

# 1.3. Состав природных и СТОЧНЫХ ВОД

# Виды составов воды

```
graph TD; A[Виды составов воды] --> B[Состав воды]; A --> C[Качественный]; A --> D[Количественный]
```

Состав воды

Качественный

Количественный

# Качественный состав

Показывает какие вещества находятся в сточной воде без количественной оценки их содержания

# Количественный состав

Указывает какие вещества содержатся в сточной воде и в каких количествах (концентрациях)

# Показатели состава воды

## Физические

Содержание взвешенных веществ

Температура

Цветность

Прозрачность

Мутность

Запах

Привкус

## Химические

Содержание органических веществ

Сухой и прокаленный остатки

Ионный состав

Солесодержание

Жесткость

Щелочность

Кислотность

Окисляемость

Активная реакция (pH)

Содержание отдельных веществ

## Бактериологические

Общее микробное число

Коли-индекс (коли-титр)

Содержание микроорганизмов отдельных групп

# Содержание взвешенных веществ

Характеризует содержание нерастворенных примесей (частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов) содержащихся в воде. Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды.

Характеристика вод по содержанию взвешенных примесей

Размер частиц (приблизительный), мм	Гидравлическая крупность (скорость осаждения в лабораторном цилиндре в течение 2 ч), мм/с	Примесь (условно)	Время осаждения частиц на 1 м
1,0	100	Крупный песок	10 с
0,5	53	Средний песок	20 с
0,1	6,9	Мелкий песок	2,5 мин
0,050–0,027	1,7–0,5	Крупный ил	10–30 мин
0,010–0,005	0,070–0,017	Мелкий ил	4–18 ч
0,0027	0,005	Крупная глина	2 сут
0,0010–0,0005	0,00070–0,00017	Тонкая глина	0,5–2 мес
0,0002–0,000001	0,000007	Коллоидные частицы	4 года

# Мутность

*Мутность* воды вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: мутность не заметна (отсутствует), слабая опалесценция, опалесценция, слабомутная, мутная и сильная муть.

В России мутность чаще всего измеряют в нефелометрических единицах мутности НЕФ (NTU) для небольших значений в пределах 0-40 НЕФ (NTU), например для питьевой воды. В условиях большой мутности обычно применяется измерение единиц мутности по формазину (ЕМФ). Пределы измерений - 40-400 ЕМФ.

Индикатор по НЕФ (NTU) - рассеивание излучения, по ЕМФ - ослабление потока излучения.

# Прозрачность

Степень прозрачности часто используют для измерения содержания определённых видов примесей и эффективности очистки. Прозрачность выражается толщиной слоя воды (см), через который ещё возможно чтение стандартного шрифта (прозрачность по Снеллену) или различение креста.

Характеристика вод по прозрачности

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	Более 30
Маломутная	Более 25 до 30
Средней мутности	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10



# Запах

Характер и интенсивность *запаха* природной воды определяют органолептически. По характеру запахи делят на две группы:

- естественного происхождения (живущие и отмершие в воде организмы, загнивающие растительные остатки и др.);
- искусственного происхождения (примеси промышленных и сельскохозяйственных сточных вод).

Запахи естественного происхождения

Обозначение запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый, тинистый
Г	Гнилостный	Фекальный, сточный
Д	Древесный	Запах морской щепы, древесной коры
З	Землистый	Прелый, запах свежеспаханной земли, глинистый
П	Плесневый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Запах рыбьего жира, рыбы
С	Сероводородный	Запах тухлых яиц
Т	Травянистый	Запах скошенной травы, сена
Н	Неопределенный	Запахи естественного происхождения, не подходящие под предыдущие определения

**Запахи второй группы (искусственного происхождения)**  
называют по определяющим запах веществам: хлорный,  
бензиновый и т.д.

Характеристика вод по интенсивности запаха

<b>Интенсивность запаха, баллы</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Описательные определения</b>
0	Запаха нет	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый опытным исследователем
2	Слабый	Запах, не привлекающий внимания потребителя, но обнаруживаемый им, если указать на него
3	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый и могущий дать повод относиться к воде с неодобрением
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду неприятной для питья
5	Очень сильный	Запах сильный настолько, что делает воду непригодной для питья

# Привкус

Различают четыре вида вкусов: соленый, горький, сладкий, кислый.

