

С.М.Судариков
Гидрогеохимия

**Гидрогеохимические
классификации**

Классификация по минерализации

**1 г/кг = 1000 мг/кг = 1000 ppm = 0,1 % = 1 ‰
0; г/кг = г/дм³ (л)/ρ**

- < 1 г/ дм³ – пресные воды (зона А)
- 1-35 г/ дм³ – соленые воды (зона Б)
- 35-650 г/ дм³ – рассолы (зона В)

Классификации по преобладающим ионам

С.А.Щукарев, А.А.Бродский. Н.И.Толстихин,
К.Е.Питьева

- Классификация О.А.Алекина

классы C,S,Cl; группы Ca,Mg,Na

ТИПЫ (с дополнениями Е.В.Посохова)

Истоки классификации :

карбонатные равновесия в
речных водах.

Классификация В.А.Сулина (по характерным солям)

- гидрокарбонатно-натриевый тип
- сульфатно-натриевый тип
- хлор-магниевый тип
- хлор-кальциевый тип
- Генетические истоки классификации В. А.Сулина. Наблюдения на нефтяных месторождениях Кавказа, Вост. Сибири

Классификация Н.С. Курнакова-М.Г.Валяшко

Карбонатный, сульфатный, хлоридный
типы природных вод.

Истоки. Исследования формирования
соляных месторождений, проводившиеся
в тридцатые годы.

В.А.Сулин, 1946	О.А.Алекин, 1946	Н.С.Курнаков -М.Г.Валяшко 1932	Н.И.Толсти- хин, 1935
Гидро- карбонат- но- натриевый	I	карбонат- ный	содовый
сульфатно- натриевый	II	суль-	Мирабилит о-вый
хлор- магниевый	IIIa	фатный	океанский
хлор- кальцие- вый	IIIb	хлоридный	с CaCl₂
	IV		кислый

Кислород (O₂)

- Объемная доля кислорода в воздухе составляет 20,9 %. Растворимость кислорода (при 0 °С и парциальном давлении 0,1 МПа) 49,2 мл/л, или 70,3 мг/л (34 мл/л). В равновесии с воздухом может находиться $70,3 \cdot 0,209 = 14,7$ мг/л кислорода.
- Близкие к этому значения содержания кислорода и характерны для поверхностных и грунтовых вод. Главный источник растворенного в воде кислорода – воздух.

В недрах кислород расходуется на окисление органич. веществ, Fe, сульфидов.

- Участие аэробных бактерий приводит к появлению в подземных водах биогенного CO_2
- Выпадают в осадок оксиды и гидроксиды Fe, цементирующие горные породы.
- Формируются зоны окисления и вторичного обогащения на сульфидных месторождениях.
- В результате кислород быстро расходуется и на глубинах первых сотен метров его содержание обычно не превышает

