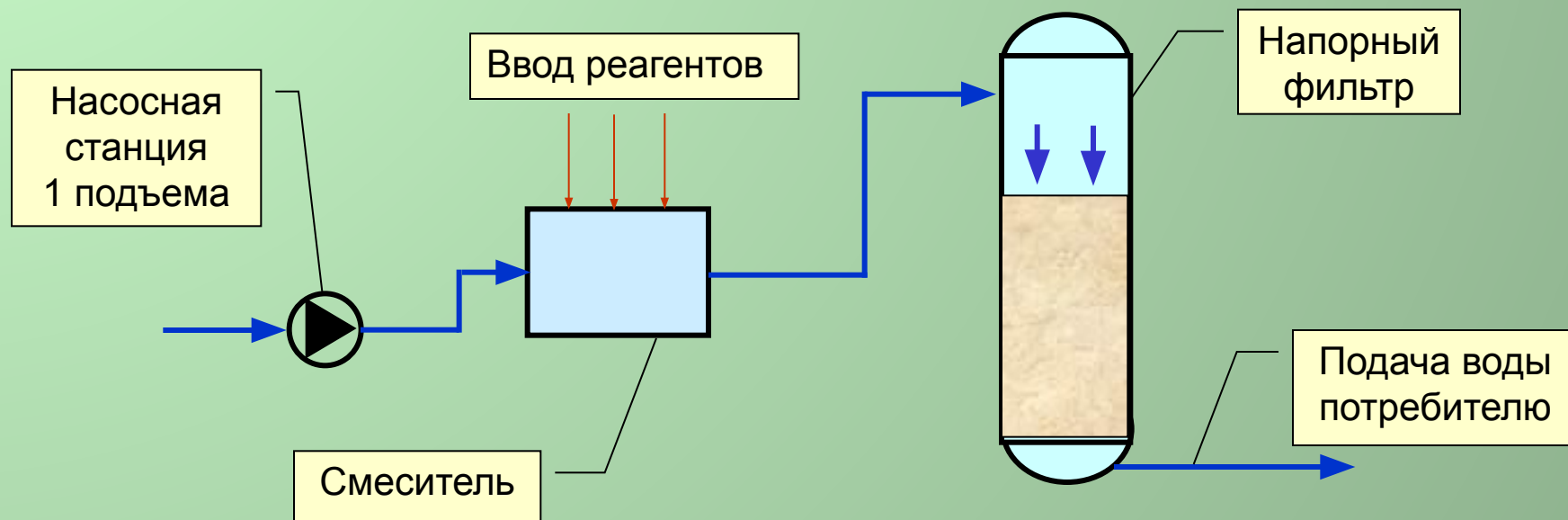
Применяется также система нейтрализации стоков.



