

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОД	2
2. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ОТРАСЛЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	4
3. ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ	5
4. АНАЛИЗ ВОДЫ	6
5. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ	8
6. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИМЕСЕЙ ВОДЫ ПО ИХ ФАЗОВО- ДИСПЕРСНОМУ СОСТОЯНИЮ И ПРОЦЕССЫ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИХ УДАЛЕНИЯ	10
7. ОПЕРАЦИИ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ	12
8. ДЕГАЗАЦИЯ И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ВОДЫ	23
9. ОПРЕСНЕНИЕ И ОБЕССОЛИВАНИЕ ВОДЫ	25

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОД

Природные воды, используемые в химической технологии, принято делить на три вида, сильно различающихся по наличию примесей.

1. Атмосферная вода (дождевая, снеговая) – характеризуется низким содержанием примесей, главным образом, растворенных газов: O_2 , CO_2 , H_2S , N_xO_y , SO_2 , SO_3 и органических веществ, которые определяют атмосферу в промышленных районах (в дождевой воде вблизи химических заводов содержится до 70 мг/л SO_2). Атмосферная вода почти не содержит растворенных солей, в частности солей кальция и магния.

2. Поверхностные воды (речные, озерные, морские) – содержат кроме примесей, имеющих в атмосферной воде и другие вещества: двууглекислые соли кальция, магния, натрия, калия; сернокислые и хлористые соли от ничтожных количеств до состояния насыщения. В морской воде представлена почти вся таблица элементов, включая драгоценные и радиоактивные элементы.

Поверхностная вода, содержащая менее 1 г солей на 1 кг воды называется пресной; более 1 г – солоноватой и свыше 10 г/кг – соленой, в морской воде содержание солей 34 г/л.

По содержанию магния и кальция воды подразделяют на (мг*экв Са и Mg/л):

- очень мягкие... $0 \div 1,5$ мг*экв Са и Mg/л;
- мягкие... $1,5 \div 3,0$ мг*экв Са и Mg/л;
- умеренно жесткие $3 \div 6$ мг*экв Са и Mg/л;
- жесткие $6 \div 10$ мг*экв Са и Mg/л;
- очень жесткие – более 10 мг*экв Са и Mg/л.

3. Подземные воды (воды артезианских скважин, колодцев, ключей гейзеров) – характеризуется разнообразием состава растворенных солей, обусловленного составом и структурой почв и горных пород, через которые происходит инфильтрация атмосферной воды и воды поверхностных водоемов,

заканчивающаяся образованием подземных водоемов. Процесс фильтрации обуславливает высокую прозрачность подземных вод при отсутствии в них примесей органического происхождения. большей частью подземные воды имеют температуру $8 \div 12$ °С.

Подземные минеральные воды, насыщенные различными солями, являются уникальным сырьем для химической промышленности. Подземные воды, насыщенные хлористым натрием, служат сырьем для производства соды, едкого натра и хлора. Из рассолов получают соединения брома, йода, цезия, лития и т.д.

Требования, предъявляемые к воде, определяются ее целевыми назначениями. Показатели пригодности воды характеризуются составом и концентрацией, содержащихся в ней примесей. С этой точки зрения вода классифицируется на хозяйственно-питьевую воду, воду для паросиловых хозяйств и воду для технических целей.

1. Хозяйственно-питьевая вода. Такая вода должна удовлетворять следующим требованиям: безвредность для организма человека; хорошие органолептические показатели (отсутствие окраски, мутность, привкусов, запахов, вредных минеральных и органических примесей); пригодность для хозяйственно-бытовых нужд.

Для питьевых целей качество воды должно отвечать требованиям ГОСТ 2874-54 «Вода питьевая. Норма качества» и ГОСТ 2761-57 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения»;

2. Вода для паросиловых хозяйств. Вода должна быть освобождена в различной степени от взвеси, солей жесткости и растворенного кислорода, т.е. от примесей, могущих привести к отложению накипи, вспениванию котловой воды, уносу солей с паром и коррозии металла. Питательная вода для современных котлов высокого давления полностью умягчается, обескремнивается, обескислороживается, «сухой» остаток сводится к минимуму.

3. Вода для технических целей. В зависимости от целевого назначения к ней могут быть самые разнообразные требования:

- соприкасающаяся с сырьем, используемая при добыче, отмывке, гидротранспорте, сортировке и обогащении полезных ископаемых и другого сырья;
- используемая для обработки готовой продукции или полупродуктов, для получения особо чистых веществ и т. д.
- входящая в состав продукта при условии сохранения своей индивидуальности или участия в химических реакциях.

В последних двух случаях требования к воде специфичны и могут охватывать диапазон от ограничения содержания одного элемента до полного отсутствия каких-либо примесей, так называемая полностью депонированная вода.

Классификация воды по назначению включает:

- воду для заполнения нефтяных пластов (высокие требования к прозрачности), химической инертности этих вод для сохранения в течение длительного периода поглощающей способности скважин;
- воду для охлаждения (не должна давать отложений в трубках и камерах, по которым она проходит, минимальное содержание взвесей, органических веществ); воду для сельского хозяйства (например, вода для орошения – не более $1 \div 1,5$ г/л солей).

2. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ОТРАСЛЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

По потреблению воды на получение 1 т продукта химические производства принято делить на группы:

- не водоемкие – расход воды менее 50 м^3 , в том числе свежей 4 м^3 (в основном, производства основной химии);

- средней водоемкости – расход воды $50 \div 500 \text{ м}^3$, из них свежей от 4 до 25 м^3 (производства метанола, азотной и серной кислот, нитрилакриловой кислоты);
- с большим водопотреблением – $500 \div 200 \text{ м}^3$, из них свежей $30 \div 100 \text{ м}^3$ (производство синтетического аммиака, ацетилен, уксусной и синильной кислот, ацетальдегида и т.д.);
- с очень большим водопотреблением – $2000 \div 6000 \text{ м}^3$, из них свежей не менее $200 \div 800 \text{ м}^3$ (производство некоторого вида искусственных волокон).

