**Урок 1 Классификация природных вод. Состав природных вод. Показатели качества**

Долгие годы и столетия водоподготовка не выделялась как отрасль техники и еще менее – как отрасль химической технологии.

Использовались эмпирически найденные приемы и способы очистки воды, главным образом, противоинфекционные. И потому история водоподготовки – это история приспособления для подготовки и очистки воды известных химических процессов и технологий, нашедших или находящих свое применение.

Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения принципиально отличается от других областей химической технологии: процессы водоподготовки протекают в больших объемах воды и при очень малых количествах растворенных веществ. Значит, большие расходы воды требуют устройства крупногабаритного оборудования, а малое количество извлекаемых из воды веществ неизбежно влечет за собой применение «тонких» методов обработки воды.

После обработки в системах и на станциях водоподготовки требуется вода со степенью чистоты, недоступной, да чаще всего и ненужной, для большей части химических продуктов. Например, стандартное требование – предел содержания железа в питьевой воде и питательной воде энергетических объектов, равный 0,3 мг/л, означает чистоту в 0,00003%!

В настоящее время усиленно разрабатываются научные основы технологий обработки воды, учитывающие указанную специфику этой отрасли техники. И такая работа далека от завершения, если можно вообще говорить об окончательном познании воды.

Было бы громадным преувеличением утверждать, что передовые научные и конструкторские силы, лучшие машиностроительные мощности были направлены на реализацию потребностей водоподготовки. Напротив, внимание к этой отрасли и, стало быть, финансирование проявлялись в наименьшем объеме, по остаточному принципу.

Испытания, выпавшие на долю России за последние 12–15 лет, в полной мере познала и водоподготовка. Одно из печальных следствий такого положения – отсутствие на рынке универсальных изданий по водоподготовке.

**Классификация природных вод**

Природная вода – сложная дисперсная система, содержащая множество разнообразных минеральных и органических примесей.

В зависимости от происхождения различают атмосферные, поверхностные и подземные воды, которые принимают участие в общем круговороте воды.

Атмосферные воды выпадают на поверхность земли в виде дождя, града, снега, росы и тумана. Они отличаются высоким содержанием газов (азота, кислорода и двуокиси углерода). Эти воды из-за содержания в них углекислоты имеют кислую реакцию, что придает им неприятный вкус; для питья они непригодны.

Поверхностные воды — это атмосферные и отчасти грунтовые воды, которые переместились к пониженным частям рельефа местности (пруды, реки, озера, моря). Из-за возможности загрязнения они непригодны для питья без очистки.

Подземные воды образуются главным образом из атмосферных вод, которые проникают в нижележащие слои почвы и накапливаются там в виде подземных водотоков или водохранилищ. Эти воды концентрируются над водонепроницаемым слоем в порах грунта, образуя водоносный горизонт. Он может находиться между первым водонепроницаемым слоем и почвой или же между водонепроницаемыми пластами, тогда вода может подвергаться гидростатическому давлению (артезианская вода).

С санитарной точки зрения подземные воды делятся на верховодку, грунтовые и артезианские. Верховодка находится обычно в верхнем (2- 3 м) слое земли, накапливаясь над первым водонепроницаемым слоем. В зависимости от времени года эти воды могут располагаться на разной глубине от поверхности земли. Во время засухи они могут исчезать.

Часть этих вод образует так называемый почвенный раствор, который заполняет капиллярные пространства между частицами почвы, создавая гидратационный слой. В большинстве случаев верховодка без предварительной очистки непригодна для питья.

Грунтовые воды находятся под первым водонепроницаемым слоем, залегающим на глубине не менее 7 м. Они могут располагаться в нескольких водоносных горизонтах, быть безнапорными или находиться под давлением. Воды, находящиеся на глубине до 15 м, называют мелкими грунтовыми водами. Они служат главным источником водоснабжения. Воды, залегающие на глубине более 15 м (на третьем или еще более глубоком водонепроницаемом слое), называются глубокими грунтовыми водами.

Грунтовые воды, содержащие не менее 1000 мг/л растворенных солей или СО2, или одного из редко встречающихся в пресной воде элементов, например брома, йода, фтора, железа, радия, называются минеральными.

В зависимости от преобладания в их составе того или иного химического соединения различают следующие виды минеральных вод: хлоридные, содержащие большое количество натрия хлорида; сульфидные, содержащие сероводород; углекислые, содержащие карбонаты и свободный СО2; горькие воды, содержащие главным образом магния сульфат; воды, носящие название одного из главных компонентов (йодные, радоновые или радиоактивные) и др.

Артезианские воды особенно ценятся за их гигиенические свойства. Они практически свободны от микроорганизмов, поэтому пригодны для питья без очистки и обеззараживания.

Дисперсная система состоит из мелких частиц вещества, распределенного в другом веществе (среде). Система называется гомогенной, если внутри нее нет поверхностей раздела, отделяющих друг от друга части системы, различающиеся по свойствам.

Гетерогенные системы – системы, внутри которых есть такие поверхности раздела.

Гомогенная система – однофазная, гетерогенная – состоит из не менее двух фаз.

При размере частиц примесей воды меньше 10-3 мкм – это гомогенная система (однофазная из двух или более индивидуальных веществ). Если размер частиц ≥10-3мкм, то примеси образуют с водой гетерогенную (неоднородную многофазную) систему.

Истинные растворы, где примеси находятся в молекулярно-растворенном виде или в виде ионов, – это гомогенные системы. Гетерогенные системы – коллоиды (размер частиц: 10-2–10-1мкм) или суспензии (частицы >10-1мкм). Суспензии могут быть представлены взвесями, эмульсиями, пенами (частный случай эмульсий).

**Системы классификации**

Вода – один из лучших растворителей. Изначально в Мировом океане были – в той или иной степени – растворены все вещества Земли. И это растворение продолжается: количество поровых вод илов и горных пород составляет около 19% всей гидросферы.

Уже несколько столетий разрабатываются системы классификации природных вод и способы как можно более краткой характеристики качества воды (индекс качества воды). Выделено 625 и даже более классов, групп, типов и разновидностей вод. В.И. Вернадский считал, что число видов природных вод больше 1500 единиц.