Качественную характеристику оттенков вкусовых ощущений - привкуса - выражают описательно: хлорный, рыбный, горьковатый и так далее. Наиболее распространенный соленый вкус воды чаще всего обусловлен растворенным в воде хлоридом натрия, горький - сульфатом магния, кислый - избытком свободного диоксида углерода и т.д. Порог вкусового восприятия соленых растворов характеризуется такими концентрациями (в дистиллированной воде), мг/л:  
NaCl - 165; CaCl<sub>2</sub> - 470; MgCl<sub>2</sub> - 135; MnCl<sub>2</sub> - 1,8; FeCl<sub>2</sub> - 0,35;  
MgSO<sub>4</sub> - 250; CaSO<sub>4</sub> - 70; MnSO<sub>4</sub> - 15,7; FeSO<sub>4</sub> - 1,6; NaHCO<sub>3</sub> - 450.

По силе воздействия на органы вкуса ионы некоторых металлов выстраиваются в следующие ряды:

катионы: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> > Na<sup>+</sup> > K<sup>+</sup>; Fe<sup>2+</sup> > Mn<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>;

анионы: OH<sup>-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

## Характеристика вод по интенсивности вкуса

Оценка вкуса и привкуса, баллы	Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса
0	Нет	Вкус и привкус не ощущаются
1	Очень слабая	Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании
2	Слабая	Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание
3	Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде
4	Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья
5	Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильны, что делают воду непригодной к употреблению

# Цветность

Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений, выражается в градусах платино-кобальтовой шкалы и определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

*Цветность* природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа, колеблется от единиц до тысяч градусов

Характеристика вод по цветности

Цветность	Единицы измерения, градус платино-кобальтовой шкалы
Очень малая	До 25
Малая	Более 25 до 50
Средняя	Более 50 до 80
Высокая	Более 80 до 120
Очень высокая	Более 120

# Содержание органических веществ

Спектр *органических примесей* очень широк:

## **группа растворенных примесей:**

- гуминовые кислоты и их соли - гуматы натрия, калия, аммония;
- некоторые примеси промышленного происхождения;
- часть аминокислот и белков;

## **группа нерастворенных примесей:**

- фульвокислоты (соли) и гуминовые кислоты и их соли - гуматы кальция, магния, железа;
- жиры различного происхождения;
- частицы различного происхождения, в том числе микроорганизмы.

Содержание органических веществ в воде оценивается по методикам определения окисляемости воды, содержания органического углерода, биохимической потребности в кислороде, а также поглощения в ультрафиолетовой области.

Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется *окисляемостью*. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая (методики определения двух последних применяются редко). Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, эквивалентного количеству реагента, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды.

Окислители могут действовать и на неорганические примеси, например, на ионы  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}^{-2}$ , но соотношение между этими ионами и органическими примесями в поверхностных водах существенно сдвинуто в сторону органических примесей, то есть «органики» в решающей степени больше.

В подземных водах (артезианских) это соотношение - обратное, то есть органических примесей гораздо меньше, чем указанных ионов. Практически их совсем нет. К тому же неорганические примеси могут определяться непосредственно индивидуально.

Если содержание указанных восстановителей суммарно меньше 0,1 ммоль/л, то ими можно пренебречь, в иных случаях нужно вносить соответствующие поправки.

Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять перманганатную окисляемость (перманганатный индекс); в более загрязненных водах определяют, как правило, бихроматную окисляемость (ХПК).



**Окисляемость перманганатная** измеряется мгО/л, если учитывается масса иона кислорода в составе перманганата калия, пошедшего на окисление «органики», или мг  $\text{KMnO}_4$ /л, если оценивается количество перманганата калия, пошедшего на окисление «органики»

**Окисляемость бихроматная**, мгО/л, - показатель, дающий более правильное представление о содержании в воде органических веществ, так как при определении ХПК окисляется около 90% органических примесей, а при определении перманганатной окисляемости - 30-50%.

## Характеристика вод по бихроматной окисляемости

Степень загрязнения (класс чистоты)	ХПК, мгО/л
Очень чистая	1
Чистая	2
Умеренно загрязненная	3
Загрязненная	4
Грязная	5–15
Очень грязная	Более 15

## Характеристика вод по перманганатной окисляемости

Величина окисляемости	Единица измерения, мгО/л
Очень малая	До 4
Малая	Более 4 до 8
Средняя	Более 8 до 12
Высокая	Более 12 до 20
Очень высокая	Более 20

ХПК - количество кислорода (или окислителя в пересчете на кислород) в мг/л, необходимое для полного окисления содержащихся в пробе сточных вод органических веществ, при котором углерод, водород, сера, фосфор и другие элементы (кроме азота), если они присутствуют в органическом веществе, окисляются соответственно до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ , а азот превращается в аммонийную соль.

