

## Лекція. 9.

### Тема. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ГЕОХІМІЇ.

**Мета.** Оволодіти основними поняттями геохімії, ознайомитись із хімічним складом зірок та планет Сонячної системи, розповсюдженням хімічних елементів на Землі: у атмосфері, гідросфері, літосфері та біосфері.

#### Вступ.

Розповсюдження елементів у космосі вивчає космохімія, а їх поширеність на Землі - геохімія.

Вивчення поширеності елементів в космосі - досить складне завдання, оскільки речовина в космічному просторі знаходиться в різному стані (зірки, планети, пилові хмари, міжзоряний простір і т. д.). Іноді стан речовини важко уявити. Наприклад, складно говорити про стан речовини і елементів в нейтронних зірках, білих карликах, чорних дірках при колосальних температурах і тиску. Проте науці достатньо багато відомо про те, які елементи і в яких кількостях є в космосі.

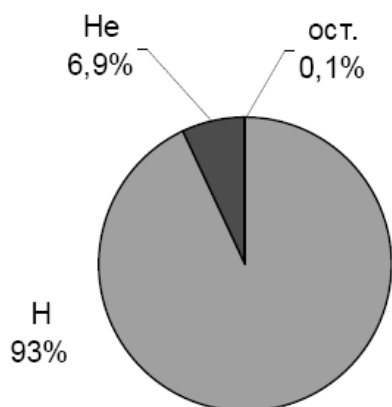
#### План.

1. Розповсюдження хімічних елементів у космосі: хімічний склад зірок та планет Сонячної системи.
2. Розповсюдження хімічних елементів на Землі. Геохімія.

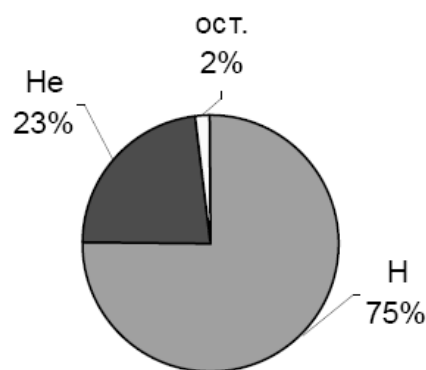
#### Зміст лекції.

### 1. Розповсюдження хімічних елементів у космосі: хімічний склад зірок та планет Сонячної системи.

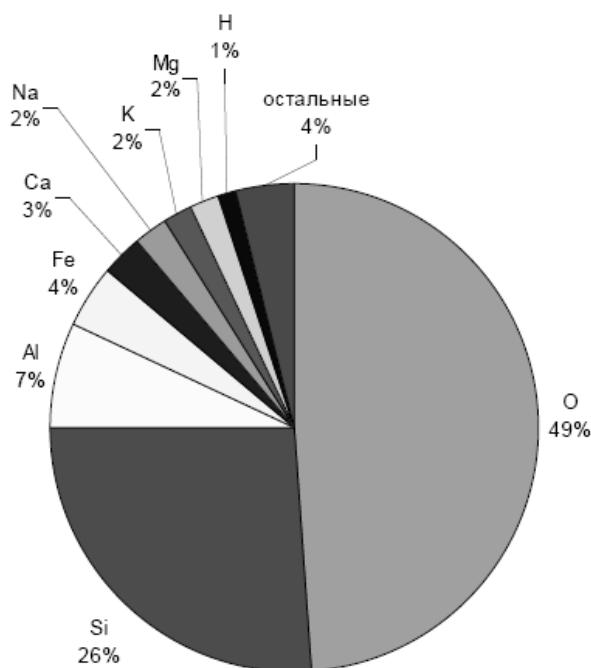
У міжзоряному просторі зустрічаються іони і атоми різних елементів, а також групи атомів, радикали і навіть молекули, наприклад молекули формальдегіду, води, HCN, CH<sub>3</sub>CN, CO, SiO<sub>2</sub>, CoS і ін. Особливо багато в міжзоряному просторі іонів кальцію. Окрім нього, в космосі розсіяні атоми Гідрогену, Калію, Карбону, іони Натрію, Оксигену, Титану і інші частинки. Перше місце по поширеності у Всесвіті належить Гідрогену.



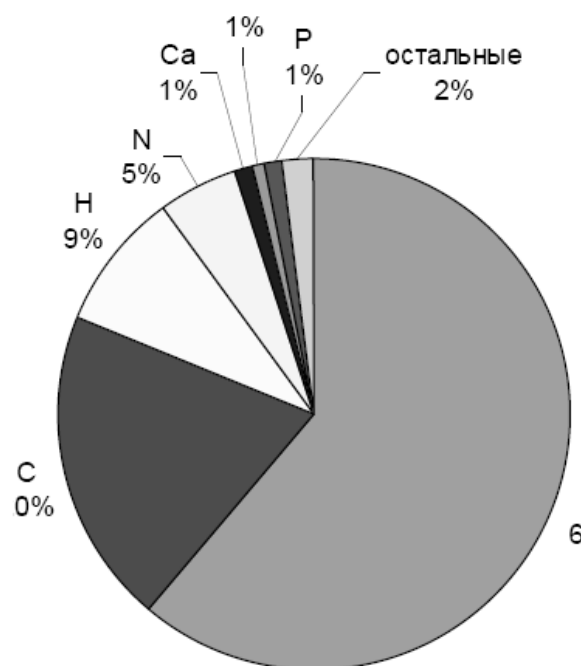
Склад Всесвіту (ат.%)