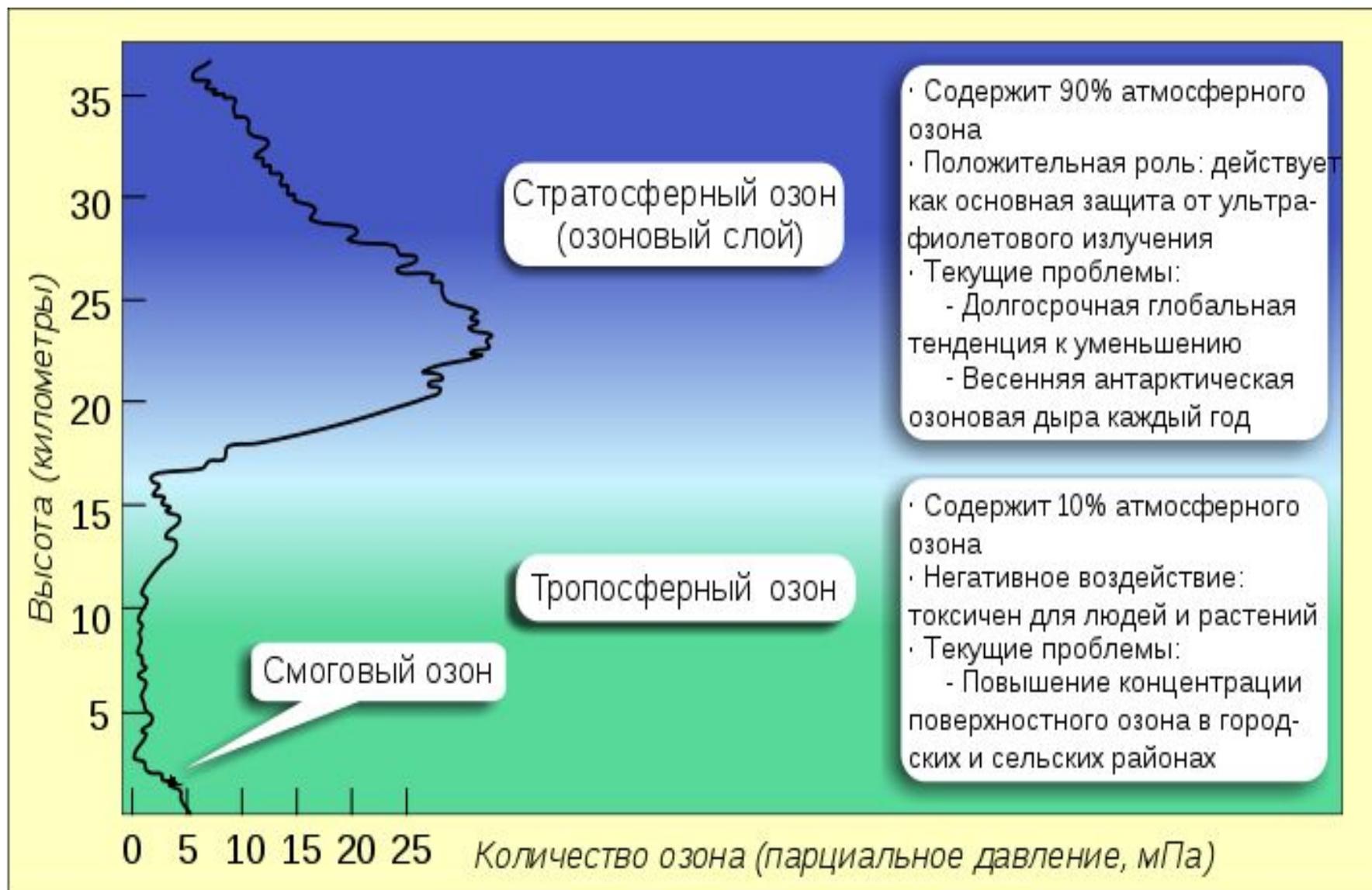
Озон (O_3) (от др-греч ὄζω — пахну)

- Впервые озон обнаружил в 1785 г. голландский физик М. ван Марум по характерному запаху и окислительным свойствам, которые приобретает воздух после пропускания через него электрических искр. Термин *озон* предложен немецким химиком Х.Ф. Шёнбейном в 1840 г., вошёл в словари в конце XIX века.

