

Практическая работа № 3 Состав и строение гидросферы

Гидросфера - водная оболочка Земли, включающая все виды природных растворов, всю воду, находящуюся в трех агрегатных состояниях (твердом, жидком и газообразном), и воду, входящую в состав химических соединений.

Таблица 2.1

Мировые запасы воды

Вид природных вод	Объём, км ³	Доля, %	
		От общих мировых запасов воды	От мировых запасов пресных вод
Мировой океан	1 338 000 000	96,5	-
Подземные воды	23 400 000	1,7	-
Пресные подземные воды	10 530 000	0,76	30,1
Почвенная влага	165 000	0,001	0,05
Ледники и постоянный снежный покров	24 064 100	1,74	68,7
Воды в пресных озерах	91 000	0,007	0,26
в соленых озерах	85400	0,006	-
Воды в руслах рек	2120	0,0002	0,006
Биологическая вода	1120	0,0001	0,003
Вода в атмосфере	12900	0,001	0,04
Общие запасы воды	1385984610	100	-
Запасы пресной воды	35029210	2,53	100

В воде открытого океана независимо от абсолютной концентрации количественные соотношения между главными компонентами основного солевого состава всегда постоянны. Эта зависимость получила название закона Дитмара.

В речной воде среди катионов наиболее распространены: $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$ другие катионы, а среди анионов: $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ другие анионы.

Для измерения содержания главных компонентов и примесей в природных водах используют такие единицы измерения как млн⁻¹, %, г/л, мг/л, моль/л, мкг/л.

Таблица 2.2.

Средний состав природных вод

Ионы	Содержание, млн ⁻¹ (или 1 г примеси на 1 т раствора)				
	в водах Мирового океана			в речной воде	в дождевой воде
	млн ⁻¹	‰	ммоль/л		
Катионы:					
Na ⁺	10560	10,56	459,1	5,8	1,1
Mg ²⁺	1270	1,27	52,3	3,4	0,36
Ca ²⁺	400	0,40	10,0	20	0,97
K ⁺	380	0,38	9,7	2,1	0,26
Анионы:					
Cl ⁻	18980	18,98	534,6	5,7	1,1
SO ₄ ²⁻	2650	2,65	27,6	12	4,2
HCO ₃ ⁻	140	0,14	2,3	35	1,2
Br ⁻	65	0,065		-	-
F ⁻	1	0,001		-	-

Примеры решения типовых задач

Пример 1. Рассчитайте сколько граммов поваренной соли (NaCl) содержится в 1 кг морской воды, отобранной в одном из заливов Баренцева моря, если её хлорность равна 15‰?

Решение. Для решения задачи воспользуемся законом Дитмара. Содержание ионов натрия в морской воде составляет 459,1 ммоль/л, а содержание ионов хлора 534,6 ммоль/л (см. табл.2), значит часть ионов хлора в морской воде связана с другими катионами. Поэтому для определения содержания NaCl в воде залива необходимо определить концентрацию катионов натрия в этой воде.

В соответствии с законом Дитмара соблюдается равенство отношения концентраций ионов натрия и хлора для среднего состава воды из залива Баренцева моря:

$$C_{\text{Na}} / C_{\text{Cl}} = C_{\text{Na}}^1 / C_{\text{Cl}}^1,$$

где C_{Na} , C_{Cl} , C_{Na}^1 , C_{Cl}^1 – концентрация (‰) ионов натрия и хлора для среднего состава морской воды и воды залива соответственно.

$$C_{\text{Na}}^1 = C_{\text{Na}} C_{\text{Cl}}^1 / C_{\text{Cl}} = 19,56 \cdot 15,00 / 18,98 = 8,34 (\%).$$

Это значит, что в 1 кг воды из залива Баренцева моря содержится 8,34 г катионов натрия. Количество моль катионов натрия равно количеству моль поваренной соли, содержащихся в 1 л воды из залива:

$$n_{\text{Na}} = n_{\text{NaCl}} = m(\text{Na}^+) / M(\text{Na}^+) = m(\text{NaCl}) / M(\text{NaCl}).$$