Склад Всесвіту (мас.%)



Склад земної кори (мас. %)



Склад організмів (мас.%)

Хімічний склад зірок залежить від багатьох чинників, зокрема і від температури. По мірі підвищення температури склад частинок, що існують в атмосфері зірки, спрощується. Так, спектральний аналіз зірок з температурою 10000 - 50000°C показує в їх атмосферах лінії іонізованого Гідрогену і Гелію і іони металів. У атмосферах зірок з температурою 5000°C виявляються вже радикали, а в атмосферах зірок з температурою 3800°C - навіть молекули оксидів. Хімічний склад деяких зірок з температурами 20000-30000°C приведений в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад деяких зірок класу В

Елемент	Відносна кількість атомів у зірці		
	$\tau$ Скорпіону	$\xi$ Персея	$\nu$ Пегаса
Гідроген	8350	8300	8700
Гелій	1450	1700	1290
Карбон	2,0	1,5	3,3
Нітроген	3,1	1,7	0,9
Оксиген	11,0	9,0	3,7
Флуор	-	-	0,023
Неон	4,3	3,4	4,05
Магній	0,46	0,49	0,76
Алюміній	0,032	0,05	0,005
Силіцій	0,75	0,77	0,094
Фосфор	-	-	0,0028
Сульфур	-	0,25	0,55

Хлор	-	-	0,0014
Аргон	-	-	0,07

Видно, що, наприклад, в зірці  $\nu$ -Пегаса на 8700 атомів Гідрогену припадає 1290 атомів Гелію, 0,9 атома Нітрогену і т.д.

У спектрах зірок перших 4 класів (найгарячіших) переважають лінії Гідрогену і Гелію, але у міру пониження температури з'являються лінії інших елементів і навіть лінії сполук. Це ще прості сполуки: оксиди Цирконію, Титану, а також радикалів CN, OH, NH, CH<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, CaH і ін. Зовнішні шари зірок складаються головним чином з Гідрогену. В середньому на 10000 атомів Гідрогену припадає близько 1000 атомів Гелію, 5 атомів Оксигену і менше 1 атома інших елементів. Існують зірки з підвищеним вмістом того або іншого елементу: Силіцію, Феруму, Мангану, Карбону і ін. Зірки з аномальним складом досить різноманітні. У молодих зірках типу червоних гігантів присутня підвищена кількість важких елементів. Так, в одній із таких зірок міститься в 26 разів більше молібдену, ніж в Сонці.

Хімічний склад зірки відображає вплив двох чинників: природи міжзоряного середовища і тих ядерних реакцій, які розвиваються в зірці протягом її життя. Початковий склад зірки близький до складу міжзоряної матерії (газопилової хмари), з якої виникла зірка. А склад газопилових хмар неоднаковий, що і могло привести до відмінності у складі елементів, що містяться в зірці.

Спектральний аналіз показує, що наявність багатьох елементів у складі зірок може бути обумовлена тільки ядерними реакціями, що протікають у них (Барій, Цирконій, Технецій). Існують зірки, в яких Гідроген перетворився на Гелій. Їх атмосфера складається з Гелію. У таких гелієвих зірках виявлені Карбон, Неон, Титан, Нітроген, Оксиген, Силіцій, Магній. Відомі гелієві зірки, що практично не містять Гідрогену, який вигорів в результаті ядерних реакцій.

Дуже цікавими є карбонові зірки. Це відносно холодні зірки (гіганти і надгіганти), їх поверхневі температури лежать в межах 2500-6000° С. При температурі нижче 3500° С при рівній кількості Оксигену і Карбону в атмосфері велика частина цих елементів зв'язана в монооксид Карбону. З інших карбових сполук у атмосферах таких зірок присутні радикали CN і CH.

Дослідження поширеності елементів в космосі показало, що із збільшенням атомної маси елементу зменшується його поширеність. Крім того, елементи з парними порядковими номерами зустрічаються частіше, ніж з непарними.

Поширеність елементів в космосі приведена на рис. 1.

Дослідження хімічного складу Сонця проводиться методами спектрального аналізу. Це дуже складна робота, оскільки за умов, що існують на Сонці, атоми елементів сильно іонізовані (так, атом Феруму втрачає до 9 електронів).