Распределение озона

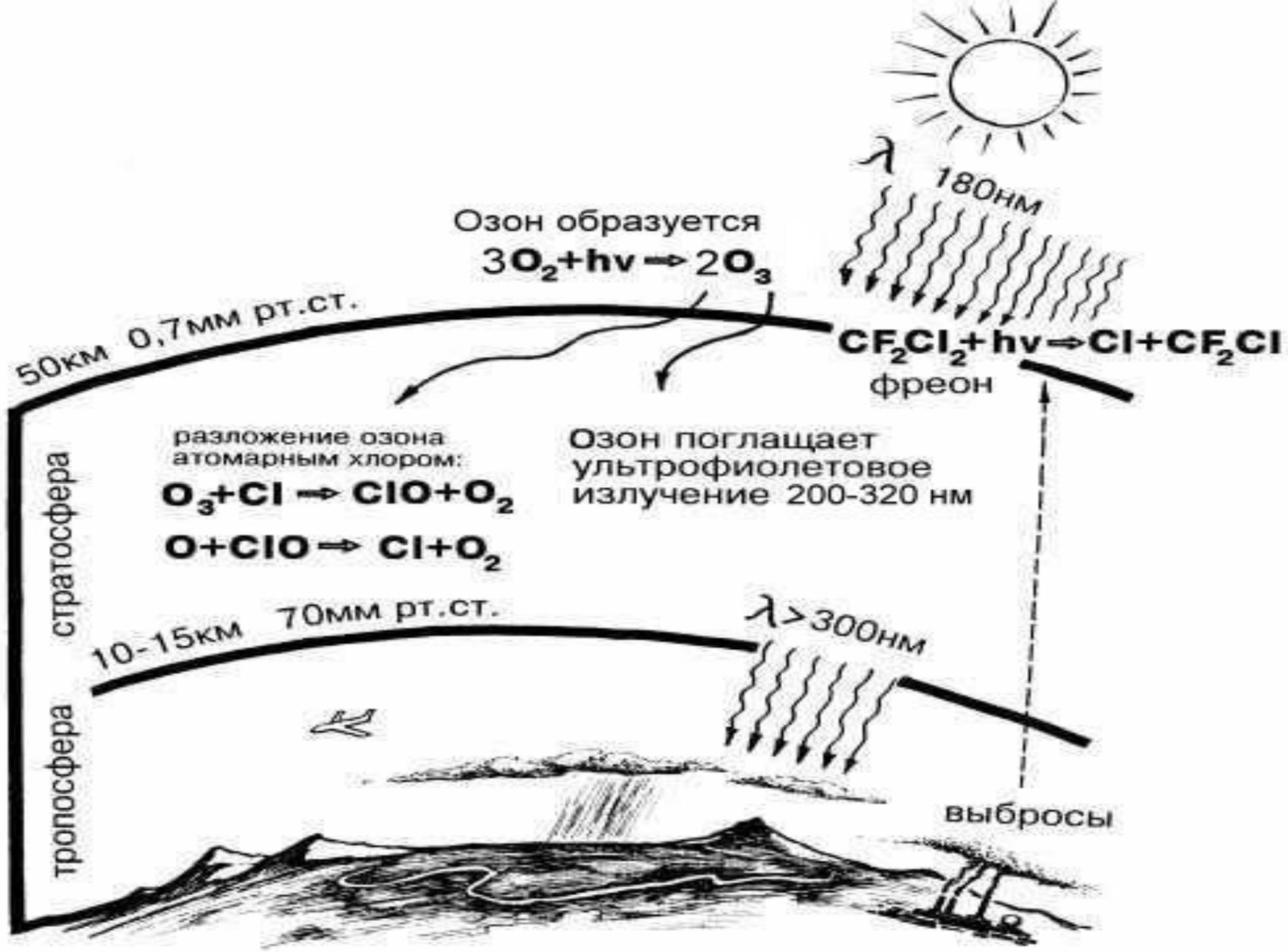
- В воздухе на поверхности Земли $1 \cdot 10^{12}$ см⁻³ (молекул в куб.см газа).
- На высоте 15-25 км в 3 раза больше.
- В полярных широтах до $5 \cdot 10^{12}$.
- Это и есть озоновый слой, сформировавшийся в силуре, когда количество кислорода в атмосфере достигло около 10 % от современного.

Распределение озона



Образование

- Озон образуется под действием ультрафиолетовых лучей с длиной волны менее 180 нм. УФ-свет с большей длиной волны (около 320 нм), наоборот, способствует разложению озона. Поверхности Земли достигают только те ультрафиолетовые лучи, которые не опасны для живых организмов.

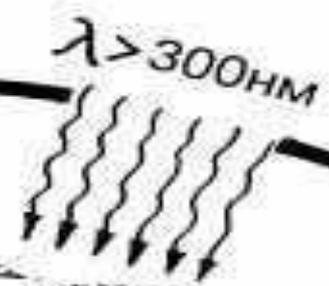


Озон образуется
 $3\text{O}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{O}_3$



разложение озона
атомарным хлором:
 $\text{O}_3 + \text{Cl} \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
 $\text{O} + \text{ClO} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$

Озон поглощает
ультрофиолетовое
излучение 200-320 нм



выбросы

50км 0,7мм рт.ст.