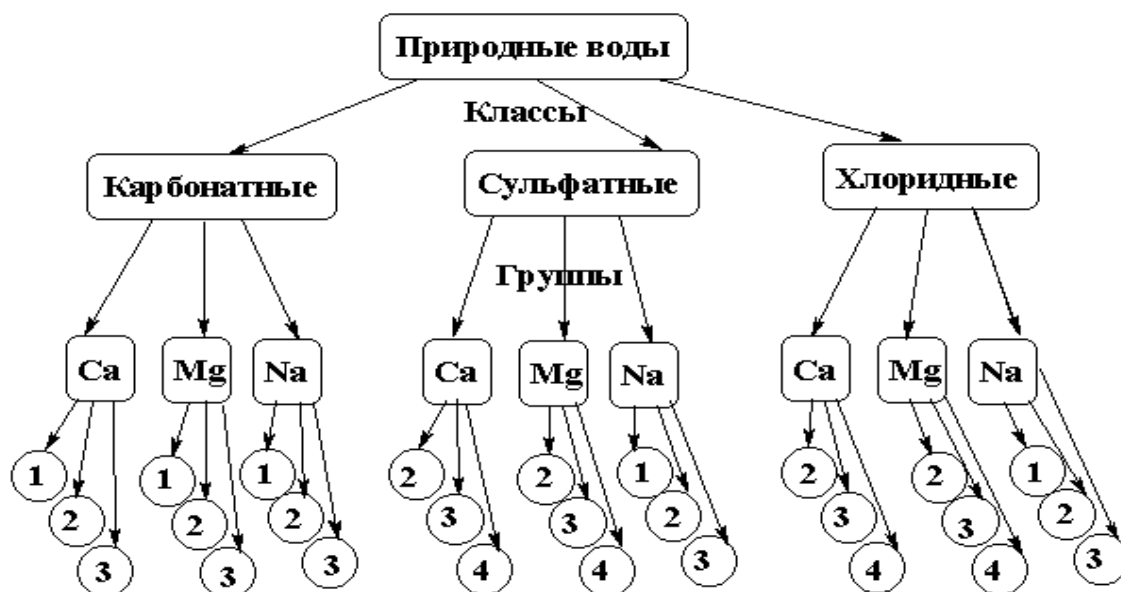
Отсюда $m(\text{NaCl}) = m(\text{Na}^+) \cdot M(\text{NaCl}) / M(\text{Na}^+) = 58,5 \cdot 8,34 / 23,0 = 21(\text{г})$.

Ответ: в 1 кг воды залива Баренцева моря содержится 21 г NaCl.

Таблица 2.3.

Классификация природных вод по значению минерализации

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



1 тип – $[\text{HCO}_3^-] > [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$

2 тип $[\text{HCO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}] > [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] > [\text{HCO}_3^-]$

3 тип $[\text{Cl}^-] > [\text{Na}^+]$ или $[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] > [\text{HCO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$

4 тип - воды этого типа не содержат гидрокарбонат – ионов, являются кислыми и встречаются только в коассях хлоридных и сульфатных вод.

Рис. Классификация природных вод по О.А. Алекину

Примеры решения задач

Пример 1. Охарактеризуйте морскую воду в соответствии с классификацией, разработанной О.А. Алекиным.

Решение. Морские воды следует отнести к классу хлоридных вод, т.к. преобладающим в морской воде является анион хлора. Преобладающим катионом в морской воде является катион натрия, поэтому морская вода относится к группе натриевых вод.

Для определения типа воды просуммируем концентрации катионов кальция и магния в морской воде, выраженные в ммоль /л, и сравним сумму с концентрацией гидрокарбонат – иона: $C(\text{Ca}^{2+}) + C(\text{Mg}^{2+}) = 10,0 + 45,3 = 55,3$ ммоль /л $> C(\text{HCO}_3^-) = 2,3$ ммоль /л. Следовательно морская вода не относится к первому типу вод.

Сравним суммарную концентрацию анионов HCO_3^- и SO_4^{2-} с суммарной концентрацией катионов кальция и магния в морской воде:

$$C(\text{HCO}_3^-) + C(\text{SO}_4^{2-}) = 2,3 + 27,6 = 29,9 \text{ ммоль /л} < C(\text{Ca}^{2+}) + C(\text{Mg}^{2+}) = 55,3 \text{ ммоль /л.}$$

Следовательно, морская вода не относится и ко второму типу вод.

Сравним концентрации ионов хлора и натрия, выраженные в ммоль /л:

$$C(\text{Cl}^-) = 534,6 \text{ ммоль/л} > C(\text{Na}^+) = 459,1 \text{ ммоль/л.}$$

Следовательно морскую воду следует отнести к третьему типу вод.

Ответ: по классификации О.А. Алекина морскую воду следует отнести к классу хлоридных вод натриевой группы третьего типа.