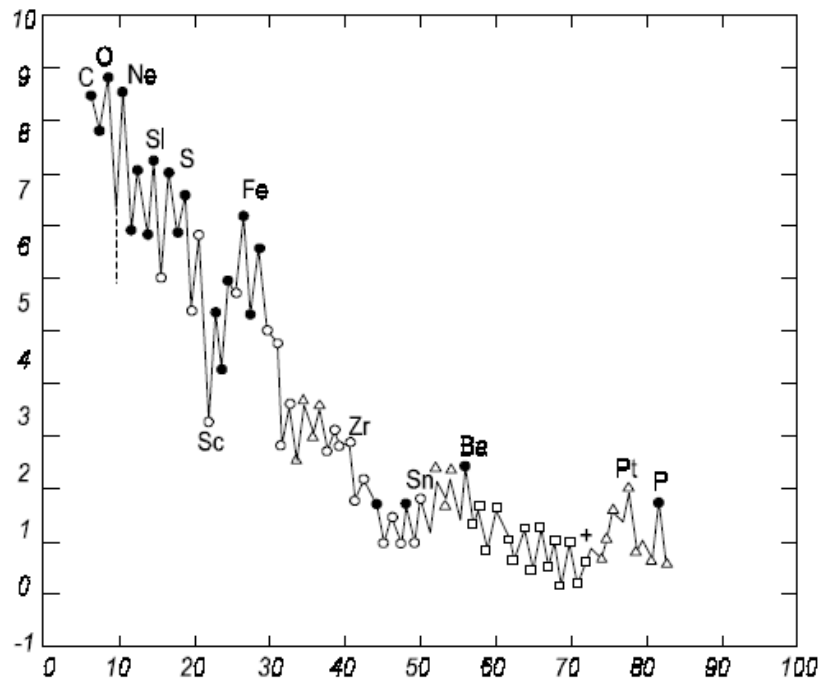


Рис.1. Поширеність елементів в космосі

Атмосфера Сонця знаходиться в постійному русі. Температури фотосфери, хромосфери, сонячної корони різко відрізняються. Проте хімічний склад Сонця встановлений достатньо повно. На Сонці виявлено 72 елементи. Вміст 60 елементів визначено достатньо надійно, але для елементів з атомною масою вище 57 дані менш точні.

Більше всього на Сонці Гідрогену - майже 75% мас. Гелію міститься близько 24%, лише 1-2% припадає на решту всіх елементів. Хоча 1% від сонячної маси - це не так вже і мало. Маса Сонця рівна  $1,99 \cdot 10^{33}$  г. Сота частка цієї маси складає  $1,99 \cdot 10^{31}$  г, або  $1,99 \cdot 10^{25}$  т, що складає величину, яка в 3350 разів перевищує масу Землі. Досить багато на Сонці Оксигену, Карбону, Нітрогену, Натрію, Феруму, Ніколу, мало Літію. Бор і флуор виявлені у сполуках з Гідрогеном. Радію, Урану, Бісмуту, Ренію дуже мало, а радіоактивних елементів, що отримують в умовах Землі штучно (Прометія, Астата), а також галогенів, окрім Флуору, не виявлено. У атмосфері Сонця на один атом Оксигену припадає:

Гідрогену 560 атомів;  
 Алюмінію 0,0040 атома;  
 Карбону 0,37 атома;  
 Силіцію 0,037 атома;  
 Нітрогену 0,76 атома;  
 Сульфуру 0,016 атома;  
 Магнію 0,062 атома;  
 Калію 0,00029 атома;  
 Натрію 0,0035 атома;  
 Кальцію 0,0031 атома.

Хімічний аналіз планет, що оточують Сонце, ще важчий, оскільки планети світять тільки відображеним сонячним світлом, і про їх склад доводиться судити по спектрах відбивання. Ці спектри складні для розшифровки і часто не дають однозначних відповідей. Розширили можливості вивчення складу планет, їх атмосфер міжпланетні космічні станції.

Спочатку висловлювалися думки про те, що всі планети Сонячної системи мають

однаковий склад, але вже порівняння густини показало, що склад відрізняється (табл. 2).

Таблиця 2

Густина планет Сонячної системи

Планета	d, г/см <sup>3</sup>	Планета	d, г/см <sup>3</sup>	Планета	d, г/см <sup>3</sup>
Меркурій	5,62	Місяць	3,35	Нептун	2,43
Венера	5,15	Юпітер	1,35	Плутон	-
Земля	5,517	Сатурн	0,71		
Марс	4,00	Уран	1,60		

Меркурій, Венера, Земля, Марс, Місяць - тверді тіла. Вони утворені силікатними, алюмосилікатними, карбонатними і іншими мінералами, які входять до складу їх поверхневих шарів. Усередині цих планет знаходиться ядро, утворене важкими породами, що містять елементи з великою атомною масою. Меркурій містить феромагнітне ядро і володіє сильним магнітним полем. Загальна кількість металевого заліза, за деякими даними, в Меркурії складає близько 58%. Венера і Марс, як і Земля, мають залізні ядра, оточені мінеральною, переважно силікатною, оболонкою. На Венері багато карбонатів, термічне розкладання яких привело до накопичення діоксиду Карбону в атмосфері цієї планети. За даними радянських космічних станцій "Венера-4" - "Венера-7", атмосфера Венери на 97% складається з діоксиду Карбону, містить близько 2% Нітрогену, 1% водяної пари і не більше 0,1% Оксигену. Температура на поверхні планети біля 500°C, а тиск близько 100 атм.

