

# Вопросы к блиц-опросу

**В чем состоит гипотеза Шмидта положенная в основу представлений о формировании планет солнечной системы?**

**Какие химические элементы обнаружены в спектре атмосферы Солнца?**

**Какой элемент является родоначальником всего многообразия элементов в Солнечной системе?**

**Теория звездного синтеза химических элементов**

**Основные пути синтеза органических соединений в условиях солнечной системы (этап предбиологической эволюции).**

**Что такое углистые хондриты и какова их роль в формировании планет земной группы?**

**В чем состоит уникальность эволюции атмосферы Земли ?**

**Тема:**  
**ЭВОЛЮЦИЯ ГИДРОСФЕРЫ**

**Гидросфера – водная оболочка Земли,  
представляющая собой совокупность  
океанов, морей, подземных вод,  
прудов, болот, озер, рек**



По Вернадскому, **вся вода планеты**, в каком бы состоянии она не была, жидкая, твердая, пленчатая или газообразная, включая и весь Всемирный океан, **представляет собой единое неразрывное целое**, проникнутое газами и как губка охватывающее всю сушу, гидросферу и тропосферу, живое вещество, составляя единую водную оболочку планеты.

**Все живые организмы**, миллиардами рассеянные в биосфере, **связаны между собой водой, непосредственно или их дыханием**, организовано проникнуты водой от нескольких процентов (семена и споры) до 99.7% по массе и больше (медузы).

Большая распространенность воды в космосе, преобладание воды в составе газов, выделяющихся из больших глубин Земли на ее поверхность, свидетельствуют о том, что **молекулы воды должны были входить в состав первичного вещества нашей планеты.**



# Эволюция гидросферы

Это прежде всего история изменения в ней массы воды, которая тесно связана с эволюцией самой Земли. Сначала скорость дегазации нарастала, и поэтому быстро увеличивалась масса воды в океане.

С момента формирования гидросферы скорость поступления воды из недр Земли увеличивалась от 0 до 1,3 км<sup>3</sup> в год. Затем скорость притока воды стала медленно и плавно падать и сейчас составляет 0,25 км<sup>3</sup> в год.

На ранних этапах формирования гидросферы единого водного пространства не существовало. Водой были залиты только отдельные пониженные участки суши.

Позднее, по мере притока воды, образовалась единая водная поверхность планеты. В процессе эволюции гидросфера Земли непрерывно изменялась, о чем свидетельствуют соотношение площади суши и океана, глубина океанов и уровень моря и т. д.

**Гидросфера** – водная оболочка Земли, включающая химически не связанную воду независимо от ее состояния: жидкую, твердую, газообразную.

Земля – самая водная планета Солнечной системы: более 70% ее поверхности покрыто водами Мирового океана.

Вероятно, гидросфера образовалась одновременно с литосферой и атмосферой в результате остывания и дегазации вещества мантии. Химически связанная вода была уже в веществе холодного газово-пылевого протопланетного облака. Под влиянием глубинного тепла Земли она выделялась и перемещалась к поверхности Земли. Первичный океан, возможно, покрывал почти всю Землю, но не был глубоким. Океаническая вода, вероятно, была теплой, высоко минерализованной. Океан углублялся, а площадь его сокращалась. С поверхности Океана испарялась влага, выпадали обильные дожди.

Пресная вода на суше – результат прохождения океанской воды через атмосферу. Выделение воды из магмы продолжается до настоящего времени. При извержении вулканов выделяется в среднем за год  $1,3 \cdot 10^8$  т воды. Термальные источники и фумаролы выносят  $10^8$  т.

Если допустить, что поступление воды из мантии в литосферу и на ее поверхность было равномерным и составляло в год на  $1 \text{ см}^2$  поверхности планеты всего  $0,00011 \text{ г}$ , то и этого достаточно, чтобы за время существования Земли образовалась гидросфера.

Предполагают также поступления воды из космоса в результате падения на Землю ледяных ядер комет, но ее количество в этом случае невелико.