Технологические схемы очистки воды

Технологические схемы очистки воды

Одноступенчатое фильтрование с напорными фильтрами



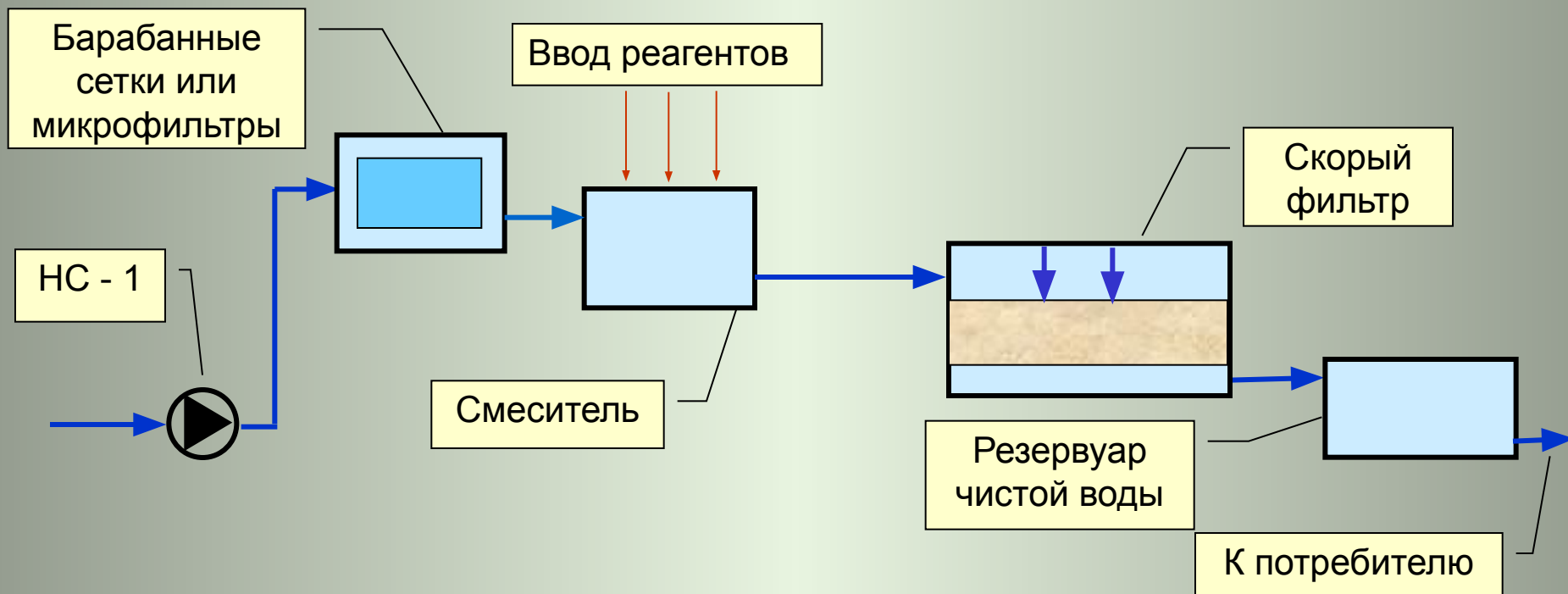
Область применения: Мутность ≤ 30 мг/л

Цветность ≤ 50 град

Производительность ≤ 5000 м³/сут

Технологические схемы очистки воды

Одноступенчатое фильтрование с открытыми скорыми фильтрами