Сегодня наиболее употребительны классификационные системы С.А. Щукарева, О.А. Алёкина и Л.А. Кульского.

Классификация С.А. Щукарева

Классификация основана на принципе преобладания одного или нескольких из трех главных катионов (Na+, Ca2+, Mg2+) и трех главных анионов (Cl-, SО42-, HCO3-). Вода относится к тому или другому классу в зависимости от содержания упомянутых ионов в количестве, превышающем 25%-экв. (суммы процент эквивалентов анионов и катионов в отдельности принимают за 100). Комбинируя типы вод по содержанию катионов, получают 49 классов вод. Например, вода может называться гидрокарбонатной натриево-кальциевой или сульфатно-гидрокарбонатной кальциевой.

По общей минерализации каждый класс разделен на группы: А – менее 1,5 г/л; В – от 1,5 до 10 г/л; С – от 10 до 40 г/л и D – более 40 г/л.

Классификация Щукарева очень проста и удобна для сопоставления различных по химическому составу вод, но громоздка (49 классов, 4 группы). Кроме того, деление на классы носит формальный характер, вследствие чего часть классов – не реальная.

Классификация Л.А. Кульского

Практический интерес представляет фазово-дисперсная классификация примесей воды, разработанная Л.А. Кульским (табл. 1.2). Для задач, связанных с очисткой воды, эта классификация полезна тем, что, определив фазово-дисперсное состояние примесей в воде и установив ее принадлежность к какой-то группе, можно предварительно выбрать комплекс методов и стадий очистки воды. При этом фазово-дисперсное состояние примесей должно устанавливаться после каждой стадии обработки воды и учитываться при проектировании всей схемы водоподготовки.

Методы обработки воды, определенные Л.А. Кульским на основе фазово-дисперсного анализа примесей воды, описаны ниже (предложения Кульского дополнены А. Ашировым – V и VI группы).

Часть перечисленных методов применяется в специальных промышленных системах и не применяется в коммунальном и энергетическом водоснабжении.

Группа I.

Воздействие на взвеси (например, седиментация, осветление во взвешенном слое, осадительное центрифугирование, центробежная сепарация в гидроциклонах, флотация, фильтрование на медленных фильтрах и на скорых фильтрах по безнапорной схеме и др.).

Группа II.

Воздействие на коллоидные примеси, в том числе высокомолекулярные соединения и вирусы: коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция, электроискровой (разрядный) метод, биохимический распад, адсорбция на высокодисперсных материалах, в том числе глинистых минералах, ионитах, окисление (хлорирование, озонирование), воздействие ультрафиолетовым, γ- и β -излучением, потоками нейтронов и др., ультразвуковая обработка, обработка ионами тяжелых металлов (меди, серебра и др.).

Группа III.

Воздействие на растворенные органические вещества и газы: десорбция газов и легколетучих органических соединений путем аэрирования, термической и вакуумной отгонки, адсорбция на активных углях, природных и синтетических ионитах и других высокопористых материалах, экстракция не смешивающимися с водой органическими растворителями, эвапорация (азеотропная отгонка, пароциркуляция), пенная флотация, ректификация, окисление (жидкофазное, радиационное, электрохимическое, биологическое, парофазное, хлором, озоном, диоксидом хлора и др.).

Группа IV.

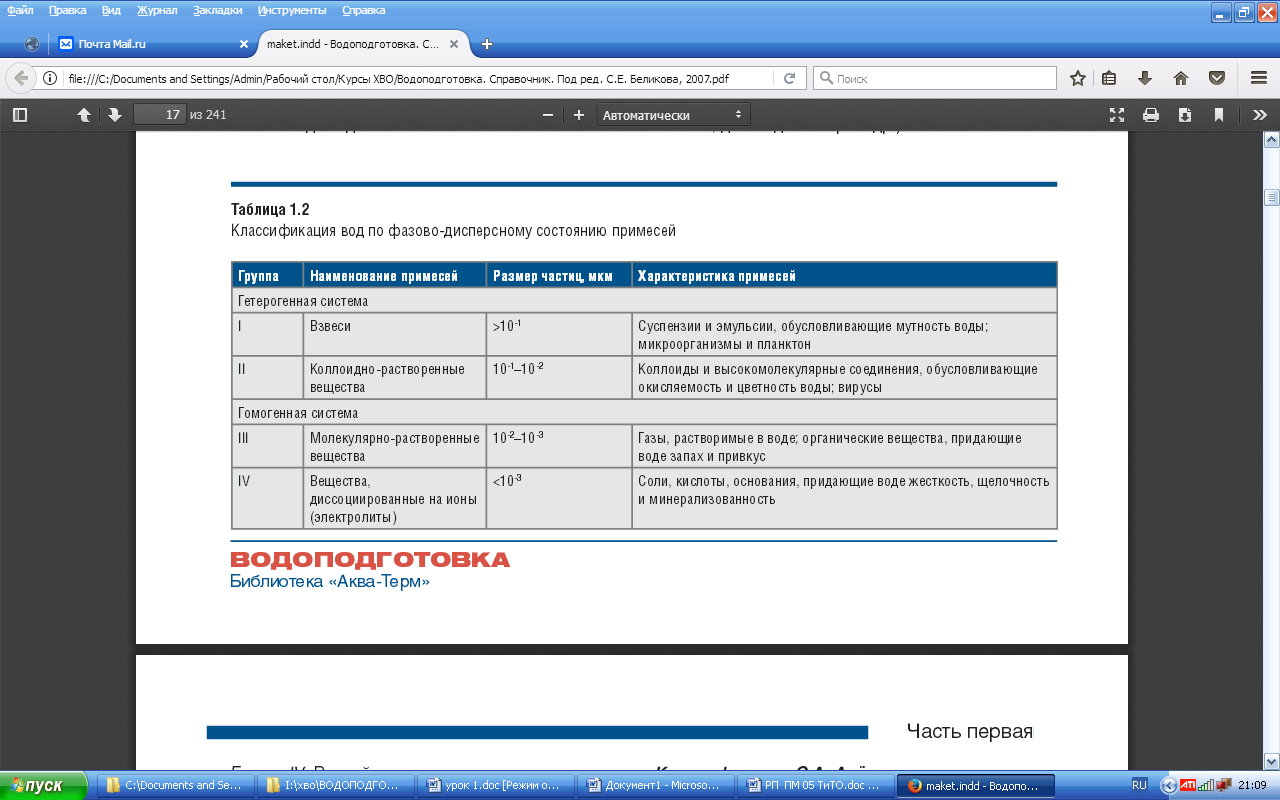
Воздействие на примеси ионогенных неорганических веществ: ионный обмен, электродиализ, реагентная обработка, кристаллизация.