Расход воды в производстве некоторых продуктов большой химии приведен в таблице.

Таблица

Продукт	Расход воды		Всего сточных вод	Из них загрязненных
	оборотной	свежей		
Двойной суперфосфат	25	3,1	2,1	0,5
Аммиачная селитра	41	2,7	2,1	0,5
Серная кислота	$60 \div 75$	$4 \div 7$	$2 \div 4$	1,0
Фенол-формальдегид. смолы	75	6	$4 \div 6$	1,4
Кальцинированная сода	93	19,5	15,5	10,0
Едкий натр:				
• Hg-катод	33	7	4	3,5
• Fe-катод	165	13	9	5,0
Мочевина	200	12	6,6	0,2
Аммиак	$550 \div 900$	$60 \div 84$	$22 \div 36$	$0,8 \div 1,0$
Капролактам	4000	280	184	21
Капрон	5000	740	475	460

3. ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ

К физическим показателям воды относятся: температура, плотность, вязкость, вкус, запах, прозрачность, мутность, цветность.

Температура, плотность, вязкость зависят от времени года и от температуры контактирующих с ней грунтов.

Запах и вкус воды зависят от концентрации растворимых в воде газов и от химического состава примесей. Например, вкус воспринимается как плохой, отталкивающий, если вода содержит: 500 мг/л $NaCl$ (солёный); 400 мг/л $MgCl_2$ (горький); 500 мг/л $MgCl_2$ (горький); 150 мг/л $CaSO_4$ (вяжущий); 5 мг/л $FeSO_4$ (железистый); 2 мг/л $MnCl_2$ или 0,5 мг/л $FeCl_2$ (болотный). Причиной запаха и вкуса воды может являться присутствие в ней сероводорода (район Поволжья) и продуктов разложения растительных организмов. Приятный и освежающий вкус придают растворенные в ней кислород и уголекислота.

Прозрачность и мутность воды обусловлены присутствием в ней взвешенных частиц глины, песка, ила, органических взвесей. Прозрачность чаще всего определяют визуально толщиной слоя воды в см, через который еще отчетливо наблюдается «крест» или шрифт.

Цветность воды определяется калориметрически и связана с наличием в ней гуминовых веществ (например, вытяжки из торфа), отходов производства красителей или растительных организмов (взвешенных водорослей – «Цветение» воды).

4. АНАЛИЗ ВОДЫ

Качество воды в природном источнике и в водопроводе после очистки определяется по данным анализа, при этом проба должна отражать действительный средний слой воды. Для полного анализа берут 3÷4 литра воды, для сокращенного анализа – 1 литр.

В процессе анализа воды устанавливают:

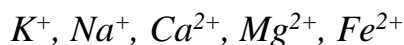
а) общие сведения (пункт водоснабжения, род и название источника, место отбора пробы воды, дата отбора пробы, дата начала анализа);

б) физические свойства воды: цветность (*град*), прозрачность (*см*), осадок (*мг/л*), запах в баллах, вкус в баллах, температура воды при отборе пробы

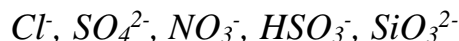
в °С, взвешивание вещества после прокаливания в мг/л, электропроводность ($\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$), плотность ($\text{г}/\text{см}^3$);

в) химический состав воды. В процессе химического анализа определяют реакцию (pH), сухой осадок при 150°С (мг/л), минеральный осадок (мг/л), потеря при прокаливании (мг/л), содержание окисей кальция и магния (мг/л), ангидрида серной кислоты, ангидрида азотной кислоты (NO_2), ангидрида азотистой кислоты, хлорид (Cl^-), аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), кислород (O_2), углекислота (свободная и бикарбонатная), полуторные окиси железа и алюминия ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) кремниевая кислота (SiO_2), окисляемость мг/л O_2 , щелочность (мг экв/л), жесткость (общая, постоянная, временная, кальциевая, магниевая).

При анализе воды, кроме того, определяют суммы катионов:



и анионов



в мг/л и в мг-экв/л.

Сопоставляя результаты химического анализа природной воды с требованиями, предъявляемыми к очищенной воде, подбирают соответствующие процессы очистки воды – технологию водоприготовления.

Примеси воды в гетерогенных и гомогенных системах классифицируются по фазовому дисперсному состоянию на две группы.

Взвеси. Диаметр частиц более 10^{-5} см (суспензии и эмульсии, обуславливающие мутность воды, микроорганизмы и планктон).

Коллоидные растворы. Диаметр частиц $10^{-5} \div 10^{-6}$ см (коллоиды и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, вирусы).

В гомогенных системах на молекулярные растворы – размер частиц $10^{-6} \div 10^{-7}$ см (газы, растворенные в воде, органические вещества, придающие ей

запахи и привкусы) и ионные растворы – размер частиц $10^{-7} \div 10^{-8}$ см (соли, кислоты, основания, придающие воде жесткость и щелочность).

5. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ

В процессе химического анализа воды определяют:

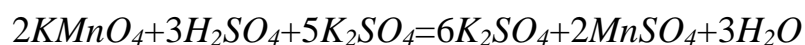
1. Сухой осадок при 150°C , который характеризует солесодержание и количество коллоидно-растворенных в воде примесей. Прокаленный осадок – нелетучие примеси воды.

2. Электропроводность воды. Химически чистая вода почти не проводит электрический ток. Ее удельная электропроводимость при 18°C $\chi = 4,3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$; поэтому всякое увеличение электропроводности свидетельствует о загрязнении ее электролитами.