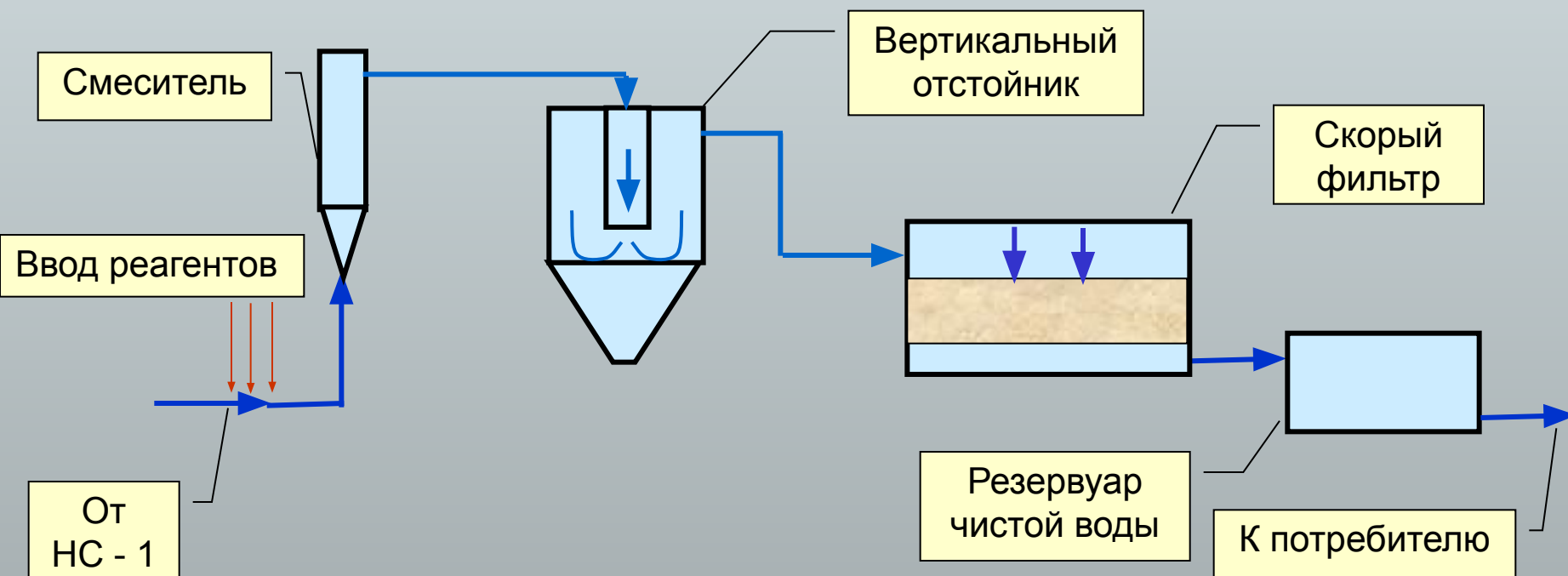
Область применения: Мутность ≤ 20 мг/л

Цветность ≤ 50 град

Производительность ≤ 50000 м³/сут

Технологические схемы очистки воды

Вертикальные отстойники - скорые фильтры



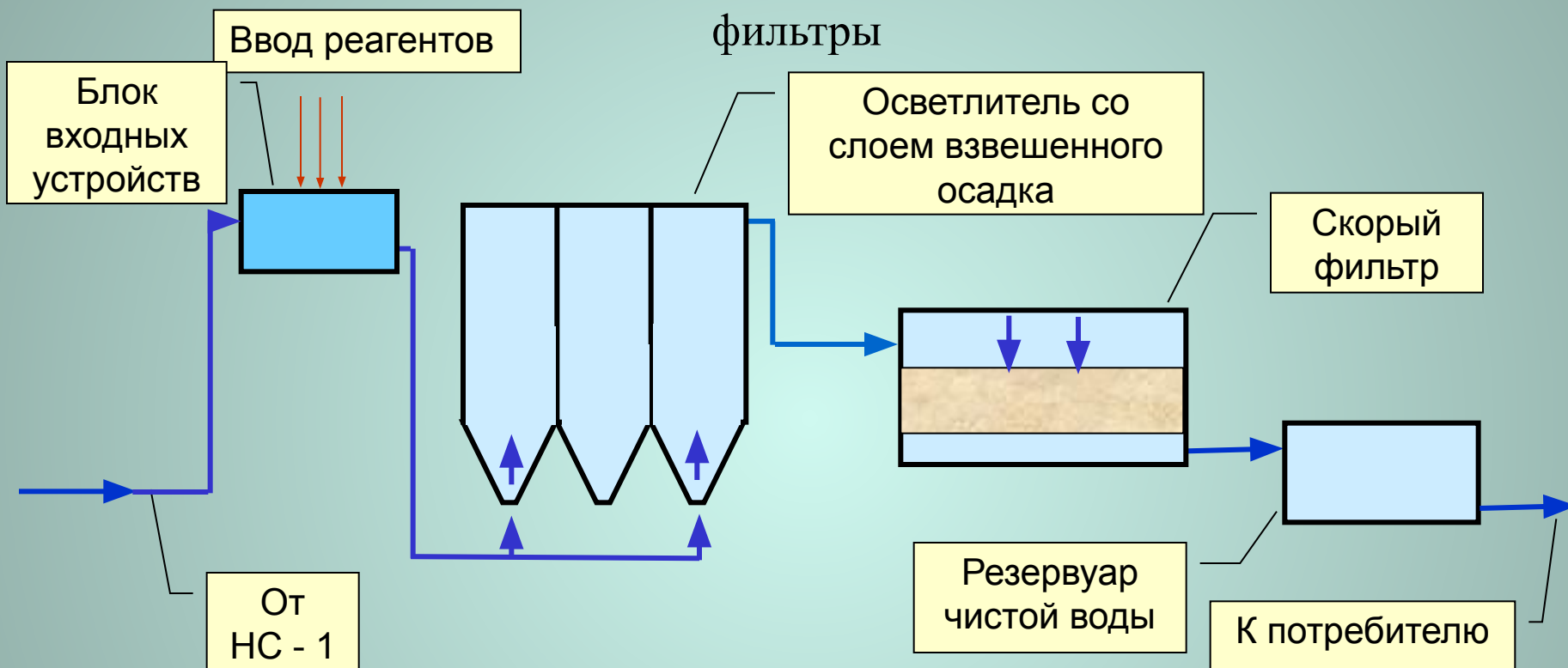
Область применения: Мутность ≤ 1500 мг/л