стратосфера

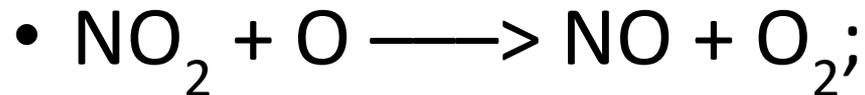
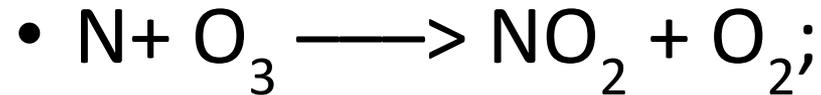
10-15км 70мм рт.ст.

тропосфера

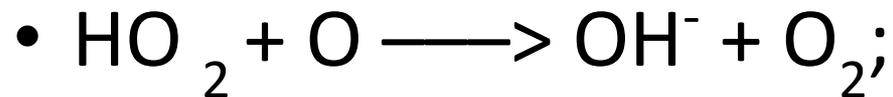
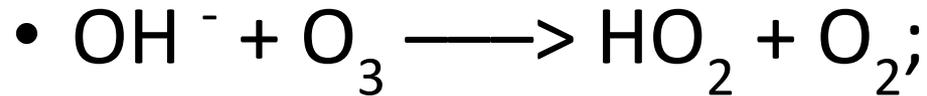


Причины разрушения озонового слоя:

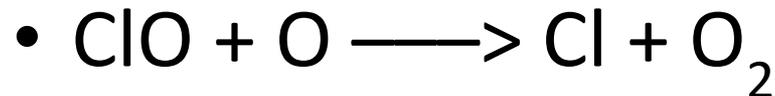
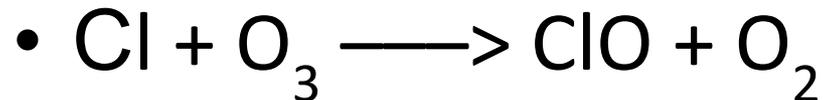
- самолеты, ядерные взрывы:



- подъем крупных ракет:



- фреоны: F-11 – CCl_3F ; F-12 – CCl_2F_2 и др.



Углекислый газ (CO₂)