Группа V.

Воздействие на воду: дистилляция, вымораживание, экстракция кристаллогидратами или смешивающимися с водой органическими растворителями, магнитная обработка, обратный осмос, напорная фильтрация.

Группа VI.

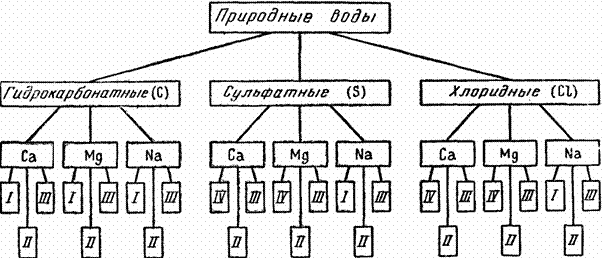
Воздействие на водную систему в целом: закачка в подземные горизонты, в глубины морей, захоронение, сжигание. Эти методы применяются только в том случае, если методы первых пяти групп экономически неприемлемы.



Классификация О.А. Алёкина

Классификация О.А. Алёкина с поправкой Е.В. Посохова и Ж.С. Сыдыкова сочетает принципы деления вод по преобладающим ионам и по соотношению между ними. Все воды делятся на три класса по преобладающему аниону: гидрокарбонатные (карбонатные), сульфатные и хлоридные.

Внутри каждого класса выделяют три группы по преобладанию одного из катионов: кальций, магний, натрий (или натрий + калий).



На различии преобладающих анионов и катионов основана классификация природных вод, предложенная О. А. Алекиным и названная его именем. В соответствии с этой классификацией все воды делятся по преобладающему аниону на три больших класса: карбонатные; сульфатные; хлоридные (рис. 2.1). Класс гидрокарбонатных вод объединяет пресные и ультрапресные воды рек, озер и включает значительное количество подземных вод. Класс хлоридных вод объединяет воды морей, лиманов и подземные воды солончаковых районов. Сульфатные воды по распространению и минерализации занимают промежуточное положение между хлоридными и карбонатными водами.

Каждый класс подразделяют на три группы по преобладающему катиону (кальциевая, магниевая и натриевая группы).

Группы в свою очередь делятся на типы в соответствии с количественными характеристиками ионов и катионов. Так, к первому типу относятся воды, в которых концентрация ионов HCO http://ok-t.ru/studopediaru/baza15/4506538302113.files/image004.gif, выраженная в ммоль-экв./л, больше, чем суммарная концентрация катионов кальция и магния:

http://ok-t.ru/studopediaru/baza15/4506538302113.files/image006.gif

Воды этого типа слабо минерализованы, для них характерен избыток гидрокарбонат-ионов.

Воды второго типа характеризуются более высокой суммарной концентрацией гидрокарбонат– и сульфат-ионов, превышающей суммарную концентрацию катионов кальция и магния, которая в то же время является более высокой, чем концентрация одного гидрокарбонат-иона:

*[НСO3–] + [SO http://ok-t.ru/studopediaru/baza15/4506538302113.files/image008.gif] > [Са2+] + [Mg2+] > [HCO http://ok-t.ru/studopediaru/baza15/4506538302113.files/image004.gif].*

К этому типу вод относятся подземные воды, а также воды рек и озер малой и средней минерализации.

Для воды третьего типа характерна более высокая концентрация ионов хлора по сравнению с ионами натрия и, следовательно, суммарная концентрация катионов кальция и магния, превышаю­щая суммарную концентрацию гидрокарбонат– и сульфат-ионов:

*[Сl–] > [Na+] или [Са2+] + [Mg2+] > [HCO http://ok-t.ru/studopediaru/baza15/4506538302113.files/image004.gif] + [SO http://ok-t.ru/studopediaru/baza15/4506538302113.files/image008.gif].*

Воды этого типа обычно сильно минерализованы.

Четвертый тип вод характеризуется отсутствием гидрокарбонат-ионов. Воды этого типа являются кислыми и имеются только в классах хлоридных и сульфатных вод.

Классификация О. А. Алекина, хотя и получила распространение, является далеко не единственной системой, учитывающей химический состав природных растворов, и не лишена существенных недостатков. Так, например, в ней не учитывается присутствие в природных водах растворимых органических соединений, общая концентрация которых в воде рек и озер иногда достигает 100 мг/л. В основном это гумусовые кислоты и их соли (продукты микробиологического разложения растительных и животных остатков), углеводороды, фенолы, белки, углеводы.

Классификация А.И. Перельмана

Определенный интерес представляет классификация А.И. Перельмана, выделившего шесть главных таксонов, каждый из которых определяется на основе особого критерия:

группа – температура;

тип – окислительно-восстановительные условия;

класс – щелочно-кислотные условия;

семейство – общая минерализация;

род – растворенное органическое вещество;

вид – ведущие катионы и анионы (кроме Н+и ОН-).