Цветность ≤ 120 град

Производительность ≤ 5000 м³/сут

Технологические схемы очистки воды

Осветлители со слоем взвешенного осадка - скорые фильтры



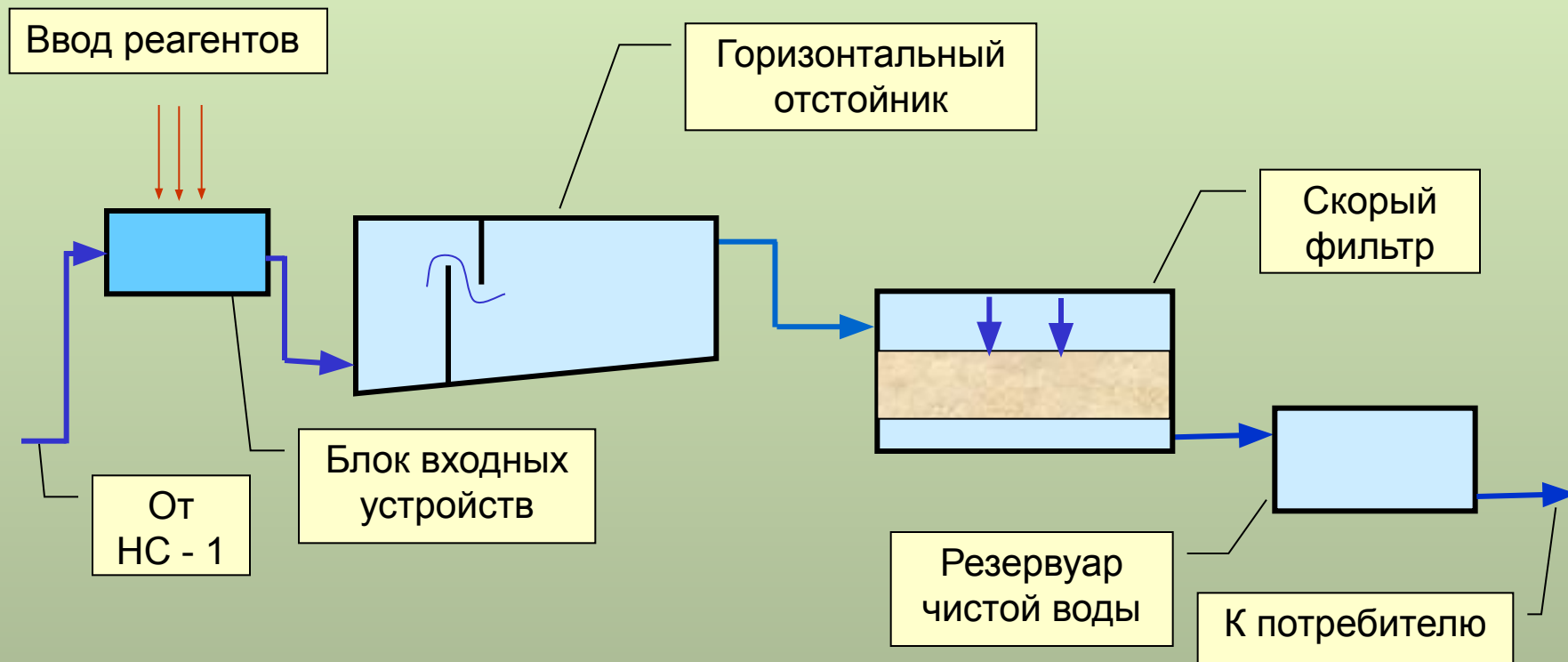
Область применения: Мутность ≤ 1500 мг/л