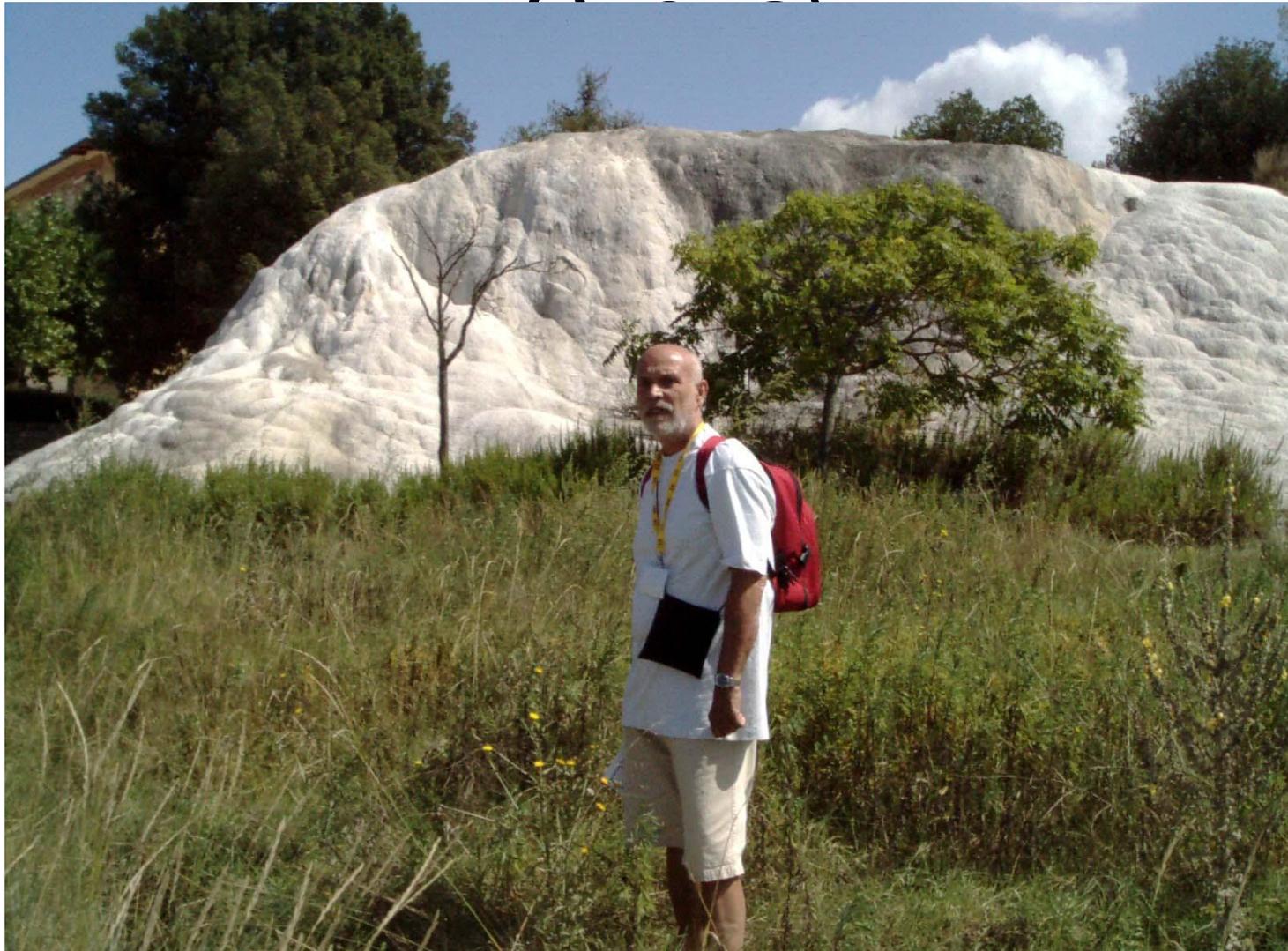
- В воздухе: начало века – 0,030 %; семидесятые годы 0,033, теперь около 0,04. То есть, содержание углекислого газа в воздухе невелико.
- Растворимость CO₂ довольно высокая. При 0 °С и давлении 0,1 МПа составляет 1713 мл/л, или 3350 мг/л. Однако, количество углекислого газа в воде, находящегося в равновесии с воздухом, составит $3350 \cdot 0,00033 = 1,1$ мг/л. Воды, находящиеся в соприкосновении с атмосферой содержат относительно мало

- Подземные воды содержат значительно большее количество углекислого газа. Является обязательным компонентом большинства природных вод.
- Процессы окисления органического вещества, сульфатредукции, продуцируют углекислый газ, содержание которого в почвенном воздухе составляет обычно десятые доли процента и даже первые проценты.
- Соответственно увеличивается и содержание углекислого газа в грунтовых водах, составляющее обычно от 20–30 до 200–300 мг/л

Другим мощным источником CO_2 в недрах являются процессы термального метаморфизма горных пород

- На всех стадиях термального метаморфизма происходят физико-химические процессы, продуцирующие CO_2 при температурах от 100 до 800–1100 °С и давлениях от 100–200 до 1000–1500 МПа.
- Выделяющийся газ поднимается по зонам тектонических нарушений и, смешиваясь с подземными водами различного генезиса, формирует широкую гамму углекислых вод, разного химического состава.