Гидросфера также теряет воду с испарением ее в Космос, где под действием у/ф лучей  $\text{H}_2\text{O}$  распадается на  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$ .

# ИДЕИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ГИДРОСФЕРЫ

## 1. Когда на Земле появилась гидросфера?

Жизнь на Земле «геологически вечна» (В.И. Вернадский).

А это означает, что первичная гидросфера Земли с жидкой водой, как условие жизни, была «всегда», а если и появилась, то не позднее 4 млрд. лет назад.

Период эволюции планеты от 4.65 до 4 млрд. лет остается «белым пятном», в глубине которого лежит точка отсчета жизни гидросферы, атмосферы, литосферы и живого вещества.

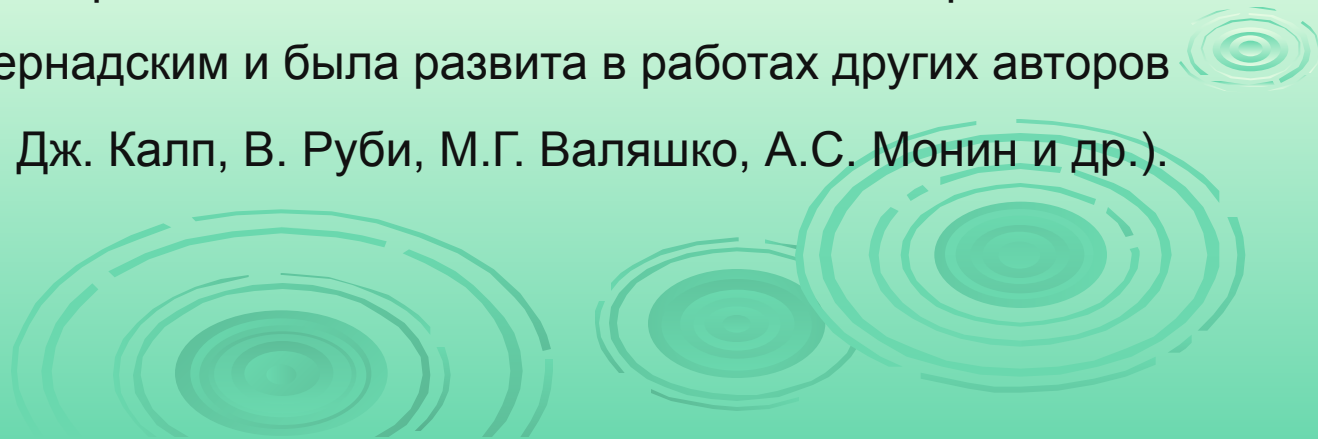
Горные породы более древнего возраста, которые могли бы прояснить вопрос, до сих пор не обнаружены: они сильно преобразованы или погребены под другими. В настоящее время достоверно показано, что Мировой океан намного старше своего ложа – последнее нигде не имеет возраста более 150 млн. лет, а обычно намного моложе.

# ИДЕИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ГИДРОСФЕРЫ



## 2. Источник воды в Мировом океане

- А). **Гипотеза о дегазации расплавленной магмы**, выбросах воды на поверхность Земли в виде паров вулканами. Теория Виноградова (1967) о возникновении и эволюции океана, согласно которой ведущим фактором этих процессов была дегазация вещества мантии.
- Идея о магматическом происхождении морских вод и ведущей роли живого вещества в определении их химических свойств впервые была высказана В.И. Вернадским и была развита в работах других авторов (А.П. Виноградов, Дж. Калп, В. Руби, М.Г. Валяшко, А.С. Монин и др.).



# ИДЕИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ГИДРОСФЕРЫ

## 2. Источник воды в Мировом океане

- Б). **Кометный вариант** происхождения воды в Мировом океане.
- Океан, в соответствии с этой гипотезой, – это продукт кометоподобных тел, вторгавшихся и продолжающих вторгаться на Землю: метеоритная бомбардировка земной поверхности приводила к образованию астроблем, аналогичных кратерам Луны, Меркурия и Марса. При ударах происходила «ударная дегазация» земной поверхности, в ходе которой из пород могли выделяться пары воды,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{HCN}$  и др. газы (М.В. Герасимов, Л.М. Мухин).
- В океане очень много следов дегазации недр Земли: свежий вулканический пепел содержит  $\text{Cl}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Br}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Al}$  – всего порядка 70 химических элементов, которые почти в тех же пропорциях содержат в среднем воды Мирового океана.

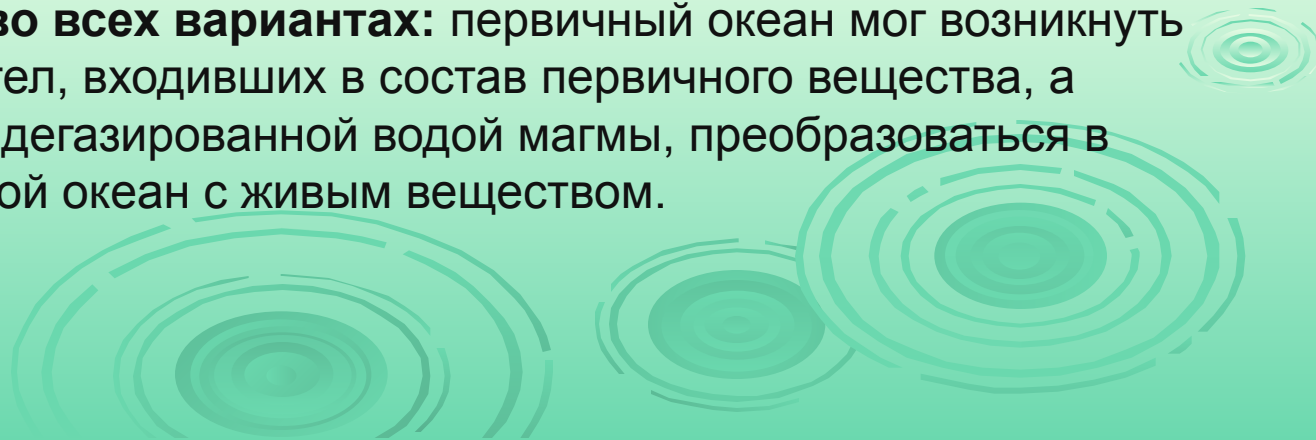


# ИДЕИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ГИДРОСФЕРЫ

## 2. Источник воды в Мировом океане

- В). Частичное пополнение Мирового океана за счет деятельности **живого вещества**. Живое вещество выводит из оборота и захоранивает углерод - известны периоды длительного и существенного его накопления в стратисфере. **Одновременно (попутно) идет и образование (высвобождение) воды – основной составной части живого вещества**. Расчеты показывают, что за 1 млрд. лет живое вещество могло бы сформировать более половины объема современного Мирового океана (при такой скорости разложения отмершего органического вещества, как в настоящее время).

Истина может быть **во всех вариантах**: первичный океан мог возникнуть из кометоподобных тел, входивших в состав первичного вещества, а затем, пополненный дегазированной водой магмы, преобразоваться в современный Мировой океан с живым веществом.



# ИДЕИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ГИДРОСФЕРЫ

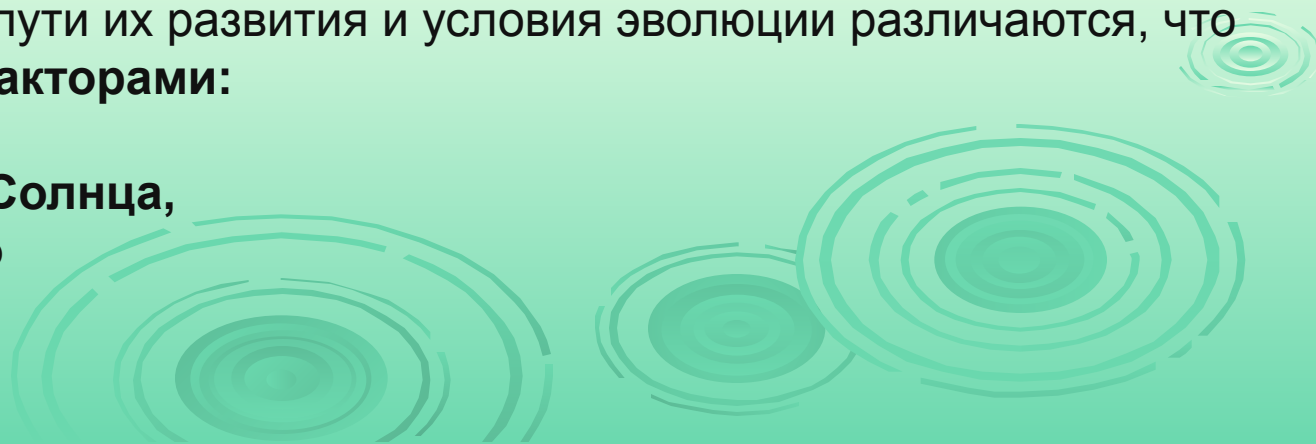
## 3. Источник солей, растворенных в водах Мирового океана, и причина изменению реакции среды

- Имеются гипотезы о **кислотности первичного океана** за счет растворения  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ , других кислых вулканических газов. То есть гидросфера сначала была крепким раствором нескольких кислот.
- Пока над Мировым океаном сохранялись кислые вулканические газы ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HJ}$ ) реакция среды была кислой или слабокислой.
- При активном взаимодействии первичного кислого раствора Мирового океана с породами берегов и дна из них извлекались эквивалентные количества щелочных, щелочноземельных и других элементов.
- Процессы выветривания силикатов и алюмосиликатов и гидролиз образующихся солей все более приближал реакцию среды к нейтральной.
- **В воде устанавливались кислотно-щелочные равновесия. Мировой океан приобретал солевой состав.**