Цветность ≤ 120 град

Производительность > 5000 м³/сут

Технологические схемы очистки воды

Горизонтальные отстойники - скорые фильтры



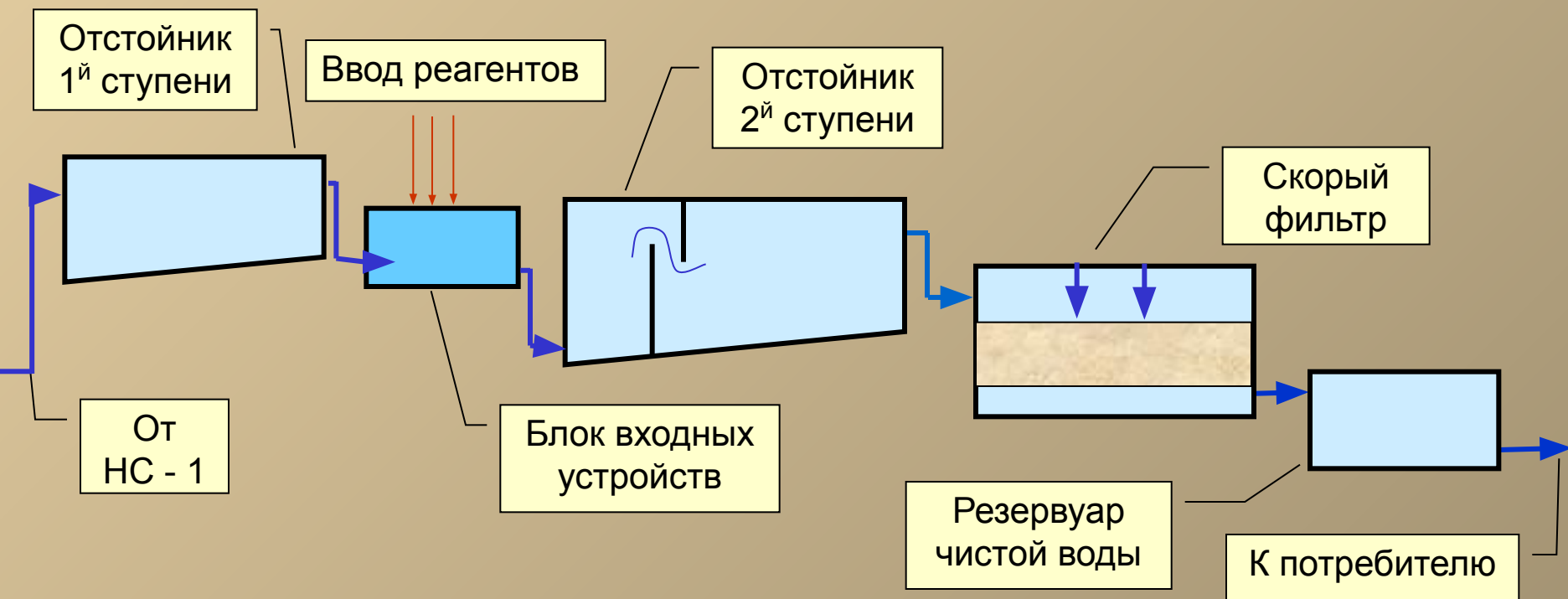
Область применения: Мутность ≤ 1500 мг/л

Цветность ≤ 120 град

Производительность > 30000 м³/сут

Технологические схемы очистки воды

Две ступени отстойников - скорые фильтры



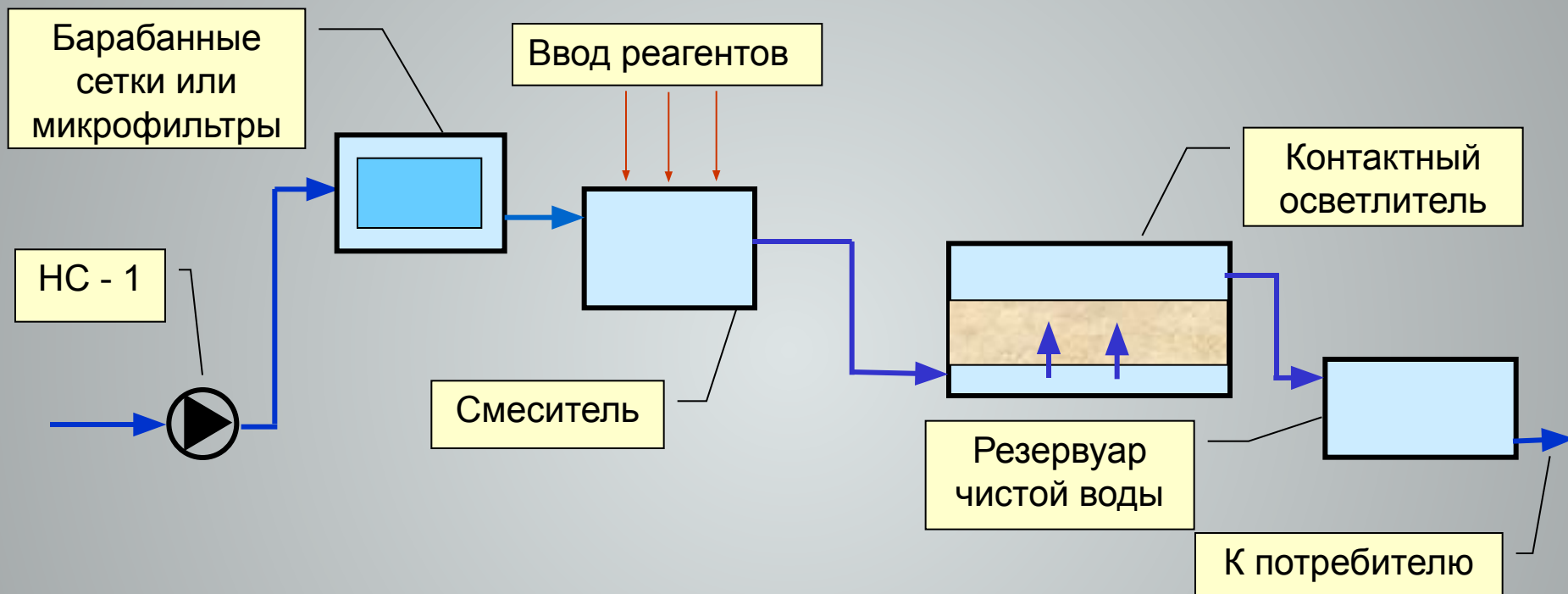
Область применения: Мутность > 1500 мг/л