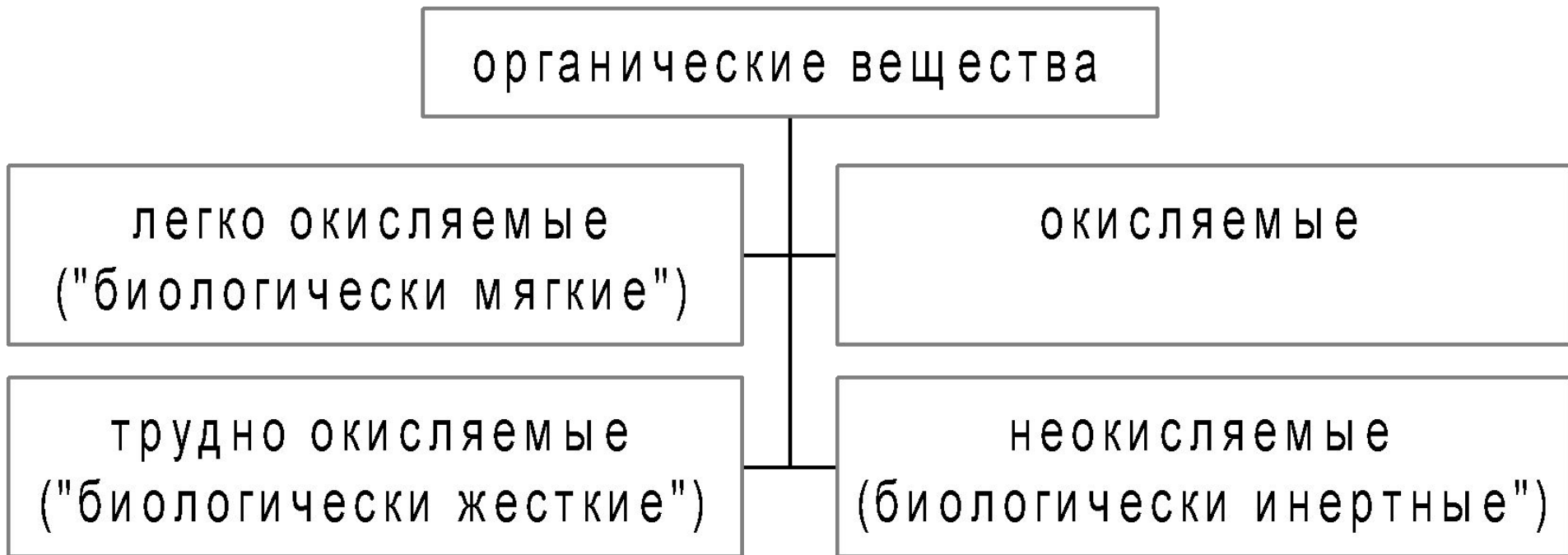
В англоязычной литературе ХПК обозначают термином COD (Chemical Oxygen Demand), в немецкой литературе - CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf).

При анализе ХПК наиболее надежные результаты получаются при ХПК = 300-600 мгО/л. При этом анализе окисляются ионы  $\text{Br}^-$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , некоторые соединения серы и др.