В этой классификации, в отличие от многих других, в том числе описанных классификаций Щукарева и Алёкина, учитываются температура, органические вещества, газы. А.И. Перельман предложил также изображать воду в виде шестизначного числа – по количеству таксонов и разновидностей, которых в каждом таксоне – не более девяти

Один из самых распространенных способов классификации основан на различиях в общем количестве растворенных неорганических и частично растворенных органических веществ, содержащихся в природных водах. Общее количество растворенных веществ –*минерализацию воды* –принято определять по массе сухого остатка предварительно отфильтрованной и выпаренной пробы после высушивания до постоянной массы при температуре 105°С: В настоящее время по величине минерализации природные воды принято делить на восемь видов, или классов.

|  |  |
| --- | --- |
| Минерализация, г/л | Наименование вод |
| Менее 0,2 | Ультрапресные |
| 0,2 – 0,5 | Пресные |
| 0,5 – 1,0 | С относительно повышенной минерализацией |
| 1 – 3 | Солоноватые |
| 3 – 10 | Соленые |
| 10 – 35 | С повышенной соленостью |
| 35 – 50 | Переходные к рассолам |
| 50 – 400 | Рассолы |

Хорошая питьевая вода содержит не более 0,5 г/л солей. Но в некоторых районах для питья используют и воды, содержащие 1-3 г/л растворенных солей. Соленые воды с общей минерализацией 3-10 г/л пригодны только для некоторых видов домашних живот­ных (овец, верблюдов). Ультрапресные воды обладают способностью выводить соединения кальция из организма человека, поэтому к их использованию для питья следует подходить с осторожностью.

***Показатели качества природных вод***

Классификация природных вод, как и любая другая классификация, призвана систематизировать имеющиеся знания. Ценность классификации возрастает, если выделенные классы (типы) имеют количественную определенность. Некоторые из приводимых ниже классификаций строго относятся к определенному виду водопользования, другие имеют в своей основе ту или иную характеристику процесса формирования природных вод,

Естественные источники водоснабжения подразделяют на *поверхностные* (реки, моря, водохранилища и озера) и *подземные* (грунтовые, артезианские, шахтные и другие воды).

Для водоснабжения населенных пунктов и большинства промышленных предприятий наиболее пригодными являются подземные (особенно артезианские и родниковые) слабоминерализованные воды. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения также используют ресурсы подземных вод, которые отвечают санитарно-гигиеническим требованиям.

Все показатели качества разделены на: физические, химические, гидробиологические и биологические.

К **физическим показателям** качества воды принадлежат

* температура,
* прозрачность или мутность,
* цветность,
* запах и вкус.

***Температура воды***. Зависит в первую очередь от происхождения вод. Воды подземных источников, в отличие от поверхностных, отличаются постоянством температуры. В пределах 7-11 градусов. Для поверхностных источников она обусловлена наличием сброса сточных теплых вод и подземным питанием (холодные воды) изменчивостью температуры атмосферного воздуха. Колеблется от 4 до 24 градусов.

***Прозрачность и мутность воды***. Природные воды, особенно поверхностные, редко бывают прозрачными из-за наличия в них взвешенных веществ, глины, песка, ила, органических остатков. В природных водах прозрачность определяется по опускаемому в воду белому диску, а в лабораторных условиях - посредством чтения специального шрифта через столб воды, налитой в стеклянный цилиндрический сосуд (шрифт Снеллена).

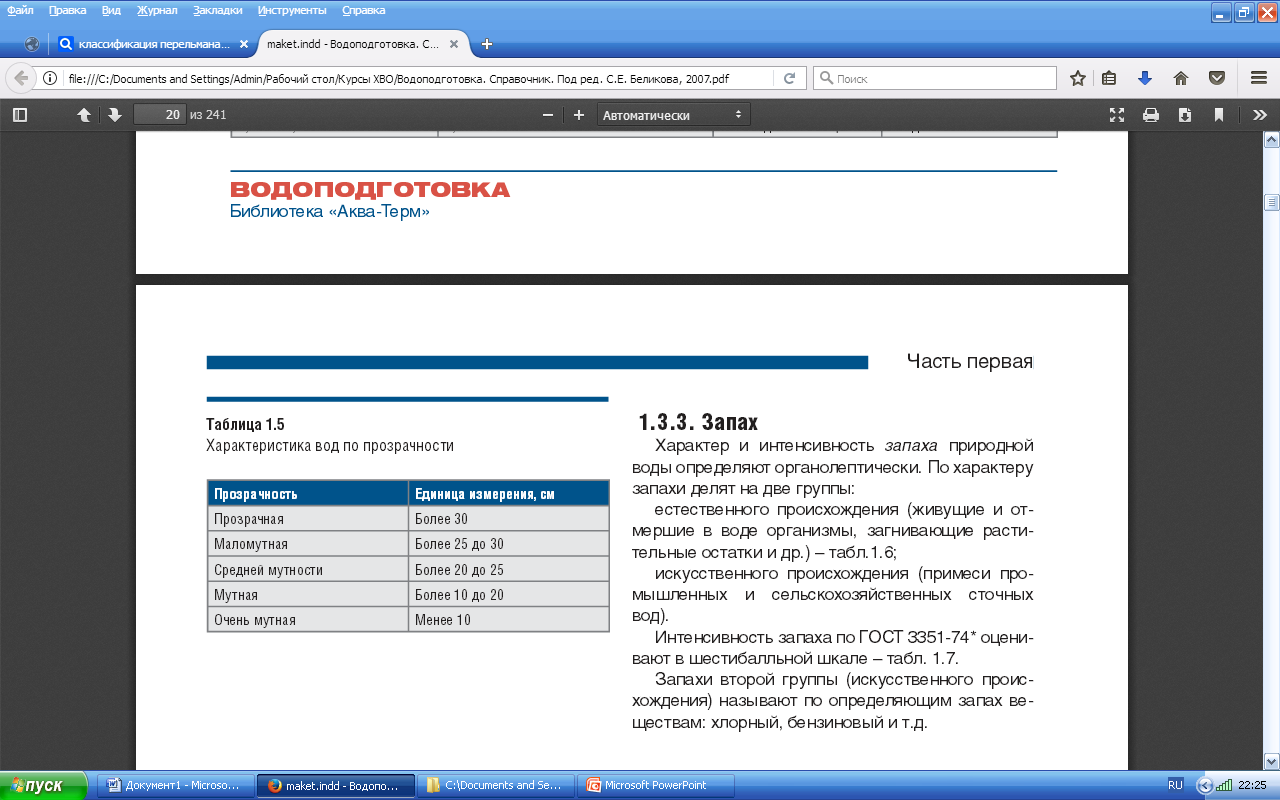
Прозрачность тесным образом связана с мутностью, т.е. с наличием взвешенных минеральных частиц.