Планета Марс має атмосферу значно більш розріджену, ніж земна. Атмосферний тиск на Марсі складає всього 0,08 земного. Основними складовими частинами його атмосфери є азот і діоксид Карбону. Оксигену і водяної пари приблизно в 1000 разів менше, ніж в земній атмосфері. Цілком можливо, що хімічний склад сполук, які утворюють поверхню Марса, подібний на земний. Це знаходить підтвердження в численних експериментах по моделюванню марсіанських умов. Це ж підтверджують знімки, зроблені з достатньо близької відстані з космічних станцій "Марс" і "Марінер".

Гігантські планети Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун утворені менш щільними речовинами. Основу їх складають Гідроген, Гелій, метан, амоніак і інші гази. Існування твердого ядра у цих планет не можна визнавати доведеним. Спектральні дослідження Юпітера, Сатурну, Урану і Нептуна показали наявність в їх атмосферах метану. У атмосферах Юпітера і Сатурну виявлений також амоніак, який, можливо, є на Урані і Нептуні, але вже в твердому стані. Дослідження показало також наявність Гідрогену (близько 60%), Гелію (36%), Неону (близько 3%). Крім того, у атмосфері містяться складні молекули: ціаногідроген, діоксид Нітрогену у формі N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, вода, сірководень, високомолекулярні молекули (пірен, коронен, хрізен і ін.). Проте, не дивлячись на багаторічні дослідження, хімічний склад планет-гігантів вивчений недостатньо.

## 2. Розповсюдження хімічних елементів на Землі. Геохімія.

Під «земною корою» розуміють кам'яну кору Землі на глибину до 16 км від рівня моря, причому до неї належать також океанські та внутрішні води, а також повітряна оболонка. Останню називають атмосферою, загальну масу води – гідросферою, а кам'яну кору – літосферою.

Склад гідросфери, по суті, визначається складом морської води (мас.%):

O	86,03	Br	0,0065	Ar	$5 \cdot 10^{-5}$	Pb	$4,5 \cdot 10^{-7}$
H	10,70	C	0,0053	Rb	$2 \cdot 10^{-5}$	Se	$4 \cdot 10^{-7}$
Cl	1,90	N	0,0017	Li	$1 \cdot 10^{-5}$	Sn	$3 \cdot 10^{-7}$
Na	1,06	Sr	0,0013	P	$1 \cdot 10^{-5}$	Cs	$2 \cdot 10^{-7}$
						U	$1 \cdot 10^{-7}$
Mg	0,127	B	0,00046	Cu	$9 \cdot 10^{-6}$		
S	0,088	Si	0,00035	Ba	$5 \cdot 10^{-6}$	Ga	$5 \cdot 10^{-8}$
Ca	0,040	Al	0,00019	I	$5 \cdot 10^{-6}$	Ag	$2 \cdot 10^{-8}$
K	0,038	Fe	0,00015	As	$2 \cdot 10^{-6}$	Au	$6 \cdot 10^{-10}$
		F	0,00014	Zn	$1 \cdot 10^{-6}$	Ra	$3 \cdot 10^{-11}$
				Mn	$1 \cdot 10^{-6}$		

Атмосфера біля поверхні Землі при середньому вмісті водяних парів 0,27 % складається (мас.) на 75,31 % з нітрогену, 22,95 % - з Оксигену, на 1,43 % - з інертних газів і на 0,03 – 0,04 % з CO<sub>2</sub>. Вміст водяної пари сильно коливається в залежності від температури та інших умов (при 0<sup>0</sup>C повітря може містити до 0,48 % (мас.) парів води, проте при 40<sup>0</sup>C вже до 5,82 %(мас.)). В іншому склад атмосфери досить рівномірний (до 60 км).

Вивченням поширеності хімічних елементів на Землі займалися багато учених, починаючи ще з алхіміків (Теофраст, Пліній і ін.). Але тільки в XVII-XIX ст. з'явилися дослідні дані про хімічні процеси в земній корі і їх стали осмислювати з позицій, які ми зараз називаємо геохімічними. У XVII ст. Р.Бойль, вивчаючи хімію атмосфери і природних вод, і голландець Х.Гюйгенс підійшли до розуміння життя як космічного явища. У XVII столітті М.В.Ломоносов обґрунтував значення хімії для геології, дав пояснення процесам утворення вугілля, нафти, торфу і інших корисних копалини в своїх знаменитих книгах "О слоях земных" і "О рождении металлов". А.Лавуазье заклав основи геохімії атмосфери, природних вод. Велике значення для накопичення фактичного матеріалу по геохімії мали роботи шведського хіміка І.Берцеліуса в області хімічного аналізу гірських порід, руд, мінералів і вод. Він відкрив Торій, Церій, Селен, вперше отримав у вільному стані Силіцій, Титан, Тантал, Цирконій і ін.

