

**С.М.Судариков**  
**Гидрогеохимия**

Основные компоненты  
природных растворов

***Химически «чистая»  
вода***


# *ювенильная вода*

- Термин «**ювенильные**» воды впервые был предложен в 1902 году Э. Зюссом для вод, образовавшихся в глубоких недрах земли в результате дегазации магматических расплавов.
- Это воды **новые**, ранее не принадлежавшие гидросфере и не участвовавшие ни в каких видах

В.В. Хаустовым (2011) предлагается ввести понятие ювенильного водного флюида (ЮВФ).

- ЮВФ - первичная вода, зарождение которой происходит в верхнемантийных и более глубоких очагах плавления (плюмы, «горячие точки»), которая мигрирует в сторону поверхности Земли вместе с сопутствующими летучими (газами и др.)

# Ювенильные водные флюиды (ЮВФ)



ЮВФ - первичная вода, зарождение которой происходит в верхнемантийных и более глубоких очагах плавления (плюмы, «горячие точки»), которая мигрирует в сторону поверхности Земли вместе с сопутствующими летучими (газами и др.)

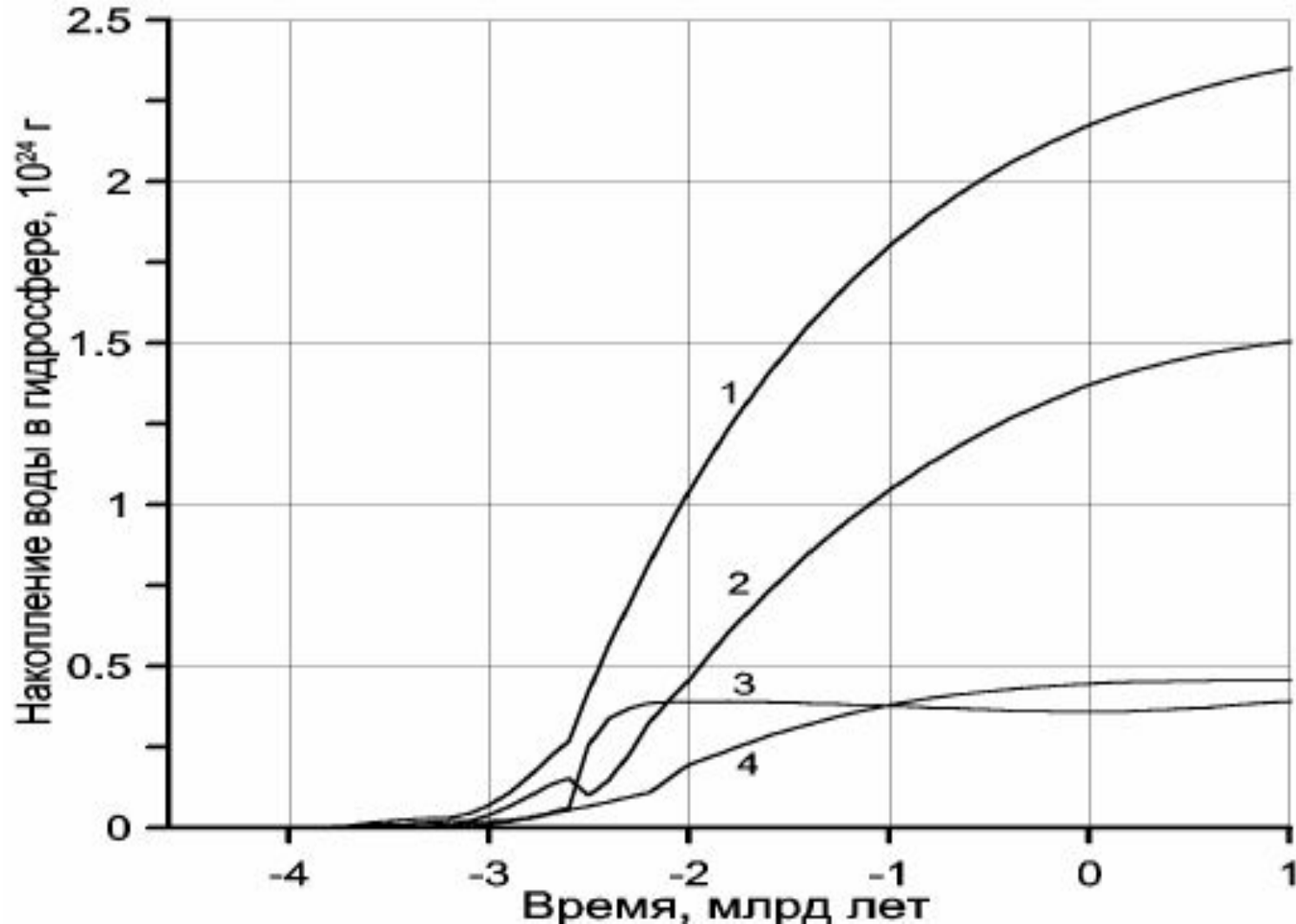
- Что касается минерализации и солевого состава ювенильных вод, то наиболее убедительной представляется гипотеза М.А. Мартыновой и др., что это вода с очень низкой минерализацией поскольку в момент своего зарождения ювенильные воды не могут содержать в себе растворенных веществ.

