

1. Состав и свойства природных и сточных вод

1.1. Общие положения

Природная вода

вода, находящаяся в компонентах
природной среды

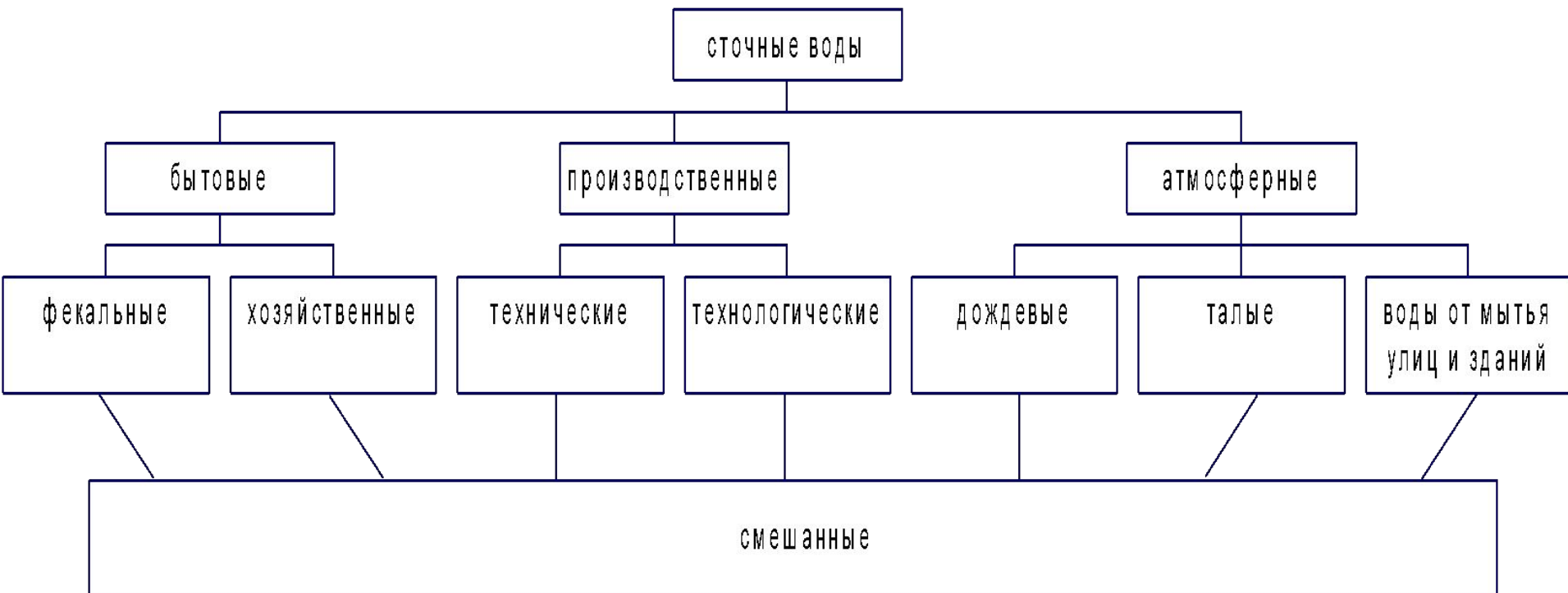
Классификация природных вод по принадлежности компонентам природной среды

- атмосферные воды;
- поверхностные воды;
- подземные воды;
- воды ледников;
- биологическая вода.

Сточная вода

Вода, которая была использована человеком для удовлетворения тех или иных нужд и получила при этом дополнительные примеси (загрязняющие вещества), изменившие ее химический состав и физические свойства

Классификация сточных вод по условиям образования



1.2. Физические свойства ВОДЫ

Плотность – отношение массы жидкости к занимаемому ею объёму

$$\rho = M/V$$

Наибольшая плотность пресной воды будет при 4⁰С

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3 (102 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4)$$

Плотность чистой воды при температуре 15⁰С и атмосферном давлении составляет 999 кг/м³. Плотность природной воды зависит от содержания растворенных веществ. Например, морская вода с концентрацией солей 35 г/л имеет среднюю плотность 1028,1 кг/м³ при 0⁰С (изменение солесодержания на 1 г/л изменяет плотность на 0,8 кг/м³).

Удельный вес (Н/м³) – отношение веса жидкости к занимаемому ею объему

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

$$\gamma = \rho g$$

Относительный вес (δ) – безразмерная величина, равная отношению веса жидкости к весу дистиллированной воды, взятой в том же объеме при температуре 4⁰С. Относительный вес зависит от температуры и давления.

Способность жидкости обратимым образом изменять свой объём под действием всестороннего давления называется сжимаемостью.