Мутность воды в реках в различные времена года изменяется значительно. Возрастает обычно весной в период половодья. Наименьшая мутность наблюдается в период межени. Выражается в мг/дм3. Определяется фотометричксим путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными растворами.

Применительно к хозяйственно-питьевому водоснабжению иногда используется такое деление мутности:

* малая— менее 50 мг/дм3,
* средняя — 50—250 мг/дм3,
* повышенная — 250—1000 мг/дм3,
* высокая — более 1000 мг/дм3.

Устраняется мутность путем отстаивания и фильтрования воды.



***Цветность воды***. Цветность воды устанавливается сравнением с платиново-кобальтовой шкалой; определяется содержанием в воде органических и неорганических веществ. Чистая вода при малом слое бесцветна, при большом слое имеет голубоватый оттенок. Все остальные оттенки цвета указывают на наличие примесей. Так, соли железа окрашивают воду в красноватый (ржавый) цвет, мелкие частицы песка и глины — в желтый. Гумусовые вещества (продукты распада травы, листьев, коры и пр.) придают воде окраску от желтоватой до коричневой. Интенсивность окраски зависит от места взятия проб (характер почвы, глубина, наличие торфяников, наличие вблизи предприятий и т.д.).

По степени окрашенности различают следующие градусы цветности воды: Почти лишенные окраски < 20°

Слабоокрашенные 20—30°

Средне окрашенные 40—50°

Интенсивно окрашенные 60—80°

Темно-окрашенные 100—200°

Исключительно темно-окрашенные >

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства.

***Вкус и запах воды***. Чистая вода не обладает каким-либо вкусом или привкусом. Придают ей вкус и привкус загрязнения. Схематически выделяют четыре вкуса воды:

* соленый,
* горький,
* сладкий,
* кислый.

Все остальные вкусовые ощущения квалифицируются как привкусы (рыбный, фенольный, нефтяной, хлорный и т. д.):

* соленый вкус воде придают хлориды натрия (NaCl),
* горьковатый — хлориды магния (MgCl2),
* кислый — избыток кислот,
* сладковатый — органические вещества.

Ощутимый вкус или привкус вода приобретает лишь при достижении определенной концентрации примеси — например, солей NaCl, MgC12, Na2SO4 и NaHCO3 при концентрации 400— 500 мг/дм3, солей CaSO4 и NaNO3 при концентрации 100— 200 мг/дм3, соединений железа — 1—5 мг/дм3. Интенсивность привкуса так же, как и запаха, определяется по шестибалльной шкале.

*Запах воды*, так же как и вкус, предопределяется составом и концентрацией примесей и газов. Запахи бывают двух видов:

1. природного происхождения;
2. искусственного происхождения.

Причинами запахов природного происхождения является химический состав примесей воды, живые и отмершие организмы, гнилые растительные остатки, специфические органические соединения.

Интенсивность *запаха и привкусов* определяют по шестибальной шкале:

Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Баллы | Интенсивность запаха или привкуса | Характеристика интенсивности запаха или привкуса |
| 0  1  2  3  4  5 | Нет  Очень слабая  Слабая  Заметная  Отчётливая  Очень сильная | Отсутствие ощущения запаха или привкуса  Запах или привкус, поддающиеся обнаружению лишь в лаборатории опытным аналитиком.  Запах или привкус, не привлекающий внимание потребителя, но поддающийся обнаружению, если обратить на него внимание  Запах или привкус, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде неодобрительно  Запах или привкус, обращающий внимание и делающий воду неприятной для питья  Запах или привкус настолько сильный, что делает воду непригодной для питья |

Природные запахи описывают следующей терминологией:

Шкала оценки запахов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Символ | Характер запаха | Приблизительный род запаха |
| А | Ароматический | Огуречный, цветочный |
| Б | Болотний | Илистий |
| Г | Гнилостный | Фекальный, стоковый |
| Д | Древесный | Мокрой стружки, коры |
| 3 | Землистый | Прелый, свежевспаханной земли |
| П | Плесневой | Затхлый, застойный |
| Р | Рыбный | Рыбьего жира, рыбный |
| С | Сероводородный | Тухлых яиц |
| Т | Травяной | Скошенной травы, сена |
| Н | Неопределенный | Природного происхождения, который не подходит под предыдущие определения |

Запахи искусственного происхождения, обусловленные примесями некоторых промышленных сточных вод, называют по веществам, вызвавшим появление запаха: фенольный, хлорфенольный, нефтяной, бензинный, хлорный, камфорный, фекальный, сероводородный, спиртовой, смолистый.

К ***химическим показателям качества воды*** относится

* активная реакция (рН),
* окисляемость,
* наличие азотных соединений,
* растворенные газы,
* сухой остаток,
* минерализация,
* жесткость,
* щелочность,
* содержание хлоридов, сульфатов, железа, марганца и других компонентов (специфические загрязняющие вещества, радиоактивные элементы, тяжелые металлы).

***Активная реакция вод ы(водородный показатель, рН*** , определяет степень кислотности или щелочности воды, что в практике водоподготовки имеет большое значение. Вода диссоциирует на ионы Н+ и ОН - . рН позволяет правильно определить форму нахождения в природных водах углекислых и кремнекислых соединений, играет значительную роль при обработке воды, оценке коррозивности воды в системах водоснабжения. Определяется а помощью кислотно-основных индикаторов (лакмусовая бумажка), а более точно - потенциометром. Для большинства природных вод рН колеблется в пределах 6,5-8,5 (табл.)

Классификация вод по величине рН

|  |  |
| --- | --- |
| Тип воды | Величина рН |
| Сильно кислые | <3,0 |
| Кислые | 3,0 – 5,0 |
| Слабо кислые | 5,0 – 6,5 |
| Нейтральные | 6,5 – 7,5 |
| Слабо щелочные | 7,5 – 8,5 |
| Щелочные | 8,5 – 9,5 |
| Сильно щелочные | >9,5 |

Большинство поверхностных вод суши имеют нейтральную или слабокислую реакцию (рН = 6,0-8,0). Четко выраженной кислой реакцией обладают болотные воды. В дистрофных озерах, бедных питательными солями, рН — 4-6. Напротив, в эвтрофных озерах, богатых солями и органикой, рН = 7-10.