# **Количественная оценка подтока ювенильных**

- растворов**
  - **О возможной производительности глубинного потока судят опосредовано по:**
    - **а) интенсивности накопления водной массы Мирового океана**
    - **б) количеству воды, содержащейся в базальтовом расплаве**
    - **в) масштабам процессов разложения молекул воды**

# Накопление воды в гидросфере Земли:

1 – суммарная масса дегазированной из мантии воды; 2 – вода в океане; 3 – вода в океанической коре; 4 – вода в континентальной коре



- Следует отметить, что существующие количественные оценки подтока ювенильных вод различных авторов различаются на порядки
- Тем не менее, даже принимая во внимание расхождение в оценках ювенильного подтока у различных исследователей, следует признать количество ювенильных вод, пополняющих современную гидросферу, значительным



Природная вода это водный раствор, т. е. дисперсная система. В растворе **чистая вода** является растворителем (**диспергатором**), растворенные вещества — **дисперсной фазой**.

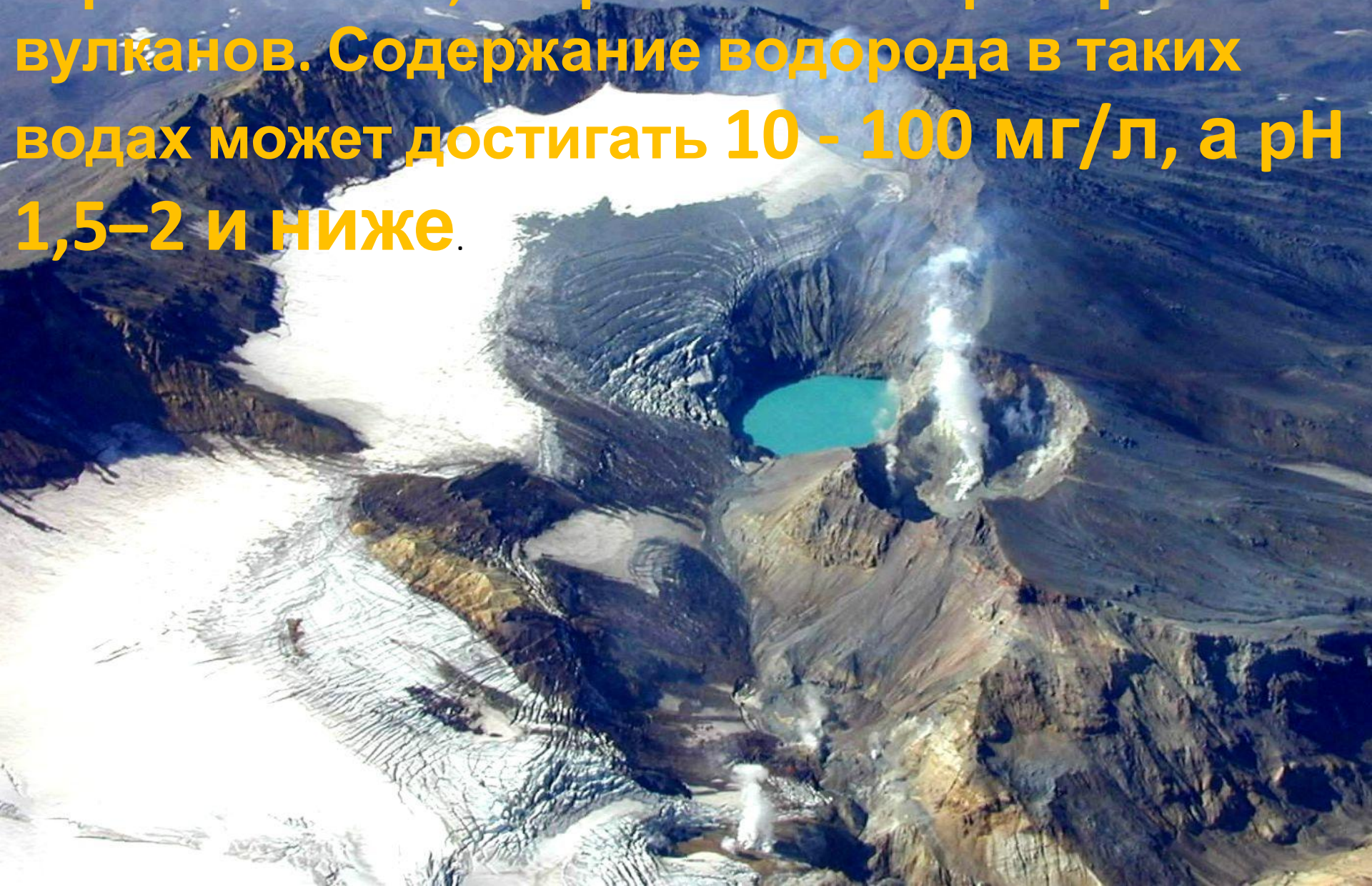
- «**Чистую**» воду можно рассматривать как полимеризованную жидкость с формулой  $(\text{H}_2\text{O})_n$ . Степень полимеризации  $n$  зависит от  $T$  и  $P$ .
- Кластеры (агрегированные полимолекулы, встречаются наряду с отдельными молекулами воды), **при  $0^\circ\text{C}$  имеют структурную формулу  $\text{H}_{180}\text{O}_{90}$ , а при  $70^\circ\text{C}$**