3. Окисляемость воды обусловлена общим содержанием в ней восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями. Общую окисляемость определяют иодатным методом (KIO_3), при этом соответственно весь углерод, азот, сера и фосфор превращаются в угольную, азотную, серную и фосфорную кислоты, например:



Чаще всего окисляемость воды определяют более простым способом, так называемую чистую окисляемость по реакции с KMnO_4 :



Окисляемость воды принято выражать в мг KMnO_4 на 1 л воды или чаще всего в мг кислорода (O_2) на 1 л воды, необходимого для тех же целей. Один мг/л кислорода соответствует 0,253 мг/л KMnO_4 . Наименьшей величиной окисляемости (2 мг/л O_2) характеризуются артезианские воды; незагрязненные грунтовые воды – менее 4; озерные от 5 до 10; болотные – до 400; речные от 1 до 60 мг/л O_2 .

4. Жесткость воды. Жесткость воды обусловлена содержанием в воде ионов магния и кальция. Величина общей жесткости воды дает содержание этих

ионов в *мг-экв/л* жесткости соответствует 20,04 *мг/л* Ca^{3+} или 12,6 *мг/л* Mg^{2+} . Различают карбонатную жесткость (часть общей жесткости, приходящаяся на бикарбонаты и карбонаты магния и кальция), некарбонатную жесткость (часть общей жесткости, равная разности между общей и карбонатной жесткостью и обусловленная содержанием в воде, главным образом, сульфатов и хлоридов магния и кальция и в меньшей мере их нитратов и гидросиликатов). Для очень многих химических производств величина жесткости воды строго лимитирована.

5. Растворенные газы. Наиболее важным для оценки качества воды являются углекислота, кислород, сероводород, азот и метан. Содержание углекислоты в природных водах колеблется от долей до сотен *мг/л* (в воде поверхностных источников обычно 20÷30 *мг/л*). В зависимости от *pH* воды углекислота в ней встречается в свободном состоянии в виде бикарбонат и карбонат ионов. При *pH* = 4,0, вся углекислота находится в виде CO_2 , при *pH*=8,4 в воде присутствуют почти одни ионы HCO_3^- , а при *pH*=10,5 только CO_3^{2-} -ионы. Часть свободной углекислоты в равновесии с бикарбонат-ионами называется равновесной. Избыточная или так называемая агрессивная углекислота в отличие от равновесной является активной (причина коррозионной активности воды). В водах поверхностных источников агрессивной почти нет, в подземных водах ее содержание может быть большим. Растворенный кислород переводит двухвалентное железо в трехвалентное, соединения которого менее устойчивы.

Характеристика воды включает ее биологические показатели. Содержание микробов в защищенной от загрязнения воды не превышает 20, 100, 400 и 2000 *ед/см³*, соответственно для артезианской, ключевой, колодезной и речной воды. Непосредственно именно определение бактерий в воде затруднительно, поэтому в практике водных анализов определяют содержание (коли-титр) в воде безвредной для человека кишечной палочки (бактерии СОИ). Присутствие в воде кишечной палочки свидетельствует о загрязнении ее выделениями людей и животных и о возможности заражения воды

болезнетворными бактериями. Коли–титр равен числу миллилитров воды, в котором обнаружена одна кишечная палочка. Коли–индекс равен числу палочек в одном литре воды. По ГОСТ в России коли–титр должен быть не менее 300, а в США – не менее 100. Иногда в воде определяют общее количество бактерий в одном мл.

6. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИМЕСЕЙ ВОДЫ ПО ИХ ФАЗОВО-ДИСПЕРСНОМУ СОСТОЯНИЮ И ПРОЦЕССЫ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИХ УДАЛЕНИЯ

А. Гетерогенные системы.

Группа 1. Взвеси. Диаметр частиц более 10^{-5} см.

Это суспензии и эмульсии, обуславливающие мутность воды, а также патогенные микроорганизмы и планктон.

Методы очистки:

1. Механическое безреагентное разделение (седиментация, фильтрование, микропроцеживание, центрифугирование).

2. Адгезия на $Al(OH)_3$ и $Fe(OH)_3$ и на глинистых минералах с их последующим удалением из воды, отстаиванием и фильтрацией.

3. Агрегация при помощи флокоагулянтов (золей кремнекислоты, полиакриламида и др.) с последующим удалением агрегатов отстаиванием и фильтрацией.

4. Флотация и электрофлотация.

5. Воздействие на патогенные микроорганизмы и споры окислителями (Cl_2 , J_2 , ClO_2 , O_3), излучениями (УФ, У-звук, гаммаизлучение), ионами тяжелых металлов (Cu^{2+} , Ag^+), замутнителями с последующим удалением их из воды.

Группа 2. Коллоидные растворы. Размер частиц 10^{-5} – 10^{-6} см. Это коллоиды и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, а также вирусы.

Методы очистки:

1. Окисление (Cl_2 , ClO_2 , O_3).

2. Адгезия и адсорбция на $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, и т.д.
3. Агрегация при помощи флокоулянтов.
4. Воздействие на вирусы окислителями, излучением, ионами тяжелых металлов, замутнителями.
5. Термический способ.
6. Биохимическая очистка.

Б. Гомогенные системы.

Группа 3 Молекулярные растворы. Размер частиц $10^{-7} - 10^{-6}$ см.

Это газы, растворенные в воде, органические вещества, придающие ей запахи и привкусы.

Методы очистки:

1. Десорбция газов и легколетучих органических соединений при аэрировании (выдувание, вытеснение продуктов воздухом).
2. Окисление.
3. Адсорбция на активных углях и других сорбентах.
4. Экстракция органическими растворителями (бутилацетат, этилацетат, бензол).
5. Эвалорационная очистка (пароциркулярный метод и т.д.)
6. Термический способ.
7. Биохимическая очистка

Группа 4 Ионные растворы. Размер частиц $10^{-8} - 10^{-7}$ см.