Цветность ≤ 120 град

Производительность - любая

Технологические схемы очистки воды

Контактные осветлители



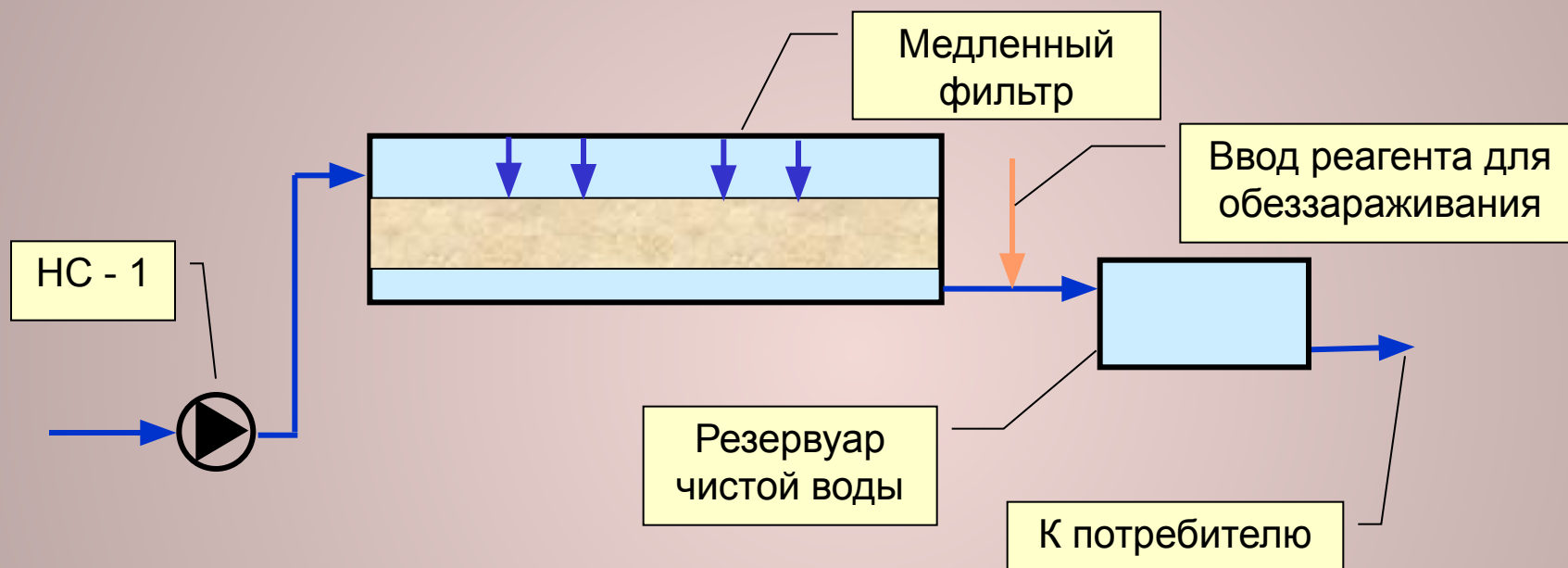
Область применения: Мутность ≤ 120 мг/л

Цветность ≤ 120 град

Производительность - любая

Технологические схемы очистки воды

Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка



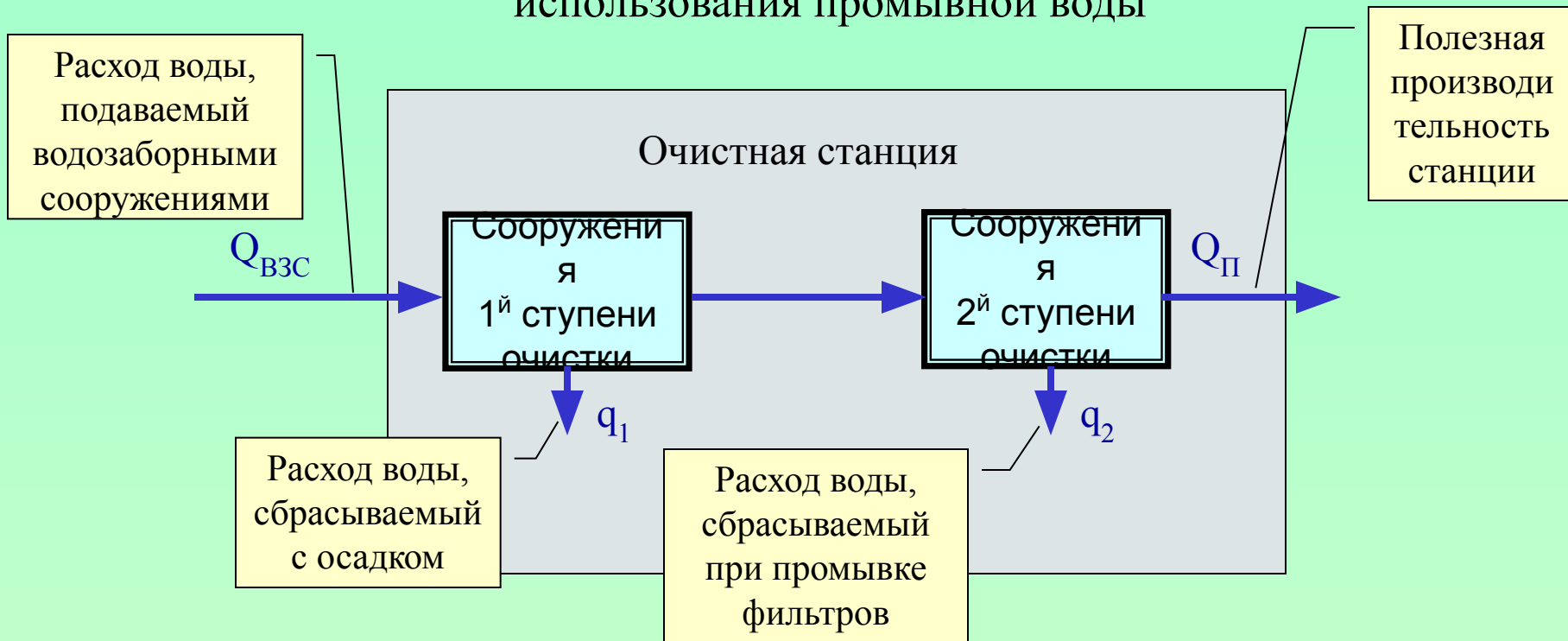