- Как показывают характеристики электропроводности, «чистая» вода также диссоциирует по схеме
- $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ .
- Часто упрощенно вместо  $\text{H}_3\text{O}^+$  записывают  $\text{H}^+$ ; тогда ионное произведение воды  $K_{\text{В}}$  будет иметь вид:
- $K_{\text{В}} = c_{\text{H}^+} c_{\text{OH}^-} = [\text{H}^+] [\text{OH}^-]$ .
- Величина  $K_{\text{В}}$  зависит от температуры и при  $25^\circ\text{C}$  составляет  $1,0 \cdot 10^{-14}$  моль<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>.

# ***Водородный ион (H<sup>+</sup>)***

- Концентрации ионов водорода и гидроксид-иона в нейтральной среде составляют  $10^{-7}$  г-моль/л; поскольку ионная масса водорода равна 1, эта величина равна  $10^{-7}$  г/л, или  $10^{-4}$  мг/л.
- Концентрации ионов водорода из-за их малых значений принято выражать в логарифмической форме. Для большинства природных вод рН изменяется в пределах от 6 до 8. Воды с низкими значениями рН (иногда до 2–3) встречаются в зонах окисления сульфидных руд, обычно

Природные воды - растворы соляной или серной кислот, встречаются в кратерах вулканов. Содержание водорода в таких водах может достигать 10 - 100 мг/л, а рН 1,5–2 и ниже.