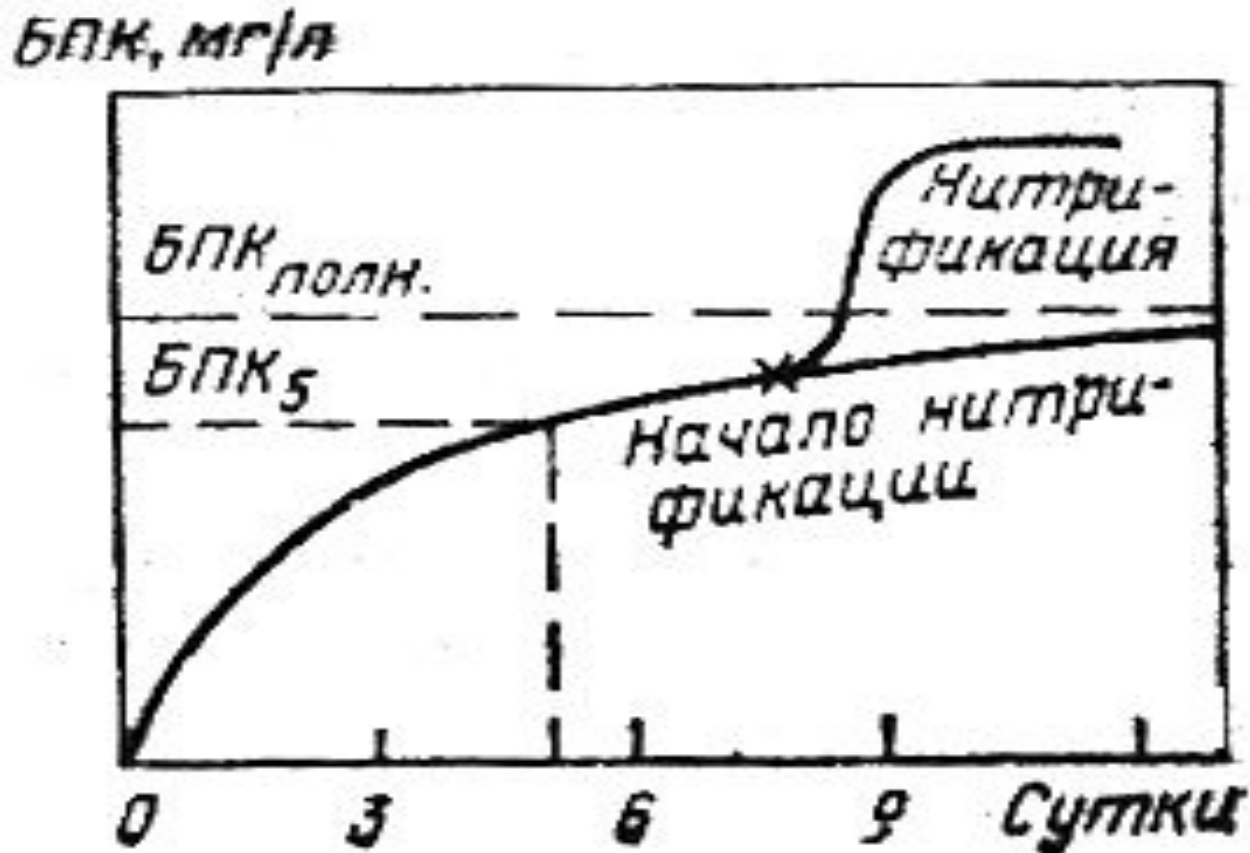
БПК - количество кислорода в мг/л, требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях в результате происходящих в воде биологических процессов

При определении БПК<sub>5</sub> (температура воды 20°C, pH=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 БПК<sub>полн</sub>, имеют в виду, что процесс окисления длится 15-20, в редких случаях - до 35 сут.

# Классификация органических веществ по скорости биохимического окисления



# Зависимость БПК от продолжительности экспозиции



## Характеристика вод по БПК<sub>5</sub>

Степень загрязнения (класс чистоты)	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л
Очень чистая	0,5–1,0
Чистая	1,1–1,9
Умеренно загрязненная	2,0–2,9
Загрязненная	3,0–3,9
Грязная	4,0–10,0
Очень грязная	Более 10,0

## **Общий органический углерод**

Содержание общего органического углерода (ООУ, по зарубежным источникам - ТОС Total Organic Carbon) - достаточно надежный показатель содержания в воде органических веществ, в среднем численно равный 50% массы органических веществ. В природных поверхностных водах значения органического углерода могут колебаться от 1 до 20 и даже до нескольких сотен мг/л (в болотистых водах).



# Сухой и прокаленный остаток

Сухой остаток характеризует количество нелетучих растворенных веществ. Определяется взвешиваем остатка, образовавшегося после упаривания пробы воды при температуре  $105^{\circ}\text{C}$ .

Прокаленный остаток показывает содержание в воде растворенных неорганических веществ. Определяется путем прокаливания сухого остатка при температуре не ниже  $600^{\circ}\text{C}$ .

# Минерализация

суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ. Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность.