Перший курс геохімії був прочитаний в 1912 р. учнем Вернадського А.Е.Ферсманом (1883-1945). У 1933-1939 р.р. Ферсман опублікував чотиритомну "Геохімію" - перший систематичний виклад цієї науки.

Великий внесок в геохімію вніс В.М.Гольдшмідт (Норвегія). Він вказав, що для входження хімічних елементів в кристалічну решітку вирішальне значення має розмір атомів або іонів. Він пояснив сумісне знаходження Магнію і Ніколу, Калію і Плюмбуму і тим самим заклав основи геохімії мінералів. Після його праць з'явилася можливість передбачати скупчення елементів у земній корі і вести направлений пошук мінералів у природі.

Ще в 1815 р. англійський мінералог В.Філіпс намагався визначити середній вміст у земній корі 10 хімічних елементів. Його роботи були продовжені французами Елі де Бомоном і А.Добре. Але їх дослідження не привернули уваги.

У 80-і рр. XIX ст. проблемами визначення середнього складу земної кори багато займався Ф.У.Кларк – керівник хімічної лабораторії американського геологічного комітету у Вашингтоні. Відібравши 880 найбільш точних аналізів гірських порід, він в 1889 р. визначив середній вміст 10 хімічних елементів в твердій земній корі. Кларк отримав наступні результати:

Елемент	Вміст, %	Елемент	Вміст, %
Оксиген	46,28	Магній	2,77
Силіцій	28,02	Калій	2,47

Алюміній	8,14	Натрій	2,43
Ферум	5,58	Титан	0,33
Кальцій	3,27	Фосфор	0,10

$\Sigma=99,39\%$

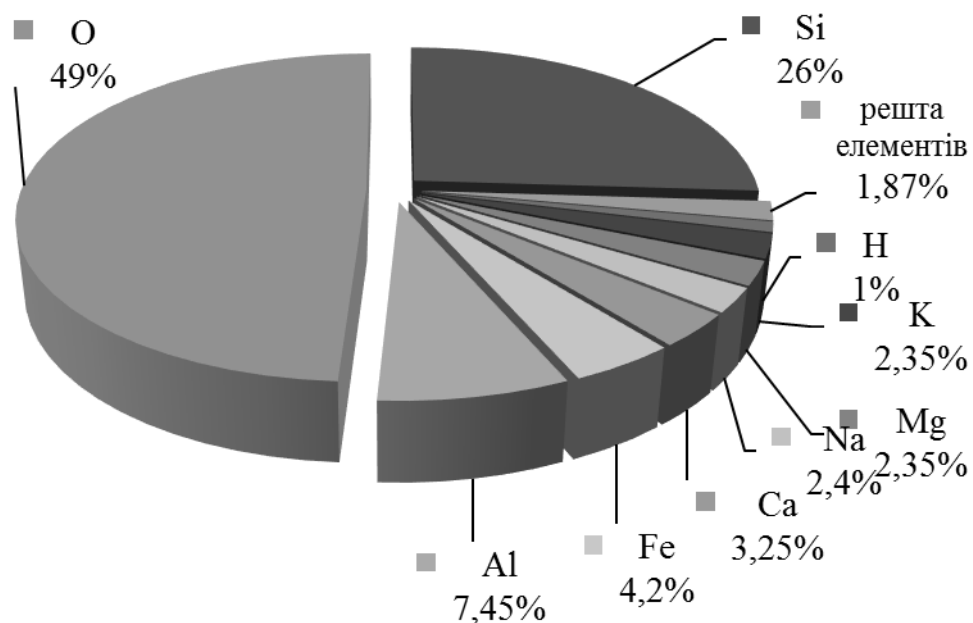
Кларк трактував геохімію як сукупність відомостей про хімічний склад земної кори. Продовжуючи дослідження, він збільшував точність визначень, кількість аналізів і число елементів. У зведенні середнього вмісту елементів в земній корі, опублікованому в 1924 р., були приведені дані вже про 50 елементів.

Враховуючи заслуги Кларка в розвитку геохімії і дослідженнях поширеності елементів, Ферсман в 1923 р. запропонував позначити середній вміст хімічного елементу в земній корі, на Землі в цілому, а також на планетах і в космосі терміном "кларк". За пропозицією Вернадського в таблицях кларків наводяться значення масових (вагових) і атомних кларків.

Сенс введення атомних кларків полягає в наступному. Нехай є геологічна система, яка складається з Гідрогену і Флуору, і на один атом Гідрогену припадає один атом Флуору. Якщо визначити атомні кларки, то вони будуть однакові для обох елементів. Але, якщо визначити внесок Гідрогену і Флуору в масу системи, то виходить, що відповідно до величин атомних мас Гідрогену і Флуору від загальної суми  $1H + 19F = 20HF$  Гідроген складе тільки 5%, а Флуор - 95%. Таким чином, масові і атомні кларки можуть значно відрізнитися. Для переходу масових кларків в атомні треба значення масового кларку кожного елементу розділити на атомну масу і суму цих величин вважати за 100%. Тоді частка в цій сумі величини вмісту кожного елементу відповідатиме його атомному кларку.