Это соли, кислоты, основания, придающие воде жесткость и щелочность.

Методы очистки:

1. Перевод ионов в малодиссоциированные соединения (нейтрализация, образование комплексных ионов).
2. Перевод ионов в малорастворимые соединения (образование малорастворимых солей, гидратов окислов, окисление закисных форм металлов).

3. Фиксация ионов на твердой фазе ионитов (H^+ , Na^+ – катиокирование, OH^- – анионирование).
4. Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды:
 - a. перевод воды в газообразное состояние (дистилляция)
 - b. перераспределение ионов в несмешивающихся жидкостях (экстракция)
 - c. перевод воды в твердую фазу, вымораживание и гидратообразование)
5. Использование подвижности ионов в электрическом поле (электродиолиз).
6. Биохимическая очистка.

7. ОПЕРАЦИИ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ

Процесс подготовки воды складывается из забора, удаления крупных взвесей, удаления мелких взвесей и обработки осветленной воды, которая включает в себя дезинфекцию, дегазацию, умягчение и обессоливание.

1. Осветление и обесцвечивание воды. В своей основе эти операции предусматривают удаление крупных и мелких взвесей. На современных водоочистных станциях, например на Березниковских азотнотуковом и содовом заводах, ТЭЦ–4, для этих целей используют два основных технологических процесса: осаждение и фильтрование (очистка от взвешенных и коллоидных примесей, обуславливающих мутность и цветность воды).

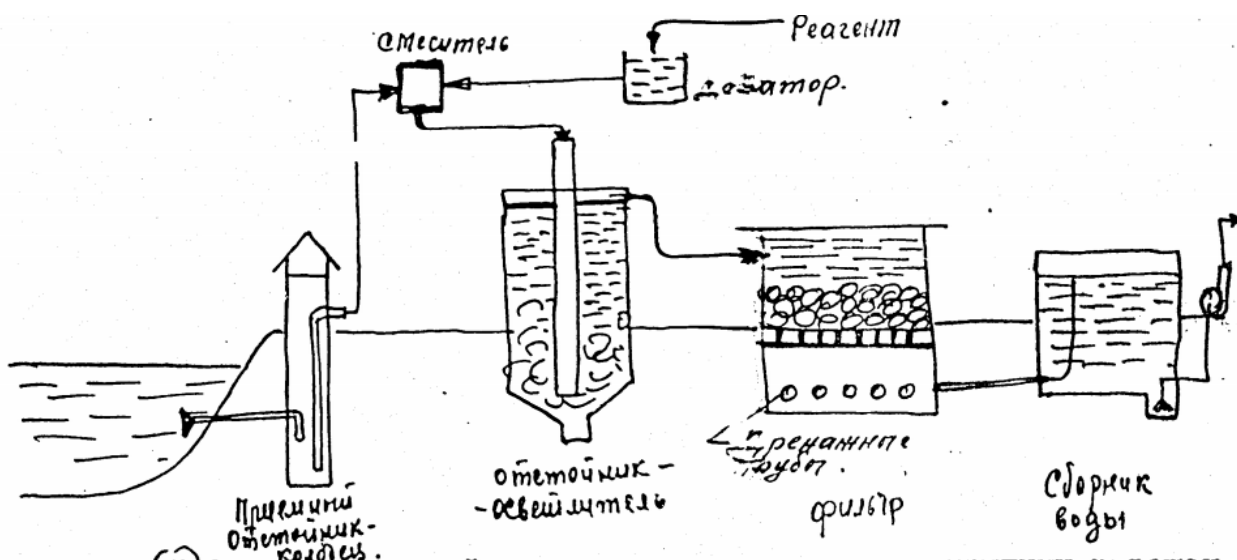


Рисунок 1 – Схема процесса осветления и обесцвечивания воды.

Осаждение осуществляется в отстойниках под действием силы тяжести самих частиц. Этот процесс выгодно использовать для выделения из воды наиболее крупных, тяжелых, быстро осаждающихся фракций взвеси. Фильтрованием на фильтрах можно получить любую степень очистки от взвеси. В процессе фильтрования частицы задерживаются на поверхности или в порах фильтрующей пористой среды. Однако процесс требует энергетических затрат, причем гидравлическое сопротивление пористой среды по мере накопления в ней извлекаемых из воды частиц возрастает, при этом наблюдается падение производительности установки во времени. Процесс фильтрования выгодно вести при возможно меньшем содержании взвеси в воде.

2. Коагулирование воды.

Удаление мелких взвешенных и коллоидных примесей основано на применении особых веществ – коагулянтов, способных осаждать (коагулировать) мельчайшие частицы и вещества органического происхождения (в частности, белковые вещества).

Для ускорения процессов осаждения и осветления, обеспечения требуемого эффекта осветления и обесцвечивания применяют химическую обработку воды. Совокупность этих технологических процессов называется коагулированием воды. Коагулирование включает заготовку и дозирование химических реагентов (коагулянтов и реагентов, способствующих коагуляции),

смешение реагентов с обрабатываемой водой, коагуляцию взвешенных и коллоидных примесей. В качестве коагулянтов чаще всего применяют сульфаты алюминия и железа ($Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) и хлорное железо $FeCl_3$. Действие коагулянтов основано на их гидролитическом разложении с возникновением труднорастворимых в воде гидроокисей соответствующих металлов или их основных солей, образующих коллоидные растворы, частицы которого способны приобретать положительный или отрицательный заряд (в зависимости от pH среды, в основном положительный).

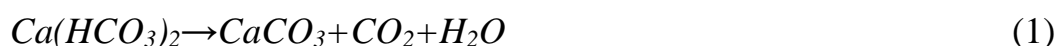
При взаимодействии с коллоидными веществами, загрязняющими природные воды (гуминовые кислоты, кремниевая кислота т.п.) происходит нейтрализация зарядов и как следствие этого взаимная коагуляция коллоидов, в результате которой образуются грубодисперсные частицы (хлопья), сравнительно легко отделяемые отстаиванием и фильтрацией.