Сжимаемость характеризуется коэффициентом объёмного сжатия

$$\beta_p = \Delta\rho / (\rho\Delta p) = -\Delta V / (V\Delta p).$$

Величина, обратная коэффициенту объёмного сжатия, называется модулем объёмной упругости жидкости

$$E_{\text{ж}} = 1/\beta_p = \rho \Delta p / \Delta \rho.$$

Модуль объёмной упругости существенно зависит от количества газа, содержащегося в этой жидкости

$$E_0/E_{\text{ж}} = 1 + \phi_0 p_a E_0/p_2 = 1 + \phi_{\text{max}} \gamma R T E_0/p_2,$$

где ϕ_0 и ϕ_{max} - объемное и массовое содержание нерастворенного газа в жидкости;

P - давление в жидкости;

P_a – атмосферное давление;

E_0 – модуль объёмной упругости чистой жидкости, не содержащей нерастворенного газа.

Тепловое расширение представляет собой изменение объема тел при нагревании. Величина теплового расширения характеризуется температурным коэффициентом объемного расширения β_t , который равен приращению единицы объема тела при нагревании на 10^0C

$$\beta_t = \Delta V / (V \Delta t) = -\Delta \rho / (\rho \Delta t).$$

Вязкость - свойство жидкости оказывать сопротивление относительному движению (сдвигу) ее частиц.

Вязкость оценивается динамическим коэффициентом вязкости

$$\eta = \tau / (du/dn),$$

где τ - касательное напряжение на элементарной площадке, лежащей на поверхности соприкасающихся слоев движущейся жидкости;

du/dn - производная скорости U по нормам n к рассматриваемым слоям жидкости.

Динамический коэффициент вязкости измеряется в Па·с (Нс/ м²), или в пуазах:

$$1\text{П} = 100\text{сП} = 0,1\text{Па}\cdot\text{с}.$$

Отношение η к плотности жидкости называется кинематическим коэффициентом вязкости и измеряется в $\text{м}^2/\text{с}$:

$$\nu = \eta / \rho.$$

Часто встречаются другие единицы измерения ν , так называемые стоксы:

$$1 \text{ м}^2/\text{с} = 10^4 \text{ Ст.}$$

С повышением температуры вязкость уменьшается. Для чистой пресной воды зависимость вязкости от температуры может быть выражена формулой

$$\nu = 1775 \cdot 10^{-9} / (1 + 0,0337t + 0,000221t^2) \approx \nu_0 (1 + 0,0158t)^{-2},$$

где t - температура, $^{\circ}\text{C}$

ν_0 - вязкость воды при 0°C , равная $179 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

Давление также оказывает воздействие на вязкость воды. При умеренном давлении и низкой температуре вода становится менее вязкой, чем другие жидкости. Это объясняется разрушением молекулярной структуры воды. При увеличении давления вода принимает структуру жидкости, на которую внешние воздействия не оказывают влияния; в этом случае вязкость воды начинает возрастать с повышением давления.

При наличии в жидкости твердой взвеси, она характеризуется эффективной вязкостью η , отличной от вязкости основной жидкости η_0 :

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5S + 98S^{1,5}),$$

где S - консистенция гидросмеси, т.е. доленое содержание в ней твердых частиц (отношение мутности смеси к плотности мелкодисперсной фазы).

Растворимость газа в жидкости подчиняется закону Генри, по которому количество газа, способного растворяться, пропорционально коэффициенту растворимости α каждого газа, концентрации S_r газа в газовой фазе и общему давлению p газовой фазы над водой. Объём растворяющегося газа будет равен

$$V = \alpha S_r p.$$

Растворимость газа обычно выражают коэффициентом Бунзена α , т.е. объёмом газа в мг (при 0°C и 101323 Па), растворённого в 1 мл растворителя при данном давлении газа над жидкостью и данной температуре.

Умножая коэффициент Бунзена α на плотность газа при 0°C , получим количество растворённого газа в единицах массы при данном давлении.

Масса растворённого газа изменяется пропорционально давлению жидкости, а объём этого газа практически не изменяется.

Ангидриды (CO_2 , SO_2) и различные кислоты (HCl), растворяясь в воде, вступают в реакцию с ней. Поэтому коэффициент растворимости этих соединений намного выше, чем у других газов. Например, коэффициенты растворимости при 10°C для $\text{N}_2=0,018$; $\text{O}_2=0,038$; $\text{CO}_2=0,194$; $\text{H}_2\text{S}=3,39$.

Растворимость газов в растворах солей уменьшается с увеличением концентрации соли согласно уравнению Сеченова

$$N' = N \cdot 10^{-kSэ},$$

где N' и N - содержание газа в минерализованной и чистой воде;

$Sэ$ - концентрация соли в растворе, выраженная в эквивалентной форме (мг · экв/л);

k - коэффициент Сеченова (высаливания), зависящий от природы газа и соли, температуры и давления.

Поверхностное натяжение. Молекулы на поверхности воды испытывают действие межмолекулярного притяжения с одной стороны. Так как у воды силы межмолекулярного взаимодействия аномально велики, то каждая «плавающая» на поверхности воды молекула как бы втягивается внутрь слоя воды. У воды поверхностное натяжение равно 72 мН/м при 25°C. В частности, этим свойством объясняется шаровая форма воды в условиях невесомости, поднятие воды в почве и в капиллярных сосудах деревьев, растений и т.д.