Пример 2. К какому классу вод по минерализации следует отнести природные воды, состав которых соответствует среднему составу речной воды. При оценке принять:

а) другие примеси в воде отсутствуют; б) плотность речной воды равна 1000г/л; в) при экспериментальном определении минерализации все гидрокарбонат – ионы перейдут в карбонат – ионы, а все остальные ионы образуют безводные соли, устойчивые при 105⁰С.

Решение. По условию задачи состав природной воды соответствует среднему составу воды в реках. Содержание примесей в этой воде, как видно из таблицы составляет (млн⁻¹): Ca^{2+} - 20; Na^+ - 5,8; Mg^{2+} - 3,4; K^+ - 2,1; HCO_3^- - 35; SO_4^{2-} - 12; Cl^- - 5,7.

Значение минерализации природных вод определяется в г/л, поэтому необходимо выразить концентрации анионов и катионов в этих единицах. Поскольку плотность воды по условию задачи равна 1000г/л, концентрации примесей, выраженные в млн⁻¹, численно равны концентрациям, выраженным в мг/л. Поэтому, чтобы получить содержание примесей в г/л, достаточно умножить значение их содержания в млн⁻¹ на 10⁻³: C_i (г/л) = 10⁻³ C_i (млн⁻¹). Содержание примесей в природной воде, выраженное в г/л, составит: Ca^{2+} - 2,0·10⁻²; Na^+ - 5,8·10⁻³; Mg^{2+} - 3,4·10⁻³; K^+ - 2,1·10⁻³; HCO_3^- - 3,5·10⁻²; SO_4^{2-} - 1,2·10⁻²; Cl^- - 5,7·10⁻³.

По условию задачи при определении минерализации ионы HCO_3^- полностью перейдут в ионы CO_3^{2-} . Процесс разложения может быть представлен следующим уравнением: $2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

Образующиеся в этом процессе молекулы воды и диоксида углерода не вносят вклад в минерализацию, поскольку при 105 °С переходят в газовую фазу.

Концентрацию образующихся ионов CO_3^{2-} можно определить по уравнению:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{HCO}_3^-] \cdot M(\text{CO}_3^{2-}) / \{2 M(\text{HCO}_3^-)\},$$

где $[\text{CO}_3^{2-}]$ и $[\text{HCO}_3^-]$ - концентрации карбонат- и гидрокарбонат – ионов (г/л) соответственно; $M(\text{CO}_3^{2-})$ и $M(\text{HCO}_3^-)$ – молярные массы карбонат и гидрокарбонат – ионов (г/моль).

Концентрация ионов CO_3^{2-} , образующихся при определении минерализации воды, может составить: $[\text{CO}_3^{2-}] = 3,5 \cdot 10^{-2} \cdot 60 / (2 \cdot 61) = 1,7 \cdot 10^{-2}$ (г/л).

Поскольку по условию задачи все ионы, кроме HCO_3^- , образуют безводные соли, устойчивые при 105 °С, а гидрокарбонатные ионы переходят в CO_3^{2-} и также образуют соли, значение минерализации можно определить по сумме концентраций ионов CO_3^{2-} и остальных ионов, присутствующих в исходной воде:

$$M = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{K}^+] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-] = 2,0 \cdot 10^{-2} + 5,8 \cdot 10^{-3} + 3,4 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-3} + 3,5 \cdot 10^{-2} + 1,2 \cdot 10^{-2} + 5,7 \cdot 10^{-3} = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ (г/л)}.$$

Поскольку полученное значение минерализации меньше 0,2 г/л, природные воды, отвечающие среднему составу речной воды, следует отнести к ультрапресным водам (см табл. 2.3).

Ответ: природные воды, отвечающие среднему составу речной воды, следует отнести к ультрапресным водам.

Контрольные задачи

1. Выразите содержание главных катионов и главных анионов для среднего состава речной воды в промилле и миллимолях на литр.
2. Представьте в виде формулы средний состав речной воды, в которой концентрация растворенного диоксида углерода составляет 1000 мг/л.
3. Сколько граммов поваренной соли (NaCl) содержится в 1 кг морской воды, отобранной в одном из заливов Северного моря, если ее хлорность равна 20%?
4. К какому классу вод по минерализации следует отнести природные воды, состав которых соответствует среднему составу морской воды (см. табл.212)? При опенке принять: а) другие примеси в воде отсутствуют; б) плотность воды равна 1000 г/л; в) при экспериментальном определении минерализации все ионы гидрокарбоната перейдут в карбонат-ионы, а остальные ионы полностью переходят в безводные соли, устойчивые при 105°С.
5. Охарактеризуйте средний состав речной воды в соответствии с классификацией, разработанной О. А. Алекиным.