Область применения: Мутность ≤ 1500 мг/л

Цветность ≤ 50 град

Производительность - любая

Определение производительности очистой станции

Балансовая схема без сооружений повторного
использования промывной воды



Полная производительность очистной станции составит

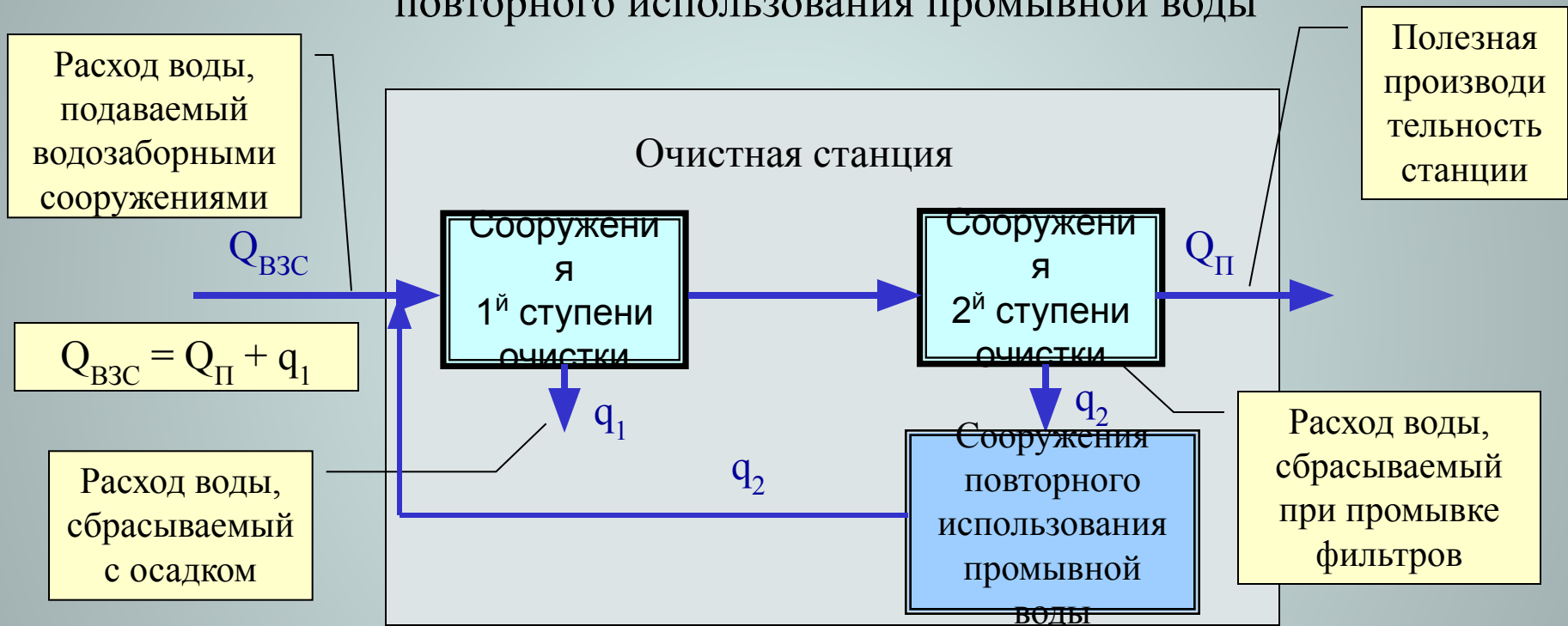
$$Q_{\text{полн}} = Q_{\text{ВЗС}} = Q_1 = Q_{\text{П}} + q_1 + q_2$$