З дня публікації першої таблиці Кларка пройшло більше 100 років. За цей час була виконана гігантська робота, і загальна картина поширеності елементів в земній корі виявилася достатньо виразно. Перш за все підтвердилося геніальне припущення Вернадського про розсіяний стан всіх хімічних елементів. Для Йоду, Гафнію, Скандію, Рубідію, Індію, Цезію, Радію і деяких інших рідкісних елементів розсіяний стан є основним, оскільки вони не утворюють або майже не утворюють власних мінералів. Тільки для Оксигену, Силіцію, Алюмінію, Феруму, Натрію, Калію, Магнію головна форма знаходження – власні мінерали. Положення про загальне розсіяння хімічних елементів радянський геохімік Н.І.Сафронов запропонував іменувати **законом Кларка-Вернадського**.

Сучасні методи аналізу і прилади дозволили уточнити вміст елементів в земній корі:



Як видно, половина земної кори складається з Оксигену. Таким чином, земна кора - це "оксигенова сфера". На другому місці знаходиться Силіцій (кларк 29,5), на третьому - Алюміній (8,05). Якщо до них додати Ферум (4,65), Кальцій (2,96), Калій (2,50), Натрій (2,50), Магній (1,87), Титан (0,45), то вийде 99,48%, тобто практично вся земна кора. На решту 80 елементів припадає менше 1%. Елементи, вміст яких не перевищує 0,01-0,0001%, називають рідкісними. Якщо рідкісні елементи не утворюють власних мінералів, то їх називають "рідкісними розсіяними" (Br, In, Ra, U, Re, Hf, Se і ін.). Так, у Урану і Бром у кларки майже однакові ( $2,5 \cdot 10^{-4}$  і  $2,1 \cdot 10^{-4}$ ), але Уран - рідкісний елемент, так як відомо 104 уранових мінерали і уранові родовища, а Бром - розсіяний (має лише один мінерал).

У геохімії є ще поняття "мікроелементи", яке означає елементи, що містяться в малих кількостях ( $>0,01\%$ ) в даній системі. Так, Алюміній - мікроелемент в живому організмі і макроелемент в силікатних породах.

Встановлено, що кларки в основному не залежать від хімічних властивостей елементів. А як впливає на поширеність ядро елемента? Ще в 1923 р. В.М.Гольдшмідт сформулював основний закон геохімії: загальна поширеність елемента залежить від властивостей його атомного ядра, а характер розповсюдження - від властивостей зовнішньої електронної оболонки його атома.

Ферсман отримав графік залежності атомних кларків від заряду ядра для парних і непарних елементів періодичної системи Д.І.Менделєєва (рис.2).

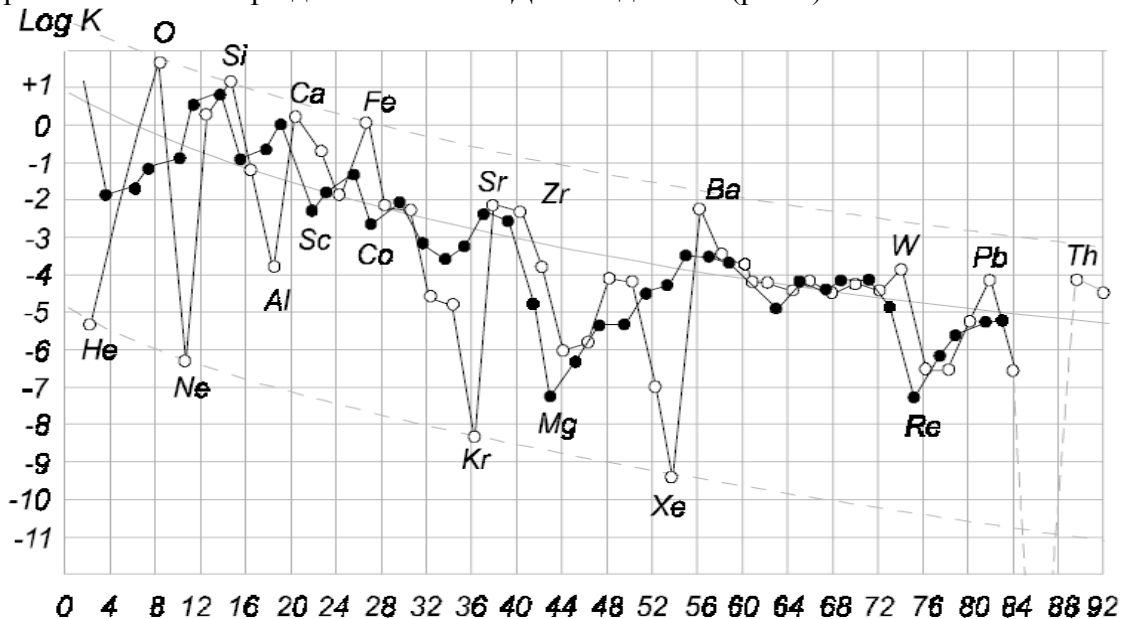


Рис.2. Логарифми атомних кларків (за А.І.Ферсманом)