Поскольку природные воды загрязнены гуминовыми веществами, глиной, кремниевой кислотой и другими веществами, то частички этих веществ стабилизированы избытком отрицательных ионов. В этих случаях наиболее эффективно процессы агрегации частиц взвеси (коагуляция) протекают при условии значительного ослабления двойного электрического слоя. Вводимый коагулянт гидролизует с образованием положительно заряженных частиц (золя). При контакте противоположно заряженных коллоидов происходит их взаимная нейтрализация, и за счет сил взаимодействия частиц с разноименными зарядами наблюдается интенсивный процесс агрегации первичных частиц взвеси и золя в значительно более крупные, быстро отстаивающиеся. Образующийся при этом в объеме воды гель гидроокиси железа или алюминия обладает большей активной поверхностью (от 5000 до 15000 m^2/g) и по законам физической, ионообменной и химической адсорбции адсорбирует из воды коллоидально-, ионо- и молекулярно-растворимые примеси. Оптимальным условием коагуляции отвечает добавление расчетного количества коагулянта, обеспечивающее взаимную полную нейтрализацию зарядов частиц системы.

Количество вносимого коагулянта $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ составляет в среднем 20 г/м^3 , а в период весенних паводков – 120 г/м^3 . Следует заметить, что при пониженных температурах коагулянт работает хуже, чем $FeCl_3$. Для северной, средней и южной полос России количество вводимого коагулянта соответственно 60, 80 и 100 г/м^3 . С помощью коагулирования удаётся удалить $60 \div 80 \%$ присутствующих в воде органических веществ и $45 \div 50 \%$ кремнезема. Одновременно с коагуляцией идет процесс адсорбции на поверхности осадка органических красящих веществ, в результате чего вода обесцвечивается.

3. Умягчение воды. Производится тремя методами: термическим, химическим и ионообменным методами.

3.1. Термический способ умягчения воды основан на процессе растворения в воде бикарбонатов кальция и магния при нагревании с выделением в осадок нерастворимых солей.



Способ рационально применять, когда исходная вода имеет большую карбонатную жесткость. В этом и его недостаток – он применим только к водам определенного состава.

Процесс умягчения производится в специальном аппарате-; термоумягчителе-представляющем собой суспензионный сепаратор-осветлитель с подогревателем пленочного типа. Сырая вода через сопло с большой скоростью подается на розетку подогревателя, разбивается на капли и попадает на поверхность вертикальных концентрических труб, по которым пленками стекает вниз навстречу пару. Нагретая до кипения вода отдает все растворенные в ней газы (O_2 и CO_2).

При этом понижается давление углекислоты над водой и соответственно увеличивается степень умягчения воды.

Далее вода поступает в нижнюю часть суспензионного сепаратора, проходит через решетки и слой взвешенного шлама. Осветленная и умягченная вода поступает в сборную камеру и на выход.

Решетки равномерно распределяют воду по сечению отстойника. Наклонные перегородки путем изменения скорости движения воды способствуют концентрированию шлама на периферии сепаратора.

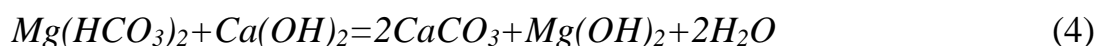
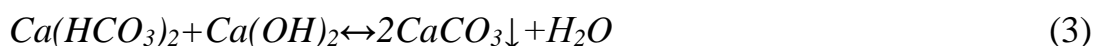
Удаление шлама осуществляется нисходящим потоком воды, который возникает вследствие охлаждения части воды с помощью кольцевой трубы, через которую проходит сырая вода до поступления ее в подогреватель.

3.2. Химические способы умягчения воды. Химические способы основаны на применении реагентов, образующих с ионами магния и кальция труднорастворимые осадки. Различают:

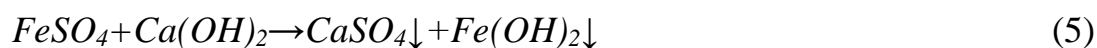
- грубое умягчение воды (до остаточного содержания суммы ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , равной 0,3 мг-экв/л);
- тонкое умягчение воды (до суммы ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , равной 0,03 мг-экв/л).

Грубое умягчение воды осуществляется тремя способами: известковым, натронным и известково-содовым. При известковом и натронном способах происходит устранение временной (карбонатной) жесткости по следующим реакциям:

- известковый способ (умягчитель – известковое молоко):



Частично осаждаются соединения железа и связывается свободная углекислота:



При этом осаждаются также соли железа, частично кремния и другие примеси; остаточная жесткость воды $0,02 \div 0,03$ мг-экв/л.

Эффективность реагентных способов умягчения воды определяется не скоростями протекания реакций умягчения, которые протекают достаточно быстро. Она зависит, главным образом, от быстроты и полноты завершения процесса кристаллизации труднорастворимых продуктов реакции и перевода их в грубодисперсный шлам.'

Так как присутствующие в речных и природных водах коллоидные органические вещества обладают способностью тормозить, кристаллизацию солей, то в данном случае неперенным условием является предварительная или совместная с умягчением коагуляции примесей поверхностных вод, от успешности проведения которой в значительной мере зависит необходимая продолжительность отстоя, а также величина остаточной жесткости умягченной воды. Благоприятное действие оказывает повышенная температура, поэтому процесс умягчения ведут при температуре $80 - 95$ °С.

3.3 Ионнообменный способ.