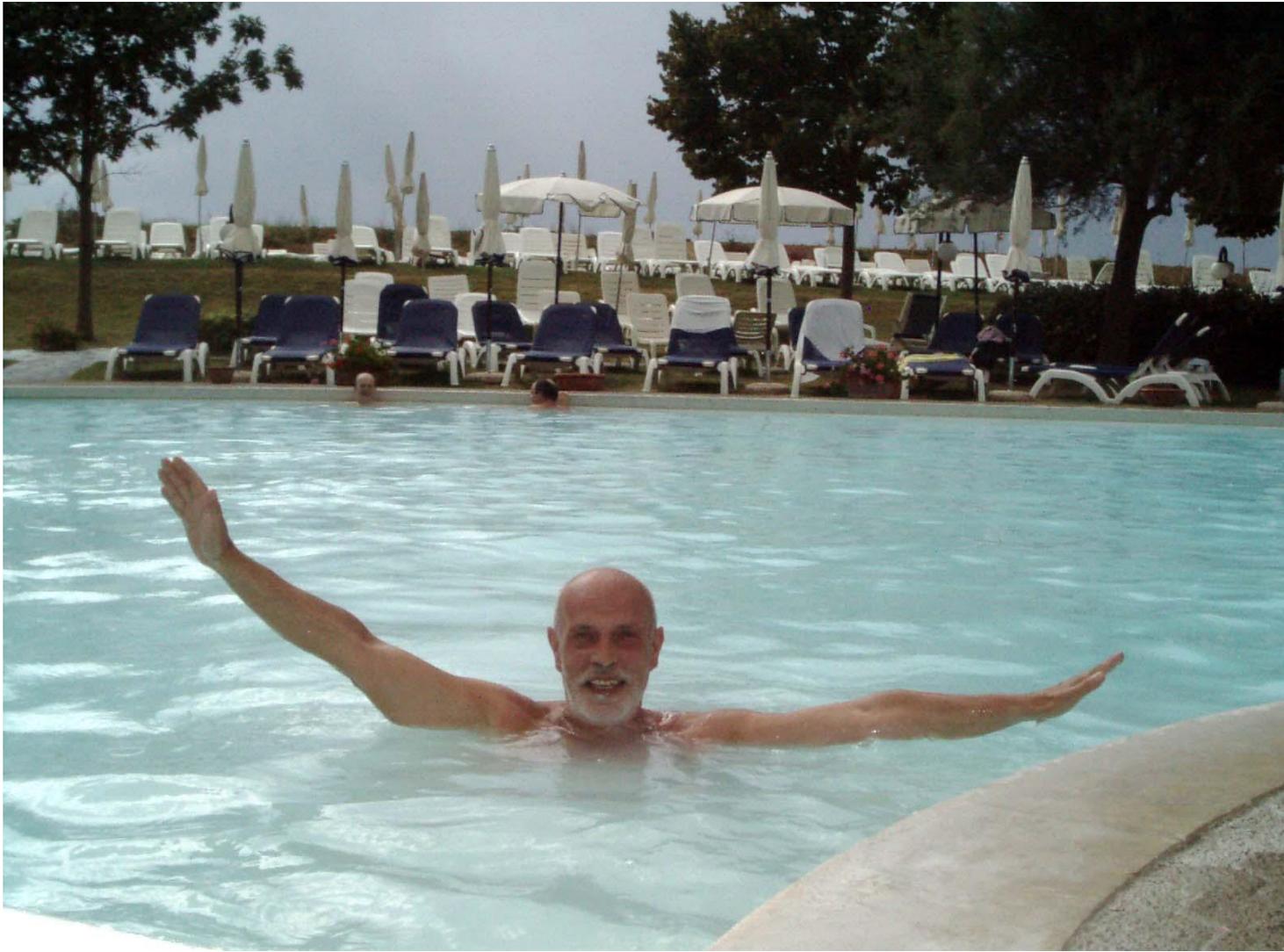
видеомощности CO_2 в долине
тектонического нарушения создает
травертиновый хребет (вблизи г.



Травертин - (синоним — известковый туф) — легкая пористая (ячеистая) порода, образовавшаяся в результате осаждения карбоната кальция из горячих или холодных углекислых источников.



Концентрация углекислого газа в таких водах зависит от его парциального давления и температуры и обычно составляет 1–3 г/л, в редких случаях достигает 15–20 г/л.