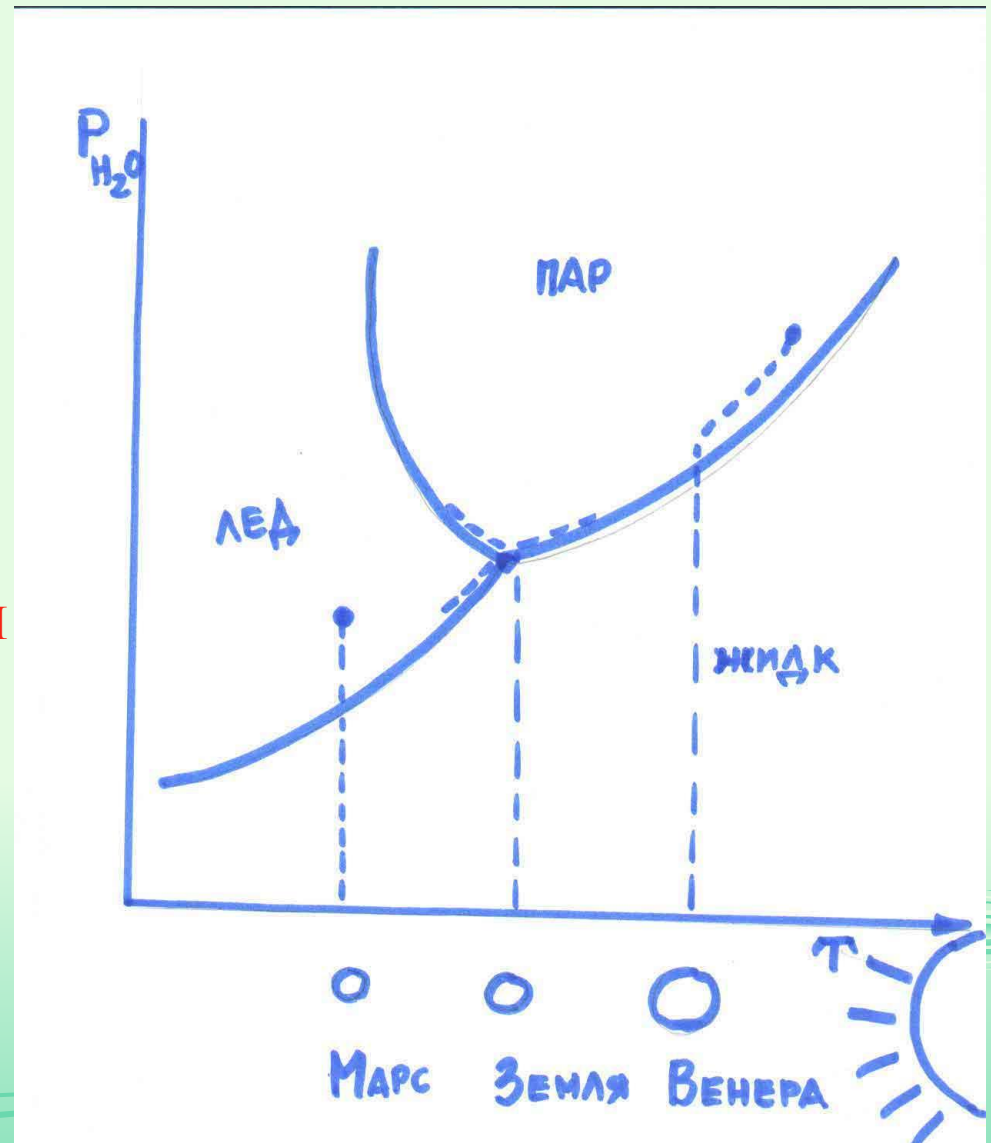
# ИДЕИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ГИДРОСФЕРЫ

## 4. ЗЕМЛЯ – ЕДИНСТВЕННАЯ ИЗ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ, НА ПОВЕРХНОСТИ КОТОРОЙ ИМЕЕТСЯ ЖИДКАЯ ВОДА

- Сравнительный анализ данных о планетах земной группы (Марсе, Венере) показал, что на них ранние базальтовые расплавы появились тогда же, когда и на Земле, - 3.6 – 3.8 млрд. лет назад.
- Есть и другие данные (например, анализ климатологии планет), позволяющие предположить сходную начальную стадию эволюции этих планет: она началась, как и в случае Земли, с формирования первичной жидкой гидросферы и атмосферы.
- Однако в дальнейшем пути их развития и условия эволюции различаются, что определяется **тремя факторами**:
  1. **размером планет,**
  2. **расстоянием их от Солнца,**
  3. **величиной альбедо**