Наиболее эффективным методом тонкого умягчения воды является ионнообменный метод, проводимый в сочетании с описанными химическими методами. Суть этого метода заключается в применении специальных веществ органического и неорганического происхождения – ионитов, способных, будучи в твердом нерастворимом состоянии, обмениваться своими ионами с ионами, находящимися в воде. Ионнообменные смолы органического происхождения представляют собой трехмерные полимеры, не растворяющиеся в воде, но ограниченно набухающие в ней. В зависимости от характера обмениваемых ионов различают катиониты и аниониты, а сам процесс называется катионным или анионным обменом.

Ионообменники (сорбенты) на неорганической основе – это неолиты (алюмосиликатный жесткий трехмерный каркас из SiO_4 и AlO_4 – тетраэдров), цирконосиликаты (цирконосиликатный трехмерный каркас из ZrO_6 – октаэдров и SiO_2 – тетраэдров), фосфаты циркония и другие. В отличие от органических,

неорганические иониты не склонны к набуханию, для ионного обмена для них более существенны кристаллохимические факторы. Отсюда их большая селективность к ионам, что ценно для практики: например, извлечение цезия из растворов с высоким содержанием ионов Na^+ . Если упаковка атомов в каркасе неорганического ионита довольно плотная, то в ионообменниках процесса такого ионита участвуют лишь поверхностные ионогенные группы (развитию поверхности и пористости зерен-гранул подобного ионита придается большое значение). В качестве ионогенных групп известны: $-O^-$, $-OSO_2^-$, $-OPO_2^-$ и другие. Иониты с этими группами образуют класс катионитов, в так называемой Н-форме. Эти группы выглядят: $-OH$, $-SO_2H$, $-OPO_2H$ и другие. Соответственно в Na – или Ca – форме: $-ONa$, $-OSO_2Na$, $-OPO_2Na$ или $=(O)=Ca$, $=(OSO_2)_2=Ca$, $=(OPO_2)_2=Ca$. В свою очередь аниониты в качестве ионогенных содержат группы (как правило, аминогруппы), способные присоединять и обменивать анионы: $-NH_2^+$, $\equiv N^+$, $=NH^+$, $=Na^+$, $-C_6H_5$. В так называемой OH -форме группы выглядят таким образом: $-NH_3OH$, $=NH_2OH$, $\equiv NHOH$, в Cl -форме: $-NH_3Cl$, $=NH_2Cl$, $\equiv NHCl$ и т. д. Изучение процесса обмена ионов позволяет прийти к заключению, что в его основе лежит химическая реакция, протекающая на внешних и внутренних поверхностях ионитов. в строго эквивалентных количествах. Состояние равновесия устанавливается очень быстро. Степень обмена в течение нескольких секунд достигает 90÷98 %.

Количество ионитов определяется рядом показателей. Их основной технологической характеристикой является обменная способность, которая определяется количеством ионов, извлеченных ионитов из воды в течение цикла фильтрования. В практике водообработки обменную способность ионитов выражают в z -экв (задержанных ионов на 1 m^3 ионита в рабочем состоянии).

Для умягчения воды применяют катиониты, обменивающие ионы Na^+ или H^+ на содержащиеся в воде ионы кальция и магния.

В настоящее время известен ряд материалов естественного происхождения и полученных искусственно, обладающих свойствами катионного обмена.

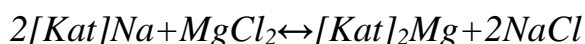
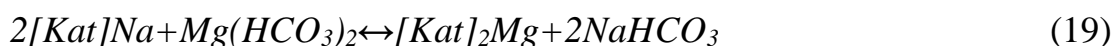
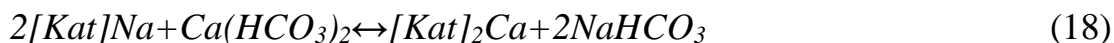
К катионитам искусственного происхождения относятся: сульфоуголь, гауконит, КУ-1, КУ-2 и др.

Синтетические смолы представляют собой продукт конденсации сульфо- или карбоновых кислот с альдегидами.

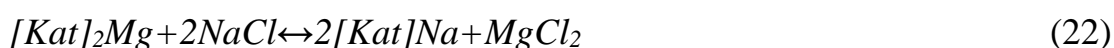
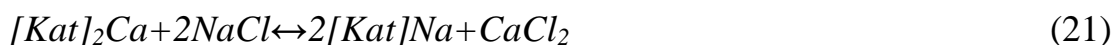
Как уже отмечалось, катионный метод умягчения воды основан на способности катионита заменять обменный катион другими катионами, находящимися в воде.

Работа установки по катионированию воды складывается из умягчения воды, осуществляемого при пропуске воды через слой катионита сверху вниз, взрыхления катионита пропуском воды снизу вверх с интенсивностью $3 \div 7 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ с целью предотвращения его слеживания, регенерации катионита и отмывки его от продуктов регенерации и остатков регенерирующего раствора.

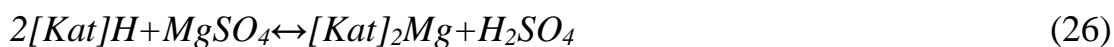
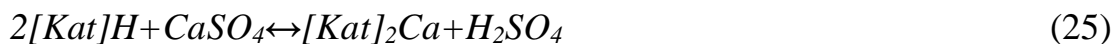
В случае *Na*-катионирования имеют место следующие реакции:



Регенерация фильтра после истощения его обменной способности производится 5–10% раствором поваренной соли:



Умягчение воды на *H*-катионитовых фильтрах основано на следующих реакциях:

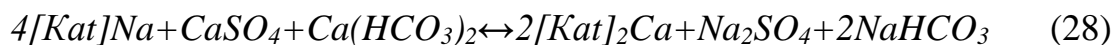


При *H*-катионировании воды происходит значительное снижение величины *pH* вследствие образования кислот в фильтрате. Регенерация *H*-катионитовых фильтров производится 5–6 % раствором соляной кислоты. В практике умягчение воды используют метод *H-Na*-катионирования, позволяющий снизить щелочность умягченной воды. Метод основан на нейтрализации щелочи кислотой, образующейся в результате *H*-катионирования. Выделяющаяся при этом углекислота удаляется в специальных дегазаторах. Применяют параллельное, последовательное или совместное *H-Na*-катионирование. При параллельном *H-Na*-катионировании часть воды пропускается через *Na*-катионитовый фильтр, а часть через *H*-катионитовый фильтр, затем обе части смешиваются. При этом протекают следующие реакции:

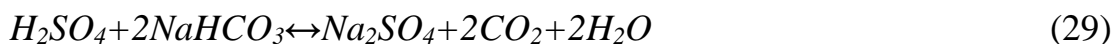
1) *H*-катионирование:



2) *Na*-катионирование:



3) смешанное катионирование:



Процент воды направляемый на *Na*-катионитовые фильтры определяется по формуле:

$$Q_{Na} = \frac{Ж_n + Щ}{Ж_{общ}} \cdot 100 \quad (30)$$

процент воды, направляемый на *H*-катионитовые фильтры, находится из выражения:

$$Q_H = \frac{Ж_K + Щ}{Ж_{общ}} \cdot 100, \quad (31)$$

где Q_{Na} и Q_H – количество воды, направляемое соответственно на *Na*- и *H*-катионитовые фильтры, в % от общего количества умягченной воды;

$Ж_H$ – некарбонатная жесткость умягчаемой воды;

$Ж_K$ – карбонатная жесткость, умягчаемой воды;

$Щ$ – желаемая щелочность умягченной воды, град;

$Ж_{общ}$ – общая жесткость умягчаемой воды.

При последовательном *H*-*Na*-катионировании, часть воды пропускают через *H*-катионитовые фильтры, смешивают с остальной частью воды, смесь пропускают через специальный дегазатор для удаления углекислоты, а затем всю воду подают на *Na*-катионитовые фильтры. Количество воды, подвергающееся *H*-катионированию, определяется по формуле, приведенной для параллельного *H*-*Na*-катионирования.

Совместное *H*-*Na*-катионирование осуществляется в одном фильтре, верхней частью загрузки которого является *H*-катионит, нижней *Na*-катионит.

В воде, подаваемой на катионитовые фильтры, допускается содержание взвешенных веществ до 10÷15 мг/л. При большем их содержании воду предварительно осветляют, иногда объединяя этот процесс с частичным умягчением известковым или известково-содовым способом.

При осветлении воды в качестве коагулянта следует применять железный купорос с известью, так как в этом случае железо выпадает в осадок до катионитовых фильтров. Если же для коагуляции будет применяться

сернокислый алюминий, то при неточной дозировке на катионитовый фильтр будут поступать ионы Al^{3+} (при $pH = 5,5$) или ионы $Al(OH)_2^+$ или $Al(OH)^{2+}$ (при $pH > 8,5$), что снизит обменную емкость фильтра.

8. ДЕГАЗАЦИЯ И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ВОДЫ

Дегазация воды производится тремя методами: термическим, химическим и аэрированием.

Термическая дегазация воды основана на свойстве газов выделяться из растворов при уменьшении их парциального давления в пространстве над водой.

Термическую дегазацию: осуществляют в конденсаторах паровых турбин или в специальных аппаратах – термических дегазаторах, например, в смешивающих дегазаторах пленочного типа (например – суспензионный сепаратор-осветлитель).

Химические способы дегазации воды основаны на взаимодействии химических реагентов с газами с целью перевода их в неактивное состояние.

CO_2 осаждают реагентами, применяемыми при умягчении воды, то есть раствором известнякового молока.

O_2 удаляют путем его взаимодействия с сульфитом и бисульфитом натрия, газообразный SO_2 , – гидратом закиси железа:



H_2S удаляют хлорированием воды и последующей фильтрацией воды для отделения серы:



Аэрирование воды представляет собой процесс интенсивного соприкосновения воды с воздухом, в результате которого воздух вытесняет газы, растворенные в воде.

Аппараты – дегазаторы с хордовой насадкой или градирни.

Дезинфекция производится для вод хозяйственно-питьевого назначения, водопоя скота, технологической воды, используемой для получения особо чистых веществ, лекарственных препаратов или для биохимических реакций.

Дезинфекция производится хлорированием, озонированием, окислением ионами тяжелых металлов, замутнителями, ультрафиолетовыми лучами, ультразвуковыми волнами, термическим способом, рентгеновскими лучами, радиоактивным излучением, токами высокой частоты. Хлорирование осуществляется газообразным хлором, двуокисью хлора, гипохлоритом кальция, хлорной известью, хлораминами.

Обеззараживающее действие хлора состоит в хлорировании и окислении веществ, входящих в состав протоплазмы клеток в результате чего последние гибнут.

Озонирование осуществляется газообразным озоном, получаемым в специальных генераторах (озонаторах) из кислорода воздуха под действием ионного разряда (при напряжении 6 – 22 кВ).

Молекулы озона термодинамически неустойчивы и энергично взаимодействуют с плазмой бактериальных клеток. Озон, как обеззараживающий агент действует быстрее хлора в 15 – 20 раз.

Серебро тоже в самых малых концентрациях обладает способностью уничтожать микроорганизмы. Нижний предел бактерицидного действия ионов серебра составляет $2 \cdot 10^{-11}$ г-ион/л.

Применяют металлическое серебро, его соли и электролитический метод с серебряными электродами.

Метод используют для обеззараживания воды технологической на судах, в плавательных бассейнах, артезианских скважинах, в пищевой промышленности.

При использовании замутнителей – гидроокисей Fe и Al, и высокодисперсных минералов, имеющих развитую поверхность, происходит адгезия микроорганизмов на этих реагентах с последующей коагуляцией, отстаиванием и фильтрованием.

Бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей ($\lambda = 2000 - 2950 \text{ \AA}$) объясняется изменением структуры: и дисперсности белковых коллоидов протоплазмы клетки.

Используют для этой цели ртутные лампы внешнего и наружного действия.

Бактерицидное действие ультразвука объясняется механическим разрушением бактерий в результате ультразвуковой кавитации.

Показатели: частота 20 – 50 кГц;
интенсивность 2 Вт/см² (для 46 кГц);
расход энергии: 2 – 2,5 кВт-ч/м³ воды;
время обработки 2 – 5 сек.

Термическое обеззараживание 5 – 10 минутное кипячение воды (до 30 минут).

R-лучи, γ -излучение – ионизируют клетки, повреждают ядра, разрушают нуклеиновые кислоты.

9. ОПРЕСНЕНИЕ И ОБЕССОЛИВАНИЕ ВОДЫ

Существует несколько методов удаления солей из воды:

1. Термический (дистилляция, вымораживание).
2. Электрохимический (электролиз, электроосмос).
3. Ионообменный.
4. Газогидратный метод.
5. Экстрагирование воды аминами.

Наиболее распространены в практике методы термический и метод обмена ионов.

Обессоливание воды дистилляцией основано на выпаривании ее с последующей конденсацией паров. Для этой цели применяют испарители различных систем. В качестве источников тепла для выпаривания используют тепло конденсации пара, энергию солнечных лучей и т.д.

Метод вымораживания имеет практическое значение для районов со стабильной низкой температурой. Возможность использования холода без каких-либо затрат энергии делает этот метод экономически выгодным. Вымораживание воды основано на особенности замерзания засоленных вод. Лед, полученный из минерализованной воды, состоит из пресной воды с включенными кристаллами соли. При оттаивании в жидкое состояние, прежде всего, переходят включения.

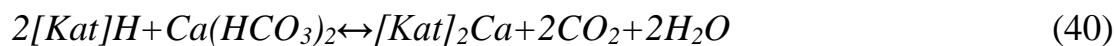
Электрохимический метод опреснения и обессоливания воды основан на использовании электродиализа и электроосмоса. Диализом называется диффузия электролитов через пористую перегородку. Электродиализ – диффузия электролитов через пористую перегородку посредством электрического тока. Электроосмосом называется движение жидкости в порах диафрагмы под влиянием электрического тока.

Процессы опреснения или обессоливания ведут в ваннах с двумя пористыми перегородками. Обычно камеры делаются проточными и соединяются последовательно. В качестве материала мембран применяются химически стойкие и механически прочные материалы: перхлорвиниловая ткань, микропористый винипласт и др. Сущность обессоливания заключается в следующем. При погружении в воду ионитовых диафрагм происходит диссоциация ионитов с переходом обменных ионов в раствор. В результате зерна ионита, а значит, и вся диафрагма приобретают определенный заряд. Катионитовая диафрагма – отрицательный, анионитовая – положительный:



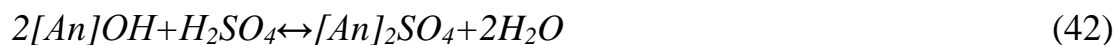
Указанный способ пригоден для обессоливания высокоминерализованных вод вплоть до морских с содержанием солей около 30000 мг/л.

Ионитовый метод опреснения или обессоливания воды заключается в последовательном пропуске воды через H -катионитовый, а затем OH -анионитовый фильтр. В H -катионитовом фильтре содержащиеся в воде катионы, главным образом кальциевые, магниевые и натриевые, обмениваются на ион водорода катионита:



Выделяющаяся в процессе разложения бикарбонатных солей углекислота (при пропускании воды через H -катионитовый фильтр) удаляется в специальном дегазаторе путем продувания через воду воздуха или разбрызгивания воды в градирне.

При пропускании воды после H -катионитовых фильтров через анионитовые фильтры анионы образовавшихся кислот обмениваются на анионы OH^- , HCO_3^{2-} или CO_3^{2-} , в зависимости от того, какой щелочью был отрегенирован анионит (едким натром, бикарбонатной содой).



Обессоленная таким образом вода содержит не более 10÷15 мг/л солей.

При опреснении морской воды резко падает обменная способность H -катионита. Для осуществления процесса в этом случае рекомендуется ступенчатое опреснение и метод рециркуляции обессоленной воды.

Газогидратный метод основан на способности некоторых газов (благородные газы, галоиды, CS_2 , CO_2 , N_2 , O_2 , легкие углеводороды, галоидные органические соединения, амины, ацетон, окись этилена и др.) так называемых гидратообразователей, образовывать твердые газогидраты (до 17 молекул воды на 1 молекулу гидратообразователя).

Процесс состоит из следующих стадий: образование гидрата, его отделение, разложение, отделение гидратообразователя.

Процесс весьма экономичен. Однако газогидраты имеют хлопьевидную структуру и трудно отделяются от воды.

Экстрагирование воды аминами основано на различной растворимости воды в аминах при разной температуре.

В смеси триметиламина с метиламином (1 : 2) растворяется воды по весу 35 % при 40 °С и 40 % при 55 °С.

Метод один из самых экономичных, однако, вследствие высокой растворимости аминов в воде и способности их образовывать с водой трудноразделяемые эмульсии, наблюдается большая потеря аминов и загрязнение ими воды.

Гиперфильтрация (метод обратного осмоса) – фильтрование воды через мембраны, с размерами пор около 3,5 А. При давления выше осмотического вода проходит через мембрану, гидратированные ионы ($d > 5 \text{ \AA}$) растворенных в воде солей через поры не проходят, (мембраны на основе ацетилцеллюлозы).

Применяются в небольших опреснительных установках.