***Окисляемость воды***. Среди компонентов естественных вод важную роль играют вещества, способные окисляться. Из-за большого количества определить их индивидуально достаточно тяжело. Поэтому, как правило, выполняют суммарную оценку их содержания путем определения окисляемости. Величина окисляемости выражается расходом окислителя или эквивалентного количества кислорода на окисление органических веществ в 1 л воды. В практике водоочистки для природных малозагрязненных вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязненных водах – как правило, бихроматную окисляяемость (ХПК) Наименьшей окисляемостью (до 2 мг О/л) характеризуются артезианские воды. Окисляемость речной воды и воды водохранилищ колеблется в пределах 2-8 мг О/л. Повышенная окисляемость воды может свидетельствовать о загрязнении источника промышленными сточными водами.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК5, БПКполн), мгО2/л.Биохимическая потребность в кислороде (БПК) – показатель, определяемый при окислении «органики» природных вод не химическими веществами, а биохимическими воздействиями в аэробных условиях. Чаще определяют биохимическое потребление кислорода за пять суток – БПК5, и, как правило, этот показатель в поверхностных водах находится в пределах 0,5–4,0 мгО2/л.

При определении БПК5(температура воды 20°С, рН=6–8, обеспечен достаточный доступ кислорода к пробе воды) окисляется примерно 70% легкоокисляющихся органических веществ, за 10–20 сут – соответственно 90 и 99% (как правило, но не всегда). Поэтому, когда определяют БПКполн, имеют в виду, что процесс окисления длит-ся 15–20, в редких случаях – до 35 суток.

***Азотные соединения***. Азотные соединения (ионы аммония, нитритные и нитратные ионы) образуются в воде, главным образом, в результате разложения мочевины и белковых соединений, которые попадают в нее со сточными хозяйственно-бытовыми водами, а также водами содовых, коксохимических, азотно-туковых и других заводов.

Присутствие в поверхностных водах *ионов аммония* связано как с природными процессами, так и с антропогенным влиянием. К природным процессам относится биохимическая деградация белковых веществ, характерная для периода отмирания фитопланктона. Значительное количество аммония может поступать с поверхностным стоком и атмосферными осадками. Высокие концентрации аммония характерны для бытовых стоковых вод и промстоков предприятий пищевой, лесохимической промышленности. Белковые вещества под действием микроорганизмов разлагаются, конечным продуктом при этом является аммиак. Поэтому его наличие вызывает подозрение, относительно загрязнения водного объекта сточными водами.

По наличию и количеству тех или иных соединений, которые содержат азот, можно судить о времени загрязнения воды. Повышенное содержание *аммонийного и нитритного азота* указывает на свежее загрязнение воды азотными соединениями, отсутствие аммонийного и нитритного азота, но наличие *нитратного* - о давности загрязнения.

***Сухой остаток***. Количество солей, которые содержатся в природных водах, может быть охарактеризовано величиной сухого остатка. Сухой остаток образуется при испарении определенного объема воды и состоит *из минеральных солей и нелетучих органических соединений*. Органическая часть сухого остатка воды определяется величиной потерь при прокаливании.

***Минерализация*.** Применительно к любому виду водоснабжения первейшее значение имеет вопрос о минерализации воды и составе главных ионов. Общая минерализация представляет собой суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ. К числу наиболее распространенных относятся неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ, растворимых в воде. Термин «минерализация» обычно используется для поверхностных пресных вод, а термин «соленость» — для солоноватых и соленых водоемов. Уровень солесодержания обусловлен геологическими особенностями региона вследствие различной растворимостью минералов. Кроме природных факторов, на общую минерализацию воды большое влияние оказывают промышленные сточные воды, городские ливневые стоки (особенно когда соль используется для борьбы с обледенением дорог).

Характеристика природных вод

|  |  |
| --- | --- |
| Группа | Сухой остаток, мг/л |
| 1. Ультра пресные | До 100 |
| 2. Пресные | 100 – 1000 |
| 3. Слабо соленые | 1000 – 3000 |
| 4. Соленые | 3000 – 10000 |
| 5. Сильно соленые | 10000 – 50000 |
| 6. Рассол | 50000 – 300000 |
| 7. Ультра рассол | Более 300000 |

Согласно классификации О.А.Алехина поверхностные воды суши по степени минерализации (мг/дм3) делятся на группы:

Очень малая <100

Малая 100—200

Средняя 200—500

Повышенная 500–1000

Высокая >1000

Большинство рек имеют малую и среднюю минерализацию воды.

К числу содержащихся в природной воде главных ионов относятся:

* гидрокарбонаты (НСО3-),
* сульфаты (SO42-),
* хлориды {С1-),
* кальций (Са2+), магний (Mg2+),
* натрий (Na+), калий (К+).

По их составу, а точнее, по преобладающему аниону, природные воды подразделяются на три класса

* гидрокарбонатный (к нему относится большая часть слабоминерализованных вод суши),
* хлоридный (характерен для высокоминерализованных вод внутренних морей, бессточных озер и рек полупустынной и пустынной зоны),
* сульфатный (занимают промежуточное положение).

Каждый класс по преобладающему катиону подразделяется на три группы:

* кальциевую,
* магниевую,
* натриевую,

***Жесткость воды***предопределяется наличием в ней ионов кальция и магния.

По *общей жесткости* (ммоль/дм3), т.е. суммарному содержанию катионов кальция и магния (Ca2+ + Mg2+), независимо от того, с какими анионами они связаны, природные воды различаются следующим образом:

Очень мягкие до 1,5

Мягкие 1,5 – 3,0

Средние 3,0 – 6,0

Жесткие 6,0 – 10,0

Очень жесткие более 10,0

Общая жесткость подразделяется на

* *карбонатную или временную жесткость*, которая обусловлена присутствием гидрокарбонатов кальция и магния,
* *некарбонатную или постоянную жесткость*, которая обусловлена присутствием солей сильных кислот (сульфатов или хлоридов) кальция и магния.