Характеристика вод по минерализации

Группа воды	Единицы измерения, г/кг
Пресные	До 1
Солоноватые	Более 1 до 25
Соленые	Более 25 до 50
Рассолы	Более 50 г/кг

Характеристика подземных вод по общей минерализации (детализированная)

Категория вод	Вид вод	Минерализация		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Соленость, °Be
		г/кг	г/л		
Пресные	Ультрапресные	До 0,1	До 0,1	1,0	–
	Пресные	0,1–0,5	0,1–0,5	1,0–1,0001	0,02
	Умеренно пресные	0,5–1,0	0,5–1,0	1,0001–1,0005	0,02–0,08
Переходные (солончатые)	Слабосолончатые	1–3	1–3	1,0005–1,0015	0,08–0,25
	Солончатые	3–5	3–5	1,0015–1,0025	0,25–0,40
	Сильносолончатые	5,0–10	5,0–10,1	1,0025–1,0055	0,4–0,8
Соленые	Слабосоленые	10–25	10,1–25,4	1,0055–1,0155	0,8–2,2
	Соленые	25–35	25,4–36,0	1,0155–1,025	2,2–3,4
Переходные	Крепкосоленые	35–50	36–52	1,025–1,035	3,4–4,8
Рассолы	Слабые	50–75	52–79	1,035–1,055	4,8–7,4
	Средние	75–135	79–150	1,055–1,105	7,4–13,4
	Крепкие	135–270	150–330	1,105–1,225	13,4–26,5
	Весьма крепкие	270–370	330–500	1,225–1,350	26,5–37,0
	Сверхкрепкие	>370	>500	>1,350	>37,0

*Электропроводимость* - это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Минеральную часть воды составляют ионы **Na<sup>+</sup>**, **K<sup>+</sup>**, **Ca<sup>2+</sup>**, **Mg<sup>2+</sup>**, **Cl<sup>-</sup>**, **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**, **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**. Этими ионами и обуславливается электропроводимость природных вод. Присутствие других ионов, например **Fe<sup>3+</sup>**, **Fe<sup>2+</sup>**, **Mn<sup>2+</sup>**, **Al<sup>3+</sup>**, **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**, **HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**, **H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>**, не сильно влияет на электропроводимость, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод). По значениям электропроводимости можно приблизительно судить о минерализации воды.

# Жесткость

*Жесткость воды* обуславливается наличием в воде ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), стронция ( $\text{Sr}^{2+}$ ), бария ( $\text{Ba}^{2+}$ ), железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ), марганца ( $\text{Mn}^{2+}$ ). Но общее содержание в природных водах ионов кальция и магния несравнимо больше содержания всех других перечисленных ионов - и даже их суммы. Поэтому под жесткостью понимают сумму количеств ионов кальция и магния - общая жесткость, складывающаяся из значений карбонатной (временной, устраняемой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов. Однако при значении жесткости воды более 9 ммоль/л нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов.

По стандарту ИСО 6107-1-8:1996, включающему более 500 терминов, жесткость определяется как способность воды образовывать пену с мылом.

В России жесткость воды выражают в ммоль/л.

В жесткой воде обычное натриевое мыло превращается (в присутствии ионов кальция) в нерастворимое «кальциевое мыло», образующее бесполезные хлопья. И, пока таким способом не устранится вся кальциевая жесткость воды, образование пены не начнется. На 1 ммоль/л жесткости воды для такого умягчения воды теоретически затрачивается 305 мг мыла, практически - до 530.

Но, конечно, основные неприятности - от накипеобразования.

Международные своды нормативов качества воды не нормируют жесткость воды - только отдельно содержание в воде ионов кальция и магния: нормы качества питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), такие же нормы Европейского Союза (ЕС), стандарты ИСО, а также Национальные нормы питьевой воды США.

## Классификация воды по жесткости

<b>Группа воды</b>	<b>Единица измерения, ммоль/л</b>
Очень мягкая	До 1,5
Мягкая	Более 1,5 до 4,0
Средней жесткости	Более 4 до 8
Жесткая	Более 8 до 12
Очень жесткая	Более 12

# Растворенный кислород

Поступление кислорода в водоем происходит путем растворения его при контакте с воздухом (абсорбции), а также в результате фотосинтеза водными растениями. Содержание растворенного кислорода зависит от температуры, атмосферного давления, степени турбулизации воды, минерализации воды и др. В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может колебаться от 0 до 14 мг/л. В артезианской воде кислород практически отсутствует.