$$Q_2 = Q_{\text{П}} + q_2$$

Q_1 и Q_2 - расчетные расходы воды сооружений 1^й и 2^й ступеней очистки

Определение производительности очистой станции

Балансовая схема при наличие сооружений
повторного использования промывной воды



Полная производительность очистной станции составит

$$Q_{\text{полн}} = Q_1 = Q_{\text{П}} + q_1 + q_2$$

$$Q_2 = Q_{\text{П}} + q_2$$

- **Дезодорация** — удаление привкуса и запаха воды. Достигается аэрацией воды, обработкой ее окислителями (озонирование, введение перманганата калия, диоксида хлора и больших доз хлора), фильтрацией через слой активированного угля.
- **Умягчение** — снижение природной жесткости путем удаления катионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Умягчение обеспечивается методами: нагревания (кипячения), реагентными, ионного обмена, или катионитными.
- **Опреснение** — уменьшение количества солей, содержащихся в природных водах, до уровня, отвечающего требованиям качества питьевой воды (то есть не более 1000 г/л).
- **Обессоливание** — полное или почти полное удаление из воды растворенных в ней солей.
- **Обезжелезивание** — снижение содержания железа до нормативного уровня.

- **Обесфторирование (дефторирование)** — удаление фтора из воды. Применяется при содержании фтора в воде более 1,5 мг/л
- **Фторирование** — введение фтора в воду. Применяется с целью профилактики кариеса.
- **Дезактивация** — удаление из воды радиоактивных веществ (РВ).
- **Хлорирование** — обработка питьевой воды водным раствором хлора с целью ее обеззараживания.
- **Озонирование** — обработка воды озоном для уничтожения микроорганизмов и устранения неприятных запахов.
- **Обеззараживание воды ионами серебра** основано олигодинамическом действии этого металла.
- **Ультрафиолетовое облучение.** Ультрафиолетовые бактерицидные лучи имеют длину волны 200-295 нм (по другим данным, до 320 нм), но максимум бактерицидного действия приходится на 260 нм.

- ***Обеззараживание воды ультразвуком*** объясняется, в основном, механическим разрушением клеточной оболочки бактерий в ультразвуковом поле.
- ***Обеззараживание воды вакуумом*** предусматривает обеззараживание бактерий и вирусов пониженным давлением.
- ***Радиационное обеззараживание воды.*** Ионизирующим (проникающим) излучением называется коротковолновое рентгеновское и γ -излучение, поток высокоэнергетических заряженных частиц (электроны, протоны, дейтроны, α -частицы и ядра отдачи), а также быстрых нейтронов (частицы, не имеющие зарядов).
- ***Термическое обеззараживание воды*** применяется в основном для обеззараживания небольшого количества воды в детских учреждениях (школах, дошкольных учреждениях, пионерских и летних лагерях), санаториях, больницах, на судах, а также в домашних условиях.