***Щелочность воды*.** Под общей щелочностью воды понимают сумму гидратов и солей слабых кислот (угольной, фосфорной, кремниевой, гуминовой и т.п.). В соответствии с этим выделяют щелочность бикарбонатную, карбонатную, гуминовую, гидратную. Определение щелочности полезно для определения воды как пригодной для полива, для расчета содержания карбонатов, для очистки сточных вод.

***Хлориды***. Из-за большой растворимости хлоридных солей (NaСl - 360 г/л, MgСl – 545г/л) ионы хлора присутствуют почти во всех водах. Большое количество хлоридов в воде может быть обусловлено вымыванием хлоридных соединений из ближайших слоев, а также сбросом в воду промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. В проточных водоемах количество хлоридов небольшое – 20-30 мг/л. Хлориды, присутствующие в воде в большом количестве, при контакте с бетоном разрушают его в результате выщелачивания из извести растворимого хлорида кальция и гидроксида магния. Повышенное содержание хлоридов в воде снижает ее вкусовые качества.

*Сульфаты* часто встречаются в природных водах. Попадают они в воду, главным образом, при растворении осадочных пород, в состав которых входит гипс, а также в результате загрязнения промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Воды, которые содержат большое количество сульфатов, разрушают бетонные конструкции. Это объясняется образованием гипса в результате реакции между известью цемента и сульфатами воды, что приводит к увеличению объема и возникновению трещин.

*Железо и марганец* по своему содержанию в воде не превышают десятых долей миллиграмма на литр , всегда встречается в поверхностных и подземных водах. Хотя даже в больших количествах они не являются вредными для здоровья, но своим присутствием делают воду непригодной для питья, промышленных и хозяйственных потребностей, поскольку при концентрациях железа выше 1 мг/л вода приобретает неприятный чернильный или железистый привкус. В результате окисления бикарбоната двухвалентного железа кислородом воздуха образуется гидроксид железа, который увеличивает мутность воды и повышает цветность. Наличие в воде железа и марганца содействует развитию в трубопроводах железистых и марганцевых бактерий, продукты жизнедеятельности которых могут забивать водопроводные трубы.

Марганец забивает канальцы нервных клеток. Снижается проводимость нервного импульса, как следствие повышается утомляемость, сонливость, снижается быстрота реакции, работоспособность, появляются головокружение, депрессивные , подавленные состояния. Особенно опасен для беременных женщин (вызывает токсикозы и идиотию у детей). Его практически невозможно вывести из организма.

*Растворенные газы*. Из растворенных в воде газов наиболее важными для оценки ее качества является углекислота, кислород, сероводород, азот и метан. Углекислота, кислород и сероводород при определенных условиях придают воде коррозийные свойства по отношению к бетону и металлам.

*Токсичные вещества* попадают в воду в основном с промышленными сточными водами. К этой группе можно отнести свинец, цинк, медь, мышьяк, анилин, цианиды и много других. Несмотря на незначительную концентрацию их в воде (мкг/л), они могут наносить значительный вред здоровью человека.

*Радиоактивные элементы*, которые попадают в поверхностные и подземные воды, могут иметь природное и искусственное происхождение. Основными изотопами, которые предопределяют естественную радиоактивность вод, являются уран – 239, торий -232 и продукты их распада. Искусственную радиоактивность, в частности, после аварии на ЧАЭС в 1986 г., обуславливают такие изотопы, как стронций – 91, цезий-137. Допустимым пределом радиоактивности воды открытых водоемов при любых смесях радиоактивных веществ с неидентифицированным изотопным составом считаются 3·10-11Ки/л.

*Тяжелые металлы*. Тяжелые металлы (As, Cd, Cr, Co, Pb, Mn, Hq, Ni, Se, Ag, Zn) относятся к группе микроэлементов, учитывая их низкие концентрации в природных водах. В природных водах тяжелые металлы встречаются в виде взвешенных веществ, коллоидов, в форме комплексов, образованных гуминовыми и другими органическими кислотами.

Тяжелые металлы входят в состав ферментов, витаминов, гормонов. Эти соединения активно влияют на изменение интенсивности процессов обмена веществ в живых организмах. Именно из-за этого содержание тяжелых металлов в воде нормируется, ведь увеличение их концентраций может вызвать нарушение биологических процессов в живых организмах и провести к их заболеваниям, часто хроническим, а то и к гибели.

Достигая определенной концентрации в организме, они начинают губительное воздействие – вызывая отравление, мутации, засоряют почечные каналы, каналы печени, снижая фильтрационную способность этих органов. Соответственно это приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток нашего организма, т.е. самоотравление организма т.к. печень отвечает за переработку ядовитых веществ, а почки – за их выведение наружу.

*Свинец* принадлежит к малораспространенным элементам. Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде, в том числе в поверхностных водах, обусловлено его широким применением в промышленности. Наибольшим источником загрязнения поверхностных вод соединениями свинца являются сжигания угля и применения тетраэтилсвинца в моторном топливе, а также сточные воды.

*Цинк.* Основным источником поступления цинка в природные воды является минерал сфалерит (ZnS). Почти все соединения цинка хорошо растворимы в воде. Вследствие этого в отличие от меди и свинца цинк распространен в водах. В речных водах его концентрация колеблется от нескольких микрограммов до десятков иногда сотен микрограммов на литр.

Характерная особенность *меди,* находящейся в природных водах – способность сорбироваться высокодисперсными частицами грунтов и пород. Количество меди в водах лимитируется значениями рН. Медь становится неустойчивой и выпадает в осадок уже при рН = 5,3. Поэтому в водах, которые имеют нейтральную или близкую к нейтральной реакцию, содержание меди небольшое (1-100 мкг/л). Важнейшими источниками поступления меди считаются горные породы, сточные воды химических и металлургических производств, шахтные воды, различные реагенты, которые содержат медь, а также сточные воды и поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий.

*Никель* содержится в природных водах в микрограмовых дозах. Важнейшим источником загрязнения никелем является сточные воды цехов никелирования, обогатительных фабрик. Большие выбросы никеля происходят при сжигании топлива, таким путем ежегодно в атмосферу попадает до70 тыс.т никеля. Подавляющая часть никеля переносится речными водами во взвешенном состоянии.