# Гидроксил-ион (ОН<sup>-</sup>)

- В большинстве природных вод концентрации гидроксил-иона, определяемые значениями рН=6-8, очень малы.
- Воды с повышенной щелочностью характерны для **содовых озер**, для зон выщелачивания **щелочных пород**.
- В таких водах рН может повышаться до **10 –11**.

- В исключительных случаях могут формироваться воды с рН до **12,3–12,5**.
- Концентрация гидроксил-иона в таких водах достигает **~ 400 мг/л**.
- Такие воды встречены в Иордании в источниках бассейна р. Ярмук и формируются, видимо, при растворении редкого минерала **портландита**, при термическом разложении карбонатных пород.

## *Изотопный состав природной воды*

- Благодаря работам Вл.Ив. Ферронского, Иг. Нест. Толстихина по изотопии воды нам известно, что в природе вода, в основном, представляет собой смесь девяти различных молекул ( $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{17}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{16}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{17}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{18}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{17}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{18}\text{O}$ ), отличающихся изотопами водорода ( $^1\text{H}$  — протий,  $^2\text{H}(\text{D})$  — дейтерий и  $^3\text{H}(\text{T})$  — тритий) и кислорода ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$ ).

**Водород.**  $^1\text{H}$  – протий – 99,98 %  $^2\text{H}$  (D) – дейтерий – 0,02 %

$^3\text{H}$  (T) – тритий –  $3 \cdot 10^{-16}$  %

На Земле 3-10 кг естественного трития.

Период полураспада 12,26 лет

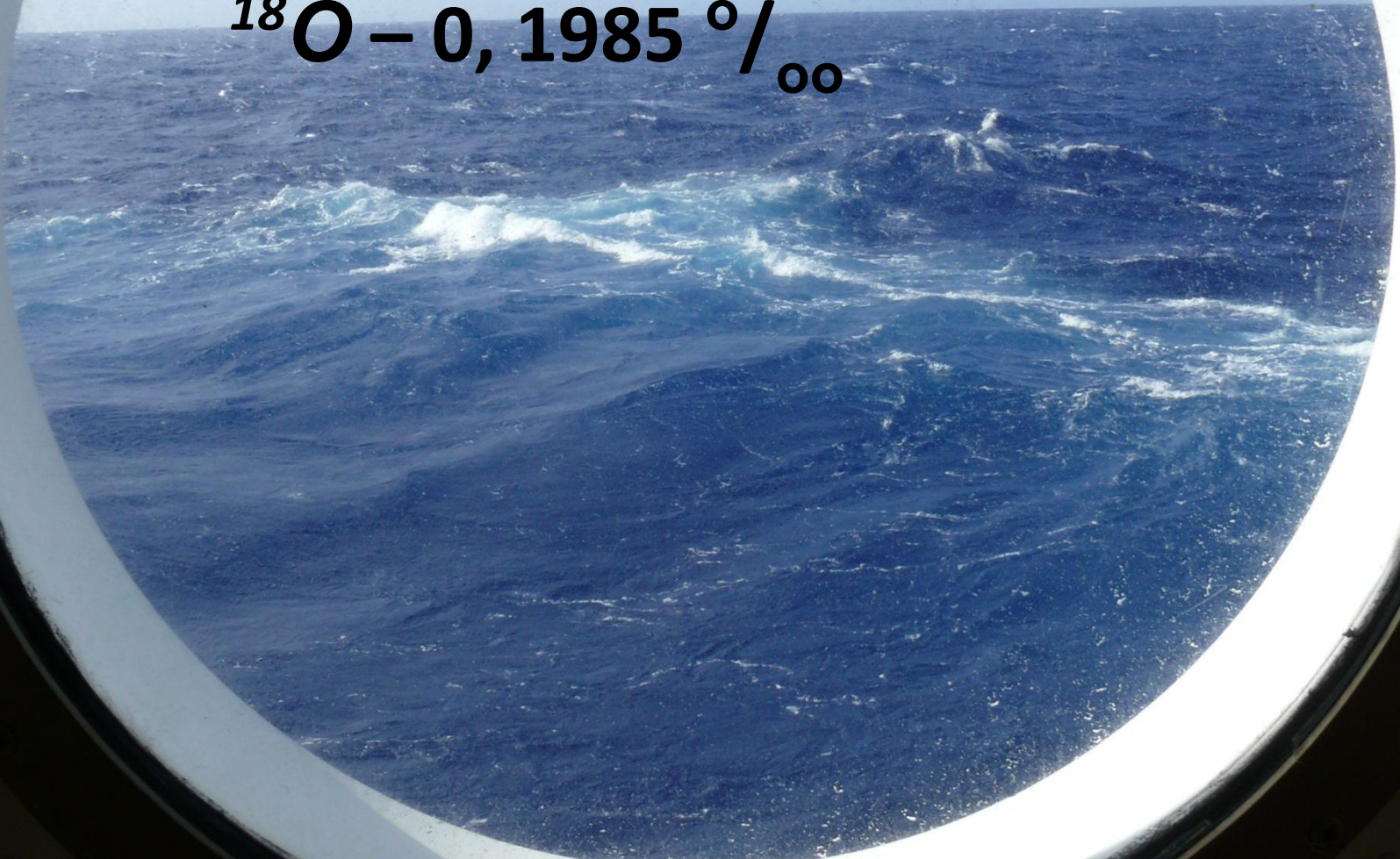
- **Кислород.**
- $^{16}\text{O}$ ;  $^{17}\text{O}$ ;  $^{18}\text{O}$  – стабильные изотопы кислорода;
- $^{14}\text{O}$ ;  $^{15}\text{O}$ ;  $^{19}\text{O}$  – короткоживущие;
- $^{16}\text{O}$  – 99,76 %
- $^{17}\text{O}$  – 0,04 %
- $^{18}\text{O}$  – 0,20 %