Він з'ясував, що з ускладненням атомного ядра, збільшенням його маси кларки елементів зменшуються, але ці криві виявилися немонотонними. Легкі атоми (які займають місця на початку Періодичної системи) більш розповсюджені. Їх ядра містять невелике число нуклонів (протонів і нейтронів). Дійсно, після Феруму ( $Z = 26$ ) немає жодного розповсюдженого елемента. На це вказував ще Д.І.Менделєєв. У 1869 р. одночасно з періодичним законом він сформулював правило: *елементи з малими атомними масами загалом більш розповсюджені, ніж важкі елементи.*

Інша закономірність була встановлена в 1914 р. Г.Оддо (Італія) і В.Гаркінсоном (США) в 1915-1928 рр. Вони помітили, що в земній корі переважають елементи з парними порядковими номерами і парними атомними масами. Серед сусідніх елементів у парних кларки завжди вище, ніж у непарних (рис.2). Для перших 9 елементів по розповсюдженню парні кларки складають 86,43%, а непарні - 13,03%. Особливо великі кларки елементів, атомна маса яких ділиться на 4. Серед атомів одного і того ж елемента переважають



ізотопи з масовим числом, кратним 4. Таку будову Ферсман позначив як  $4q$ , де  $q$  – ціле число. Нижче наведено співвідношення розповсюдженості різних ізотопів Оксигену і Сульфуру:

$^{16}\text{O}$ - 99,76	$^{32}\text{S}$ - 55,01
$^{17}\text{O}$ - 0,04	$^{33}\text{S}$ - 0,75
$^{18}\text{O}$ - 0,20	$^{34}\text{S}$ - 4,22
	$^{36}\text{S}$ - 0,02

За Ферсманом, ядра типу  $4q$  складають 83,39% земної кори. Менш поширені ядра  $4q+3$  (12,7%). Зовсім мало ядер  $4q+1$  і  $4q+2$  (1%). Було помічено також, що серед парних елементів, починаючи, з Гелію, найбільшими кларками володіє кожен шостий: Оксиген (№ 8), Силіцій (№ 14), Кальцій (№ 20), Ферум (№ 26). Для непарних елементів існує аналогічне правило (починаючи з Гідрогену № 1): Нітроген (№ 7); Алюміній (№ 13); Калій (№ 19); Манган (№ 25). Ядра, що містять 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 протонів або нейтронів, особливо стійкі. Ці числа називаються **магічними**. Найбільш стійкі двічі магічні ядра, що містять магічні числа протонів і нейтронів ( $^{208}\text{Pb}$ ).

Таким чином, розповсюдження елементів в земній корі пов'язане переважно з будовою атомного ядра. У земній корі переважають ядра з невеликим і парним числом протонів і нейтронів. Причина цього лежить в зоряній стадії існування земної матерії. Понад 4,5 млрд. років назад речовина нашої планети була нагріта до десятків мільйонів градусів. При таких температурах ні атоми, ні молекули існувати не можуть, і речовина була розжареною плазмою з вільними електронами і ядрами. У плазмі протікали ядерні реакції – з протонів і нейтронів утворювалися ядра хімічних елементів. Найімовірнішим було утворення найбільш стійких ядер, а такими є ядра, що містять невелику і парну кількість протонів і нейтронів. Ядра ж, переповнені протонами і нейтронами, нестійкі і розпадаються. Такими є Уран, Торій, Радій і інші радіоактивні елементи, що розпадаються з утворенням Плюмбуму і Гелію. Але і серед легких елементів не всі володіють високими кларками. Наприклад, Берилій має порядковий номер 4, а його кларк  $3,8 \cdot 10^{-4}\%$ . Ще меншим є кларк Гелію, хоча в космосі він займає друге місце за розповсюдженістю (після Гідрогену). Мало Літію ( $3,2 \cdot 10^{-3}\%$ ), Бору ( $1,2 \cdot 10^{-3}\%$ ), Карбону ( $2,3 \cdot 10^{-2}\%$ ). Це пояснюється тим, що названі атоми в центральних частинах зірок є ядерним паливом і знищуються в ході ядерних реакцій.

Океан- комора хімічних елементів. В кожній кубічній милі морської води міститься  $1,5 \cdot 10^{11}$  кг розчинених твердих речовин. Запаси хімічних речовин в океані величезні, проте їх добування технічно трудне. Лише 3 речовини добувають з морської води: кухонну сіль, магній та бром.