Благодаря меньшей миграционной способности и низкому содержанию в горных породах *кобальт* в природных водах оказывается реже, чем никель. Кобальт и его соединения попадают в природные воды при выщелачивании медно-колчеданных руд, экзогенных минералов и пород, из грунтов при разложении организмов и растений и тому подобное. Особенно опасным источником поступления кобальта является сточные воды металлургических, металлообрабатывающих, нефтеперерабатывающих, химических производств.

*Стронций* имеет низкие концентрации в природных водах, что объясняется низкой растворимостью его сернокислых соединений, которые считаются основным источником поступления стронция. Источником стронция в природных водах являются горные породы, наибольшее количество его содержат гипсоносные отложения. Другой, не менее важный источник поступления стронция (радиоактивных изотопов) в наше время антропогенный.

*Синтетические поверхностно-активные вещества* (СПАВы) – вещества, способные адсорбироваться на поверхностях раздела фаз и снижать, вследствие этого, их поверхностную энергию (поверхностное натяжение). В водные объекты СПАВы попадают с бытовыми и промышленными сточными водами. В поверхностных водах СПАВы находятся в растворенном и сорбированном состояниях, а также в поверхностной пленке воды. СПАВы влияют на физико-биологическое состояние водоема, ухудшая кислородный режим и органолептические свойства – вкус, запах, и т.д. и находятся в нем на протяжении длительного времени, поскольку разлагаются медленно.

*Фенолы* в природных водах образуются в процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом окислении и трансформации органических веществ. Они являются одним из самых распространенных загрязняющих веществ, которые поступают в природные воды со сточными водами нефтеперерабатывающих, лесохимических, коксохимических, лакокрасочных, фармацевтических и других производств.

*Нефтепродукты* – смеси газообразных, жидких и твердых углеводородов различных классов, которые добываются из нефти и нефтяных сопутствующих газов. Нефтепродукты принадлежат к самым распространенным и опасным веществам, которые загрязняют природные воды.

Значительные количества нефтепродуктов попадают в природные воды при перевозке нефти водным путем, со сточными водами промышленных предприятий, особенно нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

*Пестициды* - это химические препараты, синтезированные соединения, которые используются в сельском хозяйстве для защиты растений от болезней и вредителей с целью сохранения урожая сельскохозяйственных культур. Для большинства из них не существует токсикологического обоснования ПДК.

Значительную опасность для поверхностных и грунтовых вод составляют пестициды, которые вносятся в количествах от 1 до 10 кг/га, хорошо растворяются в воде (> 10-50 мг/л) и очень медленно разлагаются. К таким пестицидам принадлежит группа триазиновых пестицидов (атразин, симазин, тербутилазин), феноксикарбоновые кислоты и их производные (бентазон, бромазил, гексазинон).

*Полициклические ароматические углеводороды* (ПАУ) содержат две или несколько соединенных между собой ароматических кольцевых системы.

ПАУ синтезируются во время процессов неполного сгорания как сопутствующие продукты и считаются возбудителями раковых заболеваний. Природными источниками ПАУ являются лесные пожары, вулканическая деятельность. Антропогенные источники – моторная техника (особенно с дизельными двигателями), коксовые батареи, системы отопления мазутом, сигареты.

**Биологические показатели качества воды.** В эту группу входят характеристики содержания в воде

* *растворенных органических веществ*
* *микроорганизмов или бактерий*.

В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Природные источники: разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения. Техногенные источники: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки.

Косвенными показателями концентрации органических веществ в воде обычно служит

* биохимическое потребление кислорода (БПК);
* химическое потребление кислорода (ХПК).

БПК – это то количество кислорода, необходимое микроорганизмам для усвоения органических веществ, находящихся в воде. Этот показатель характеризует только легкоокисляемую часть органических веществ, которая частично минерализуется микроорганизмами, а частично усваивается ими. Усвоение органических веществ происходит во времени, поэтому выделяют биохимическое потребление кислорода за 5 и 20 сут (БПК5 и БПК20). БПК20 отождествляется с полным БПК (БПК20 ~ БПКполн).

ХПК – это количество кислорода, необходимое для полного окисления всех органических веществ, присутствующих в воде (при условии образования СО2, Н2О, SО2).

По содержанию органических веществ (мгО/дм3), характеризуемому БПК, природные воды классифицируются следующим образом:

Очень малое <2

Малое 2-5

Среднее 5-10

Повышенное 10-20

Высокое 20-30

Очень высокое >30

Известно несколько тысяч видов бактерий: Все они делятся на два больших класса — сапрофитные (безвредные для человека, иногда даже полезные) и патогенные (болезнетворные). Выделить патогенные бактерии из всей массы микроорганизмов довольно трудно, поэтому при оценке качества воды большей частью ограничиваются

* микробным числом (общая численность бактерий в 1 см3 воды)
* коли-индексом (количество кишечных палочек в 1 дм3 воды)
* коли-титр (объем воды в 1 см3, приходящийся на одну кишечную палочку). Является показателем фекального загрязнения.

Зависимость между ними: коли-индекс = 1000/коли-титр.

Санитарное состояние природных вод хозяйственно-питьевого водоснабжения:

|  |  |
| --- | --- |
| Состояние воды | Микробное число |
| Чрезвычайно чистая (очень здоровая) | 0 - 10 |
| Очень чистая (здоровая) | 10 - 100 |
| Чистая (удовлетворительная) | 100 - 1000 |
| Посредственная (сомнительная) | 1000 - 10000 |
| Нечистая (нездоровая) | 10000 - 100000 |
| Грязная (совершенно нездоровая) | >1000000 |
|  |  |

**Гидробиологические показатели** дают возможность оценить качество воды по животному населению и растительности водоема. Изменение видового состава водных экосистем может происходить при столь слабом загрязнении водных объектов, поэтому их еще можно рассматривать как биоиндикаторы. Все они по классификации Кольквитца-Марссона делятся на катаробов и сапробов.

Катаробы – микрооганизмы населяющие чистые воды. Сапробы - организмы, живущие во всех пресных водах с различной степенью загрязнения в свою очередь делятся на:

Полисапрбные – очень загрязненные воды;

α и β мезасапробные более чистые воды ;

олигосапробные – характерны для чистых вод