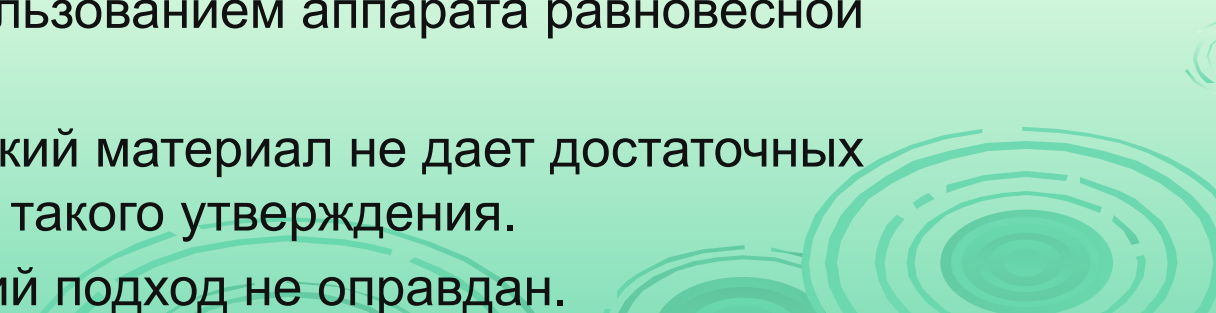


**ПОЧЕМУ ЗЕМЛЯ –  
ЕДИНСТВЕННАЯ ИЗ ПЛАНЕТ  
ЗЕМНОЙ ГРУППЫ,  
НА ПОВЕРХНОСТИ КОТОРОЙ  
В ЯВНОМ ВИДЕ ИМЕЕТСЯ  
ЖИДКАЯ ВОДА?**



# ИСТОРИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОКЕАНА

**1). Состав воды определяется составом твердой фазы и физико-химическими процессами (Виноградов А.П., 1967; Ли (Li), 1991 и др.).**

- Согласно теории Виноградова, менялись миграционные формы химических элементов, происходило осаждение труднорастворимых солей, и осуществлялся постепенный переход химического состава океанических вод к современному типу.
  - Согласно теории Виноградова, катионный состав вод Мирового океана генетически связан с горными породами, анионный – с вулканическими газами.
  - Основное внимание уделялось исследованию зависимости между содержанием элементов в морской воде и их физико-химическими свойствами с использованием аппарата равновесной термодинамики.
  - Однако эмпирический материал не дает достаточных доказательств для такого утверждения.
  - Термодинамический подход не оправдан.
- 

## **ИСТОРИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОКЕАНА**

2). На формирование элементного состава океанской воды **большое влияние оказывают участие элементов в биохимических процессах.**

- ▣ **Основное внимание уделялось исследованию зависимости между элементными составами растительных и животных организмов и средой их обитания (Yamamoto, 1972; Spaargaren, Cescaldi, 1984).**
- ▣ **Вопрос, в основном, сводился к изучению концентрационной функции организмов (Саенко Г.Н., 1992).**



# ИСТОРИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОКЕАНА

- 3). Новые представления, созвучные идеям В.И. Вернадского, об океане как об открытой динамической системе, способной поддерживать регулярность и упорядоченность многочисленных – физических, химических, биологических протекающих в нем процессов, его геологическую деятельность, климатическую роль на протяжении длительного времени.
- Механически сведенные воедино знания, накопленные частными науками об океане (**физической океанологии, геологии океана, химии океана, биологии океана**), не могут дать представления о его функционировании как единой сложной системы.
  - На стыке множества обособившихся наук, изучающих подсистемы океана стали возникать пограничные науки об океане, являющиеся по существу первыми попытками на пути к синтезу из трех подсистем (**геохимия, биохимия и биогеохимия океана**) ("Океан как динамическая система", Лебедев В.Л., Айзатулин Т.А., Хайлов К.М. 1974)
  - **Основное внимание при изучении сложных систем д.б. уделено:** исследованию организации и функционированию; динамики и стационарного состояния; механизмов саморегулирования и управления; устойчивости и эволюции; пространственной и видовой структуре.

# **ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОКЕАНСКОЙ ВОДЫ**

## **История более трех столетий изучения химического элементного состава океанской воды**

- Первые данные по количественной характеристике суммы солей в океане принадлежат Бойлю («Трактат о наблюдениях над соленостью моря», 1676). Определение плотного остатка производилось выпариванием проб морской воды.**
- Первые анализы солевого остатка морской воды были осуществлены в конце XVIII века знаменитым французским химиком А. Лавуазье в 1772 г. и шведским химиком Т. Бергманом в 1777 г.**



# ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОКЕАНСКОЙ ВОДЫ

## История более трех столетий изучения химического элементного состава океанской воды

**В XIX веке значительно возросли темпы исследования состава морской воды:**

- Начиная с работ Марсета (Marcet) в 1819 г. по изучению вод Ледовитого и Атлантического океанов, Средиземного, Черного, Балтийского, Восточно-Китайского, Южно-Китайского и Белого морей, стало известно о том, что *«пробы морской воды во всех регионах земного шара содержат одни и те же компоненты в очень близких пропорциях, и поэтому различия в химическом составе вод различных морей состоят только в общем количестве присутствующих солей»*.
- Это положение подтверждено многочисленными результатами регулярных наблюдений над соленостью вод Мирового океана в кругосветных плаваниях (1812- 1861).