# SMOW – Standard of Marine Ocean Water

$D - 0,0158 \text{ ‰} ;$

$^{18}\text{O} - 0,1985 \text{ ‰}$



**SMOW – Standard of Marine Ocean Water**  $D - 0,0158 \text{ ‰}; ^{18}\text{O} - 0,1985 \text{ ‰}$

- 99,8 % молекул воды имеют массу 18( $^1\text{H}^16\text{O}^1\text{H}$ ). Вода с формулами  $\text{D}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{17}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{18}\text{O}$  называется **тяжелой** (ее получают при длительном электролизе обычной воды)

Наиболее устойчивой является тяжелая вода  $D_2O$ . Содержится в виде примеси в обычной воде в сотых долях процента. По свойствам  $D_2O$  существенно отличается от обычной:

- $D_2O$ :  $t_{\text{плавл}} - 3,81^\circ$ ;  $t_{\text{кип}} - 101,4^\circ$ ;  
плотность<sub>макс</sub>  $1,056 \text{ г/см}^3$  при  $11,2^\circ\text{C}$
- вязкость на 20 % выше;  
диэлектрическая постоянная на 0,3-0,5 % ниже обычной воды

Вода, содержащая сверхтяжелый изотоп водорода, — тритий (образуется в процессах ядерного распада) — называется **сверхтяжелой** ( $T_2O$ )

- С участием трития, образующегося также в атмосфере под действием космического излучения, происходит примерно  $10^{-20}$  частей образования  ${}^3H^{16}O^{1}H$  на одну часть  $H_2O$ . Эта водная молекула играет важную роль в качестве мигранта-трассера для определения возраста «молодых» вод зоны активного водообмена.

- $T_2O$ : плотность –  $1,33 \text{ г/см}^3$ ;  $t_{\text{пл}}^\circ$  –  $9^\circ$ ;  $t_{\text{кип}}^\circ$  –  $104^\circ$ . Гет. фаз. 2 г. Т.Б. – Тодерн. 2 Т.Б.