CO_2 скапливается в понижениях рельефа



Аргон (Ar)

- Является постоянной составляющей газового состава природных вод. Содержание аргона в воздухе по объему составляет 0,93 %. Растворимость аргона при 0 °С и давлении 0,1 МПа составляет 57,8 мл/л, или 107,8 мг/л
- Вода, находящаяся в равновесии с воздухом, содержит около 0,96 мг/л аргона.
- Соотношения, изотопов аргона, в воздухе:
 $^{36}\text{Ar}; ^{38}\text{Ar}; ^{40}\text{Ar} : 0,337; 0,063; 99,600 \%$. $^{40}\text{Ar} / ^{36}\text{Ar} = 295,6$.

Поскольку Ar как благородный газ не вступает в реакции с горными породами, его содержание в воздухе служит показателем доли атмосферного газа в природных водах

- ^{40}Ar радиог. = $\sum ^{40}\text{Ar} - ^{40}\text{Ar}$ возд.
- Содержание радиогенного аргона в источниках Камчатки в 1/3 проб 3-10%.
Нефтяные газы Ферганы – 100-120 ppm.
Источники накопления радиогенного аргона – мантия, радиоактивный распад.
- Использование – индикатор воздушной составляющей (Ar/N_2 ; He/Ar) Изменение соотношения изотопов аргона в воде используется при прогнозе землетрясений.

Гелий (He).

- Это один из самых распространенных во Вселенной газов, составляющий 23 % от общей массы звезд, планетарных туманностей и межзвездного газа. На Земле распространенность гелия ниже на 10 порядков. Содержание гелия в воздухе невелико и объемная доля составляет $5,24 \cdot 10^{-4} \%$ ($\sim 0,0005 \%$).
- Растворимость гелия при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $0,1 \text{ МПа}$ $9,7 \text{ мл/л}$, или $1,73 \text{ мг/л}$. В нормальных условиях 7 мг/л . Относительно малая распространенность гелия на Земле объясняется его диссипацией, в особенности в начальный период формирования нашей планеты.

Гелий как индикатор возраста и генезиса воды

- He/Ar для воздуха около 0,0005. Накопление – радиоактивный распад калийсодержащих минералов.
- Отсюда гелий-аргоновый метод определения возраста подземных вод. Для "древних" вод содержание гелия может достигать первых процентов.
- Много "помех", затрудняющих использование гелий-аргонового метода, связанных с другими источниками поступления гелия. На урановых м-иях содержание гелия может быть очень высоким. Золото-урановое месторождение Витватерсранд (Ю.Африка) – 13,5 %.

- Гелий имеет два стабильных изотопа – ^3He и ^4He , причем содержание тяжелого изотопа всегда на несколько порядков выше.
- Для первичного (мантийного) гелия отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ составляет примерно 10^{-4} .
- Гелий, образующийся в результате радиоактивного распада урана и тория в литосфере (коровый), характеризуется $^3\text{He}/^4\text{He} = 10^{-8}$.
- Отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ для природных вод находятся в промежутке между этими значениями и являются генетическим признаком, помогающим исследовать происхождение тех или иных их разновидностей.

Водород (H₂)

- Водород – самый распространенный элемент Вселенной. В земных условиях водород распространен прежде всего в виде соединения с кислородом – воды, а газ H₂ присутствует только на значительных глубинах. В воздухе 10⁻⁴ %.
- Растворимость водорода близка к растворимости азота и составляет при 0 °С и давлении 0,1 МПа 21,5 мл/л (1,9 мг/л).
- Водород может продуцироваться в недрах Земли в восстановительной обстановке. Значительные содержания водорода могут встречаться в водах современных океанических рифтов. Здесь под влиянием мантийных расплавов могут формироваться парогидротермы, в газовом составе которых объемные содержания водорода могут достигать нескольких десятков процентов.
- Установлено, что под влиянием процессов серпентинизации ультраосновных (мантийных) пород в гидротермальных системах Срединно-Атлантического хребта продуцируется водород и метан.

- Наиболее яркие проявления таких вод описаны для современной рифтовой зоны Исландии ("водородные" термы, до 32 % водорода).
- Газовые включения в минералах:
- Верхнекамское калийное месторождение, карналлит: 19 % водорода, 31,6 % метана.
- Алмазы Якутии: 22 % водорода, 64,6 % метана.