Прісна вода складає лише малу долю з загальної маси води Планети. Джерелом прісної води є випаровування води океанів, з поверхні суші, листя рослин. Накопичена водяна пара з атмосфери випадає у вигляді дощів, снігу повертається у ріки, озера чи збирається в підземних резервуарах. В кінцевому рахунку знову попадає в океан.

Прісна вода не ідеально чиста. Вона містить розчинені гази ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) та велику кількість катіонів ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ) та аніонів ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), суспензовані частинки глини.

Кількість розчиненого кисню у прісній воді є важливим показником її якості. Так , риби можуть існувати в прісній воді при наявності не менше 5 мг розчиненого кисню у кілограмі води. При тиску одна атмосфера і температурі  $20^\circ\text{C}$  у воді може максимально розчинитися 9 мг кисню на 1 кг води.

## Література.

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. – 4-е изд., испр. – Москва: Высш. шк., Изд. центр «Академия», 2001.– 743 с., ил.

2. Пономарьова В.В. Основні класи неорганічних сполук: Навч. пос. Для студентів нехім. спец. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2003. – 39 с.
3. Кириченко В.І. Загальна хімія: Навчальний посібник. [для студ. інженер.–техн. спец. вищ. навч. закл.] / Віктор Іванович Кириченко; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист №14/18.2–1285 від 03.06.2005]. – Київ: Вища шк., 2005. –639с.: іл., 83 рис., 80 табл. – Інформаційне середовище: на поч. розд. – Контрол. запитання: після розд. – Структурно-логічні схеми: після розд. – Бібліогр.: с. 635 (22 назви). – ISBN 966-642-182-8.
4. Михалічко Б.М. Курс загальної хімії. Теоретичні основи: Навчальний посібник / Михалічко Борис Миронович; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист № 1.4/18-Г-1180 від 22.11.2006]. – Київ: Знання, 2009. – 548 с. - Бібліогр.: с. 511 (21 назва). – Предм. покажч.: с. 543–548. – ISBN 978-966-346-712-2.
5. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /М.Е.Тамм, Ю.Д.Третьяков; - М.: Издательский центр «Академия», 2004.-240 с. ISBN 5-7695-1446-9.
6. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.2: Химия непереходных элементов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.-368 с. ISBN 5-7695-1436-9.
7. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.3: Химия переходных элементов. Кн.1 : Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.-352 с. ISBN 5-7695-2532-0.
8. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.3: Химия переходных элементов. Кн.2 : Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.-400 с. ISBN 5-7695-2533-9.
9. Загальна та неорганічна хімія у двох частинах: Підручник. Частина II [для студ. вищ. навч. закл.] / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист № 212 від 03.06.1999]. – Київ: Пед. преса, 2000. – 784с.: іл., 125 рис., 63 табл. – Бібліогр.: с. 771 (28 назв). – Імен. покажч.: с.772–773. – Предметн. покажч.: с.774–783. – ISBN 955-7320-13-8.
10. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Неоніла Володимирівна Романова; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист №13710594 від 30.06.1995]. – Київ: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2004. – 480с.: 54 рис., 30 табл. – Бібліогр.: с. 465 (25 назв). – Імен. покажч.: с. 466–467. – Предм. покажч.: с. 468–477. – ISBN 966-569-106-6.
11. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – Москва: Высш. шк., 1997. – 527 с.
12. Самостійна робота студентів при вивченні хімії: навч. посіб. / Ю.В. Ліцман, Л.І. Марченко, С.Ю. Лебедєв.– Суми: Сумський державний університет, 2011. – 349 с. ISBN 978-966-657-338-7.
13. Методичні вказівки до практичних робіт з загальної хімії (для студентів усіх спеціальностей) (Уклад.: Т.М.Волох, Н.М.Максименко, В.В.Приседський, Л.І.Рубльова, С.Г.Шейко; Під ред. В.В.Приседського. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – 183 с.
14. Буря О.І., Повхан М.Ф., Чигвінцева О.П., Антрапцева Н.М. Загальна хімія: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2002. – 306 с.

### Запитання для самоперевірки.

- 1 . Які елементи найбільш поширені в космічному просторі?
- 2 . Які реакції служать джерелом важких елементів у космосі ?
- 3 . Які методи використовують для вивчення хімічного складу зірок ?
- 4 . Скільки хімічних елементів виявлено на Сонце ?
- 5 . Що служить доказом різного хімічного складу планет Сонячної системи?
- 6 . Які елементи виявлені в атмосферах планет -гігантів ?
- 7 . Що визначає предмет геохімії ?
- 8 . Хто з учених вніс найбільший внесок у розвиток геохімії ?
- 9 . Дайте визначення кларка .
- 10 . Які найбільш поширені елементи в земній корі ?
- 11 . Які елементи називають рідкісними , а які розсіяними ?
- 12 . Які числа називають магічними ?
- 13 . Що визначає поширеність елементів у земній корі ?
- 14 . Сформулюйте основні закони геохімії ?
- 15 . Чому деякі елементи, що мають невеликі атомні маси і парні номери , є широко поширеними ?