# **ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОКЕАНСКОЙ ВОДЫ**

## **История более трех столетий изучения химического элементного состава океанской воды**

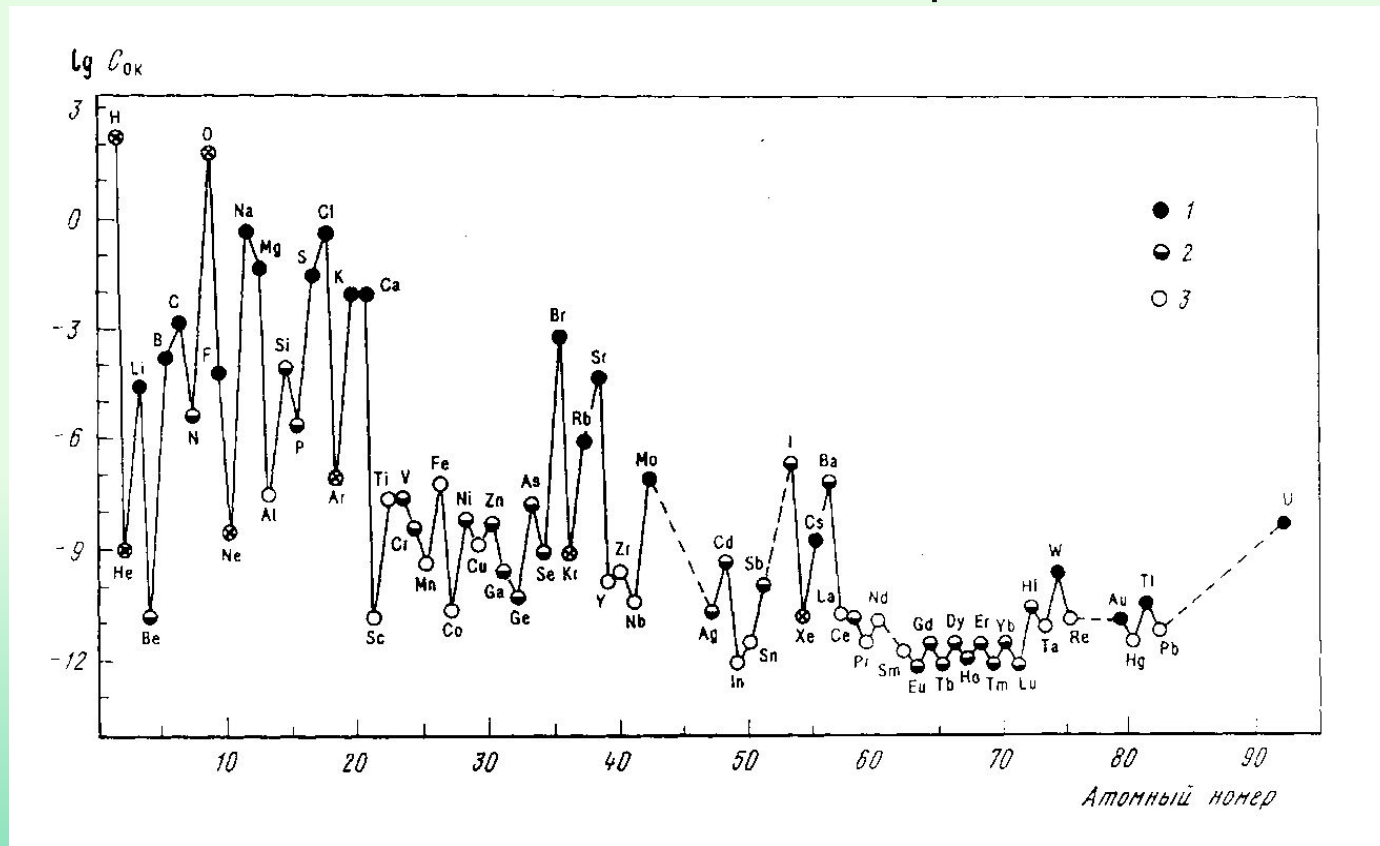
**Следующий крупный этап в изучении солевого состава океана -  
кругосветной экспедиции НИС «Челенджер»  
(1873—1878)**

- По результатам исследования 77 проб воды, отобранных химиком Томпсоном, проф. В. Диттмар выявил закономерности солевого состава вод Мирового океана. Эти представления (Dittmar, 1884) до настоящего времени наиболее репрезентативно представляют солевой состав вод Мирового океана (закон Диттмара).**
- Постоянство солевого состава океанской воды детально исследовано и доказано с точностью 1-2% (Culkin, 1965; Culkin, Cox, 1966).**

# ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОКЕАНСКОЙ ВОДЫ

## История более трех столетий изучения химического элементного состава океанской воды

Современный уровень знания среднего элементного состава океанской воды достаточен для количественного определения закона эволюции элементного состава морской воды



Средние концентрации химических элементов в океане и типы их распределения: 1 – консервативный, 2 – биогенный, 3 – литогенный.

**В основе современных взглядов на проблему происхождения и эволюции гидросферы лежат идеи Вернадского (1933) о магматическом происхождении океанических вод и ведущей роли живого в детерминации их химических свойств:**

- **в целом океан – продукт магматических процессов, но в становлении химического состава современной гидросферы и концентрации в ней солей различных органических и неорганических соединений играла жизнь;**
- **гидросфера как под влиянием самих организмов и продуктов их жизнедеятельности, так и в результате обмена газами с атмосферой, преобразованной живым веществом, претерпела определенные изменения в ходе развития биосферы;**
- **главные параметры океана стабилизировались еще в раннем архее, а дальнейшие преобразования гидросферы шли в пределах, в которых могли существовать и эволюционировать организмы.**

Взгляды Вернадского об эволюции гидросферы принимаются как отечественными, так и зарубежными учеными с некоторыми вариациями в вопросах **оценки времени стабилизации ее главных химических свойств и пределов их изменений:**

- одни авторы полагали, что эволюция гидросферы прекратилась к началу фанерозоя (Виноградов, 1959б, 1967; Валяшко, 1971; Гавриленко, 1975; Богданов и др., 1978);
- другие считают, что эволюция гидросферы продолжалась в течение всего фанерозоя (Пустовалов, 1940; Ронов, 1959; Страхов, 1962; Посохов, 1981);
- наконец, в последние десятилетия стала распространяться точка зрения, согласно которой с раннего докембрия океан практически не менялся (Garrels, MacKenzie, 1971; Виноградов, 1975; А. и С. Сидоренко, 1971, 1975).

Таким образом, имеющиеся геологические факты допускают разные интерпретации времени стабилизации гидросферы.

## Выводы:

- Состав Мирового океана был в основном сформирован к концу палеозоя (~ 200 млн. лет назад) и мало отличался от современного (по составу осадочных горных пород на месте высохших морей).
- Эволюция Мирового океана тесно связана с развитием жизни на Земле, его основные химические свойства и солевой состав сформировались одновременно с возникновением основных типов органического мира.
- Ранняя эволюция живого вещества привела к смене первичной восстановительно-глеевой обстановки на окислительную, к постепенному уменьшению кислотности морских вод и к соответствующему возрастанию их щелочности.
- Таким образом, жизнь была важнейшим фактором эволюции гидросферы. В дальнейшем она играла значительную роль в поддержании сложившегося химического состава гидросферы.

