

Геохимия  
и геохимический  
мониторинг окружающей  
среды

часть I

**Геохимия**

# Предмет геохимии

Франк Уиглсуорт Кларк

(**Frank Wigglesworth Clarke**), 1924

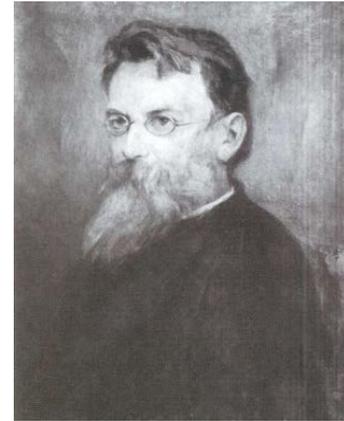


1847 - 1931

“В наших целях каждая порода может рассматриваться как **химическая система**, в которой под действием различных агентов происходят **химические изменения**. Каждое такое изменение связано с **нарушением равновесия и последующим возникновением новой системы**, которая при новых условиях становится более устойчивой. Изучение этих изменений и является предметом геохимии.”

## В.И. Вернадский (1927):

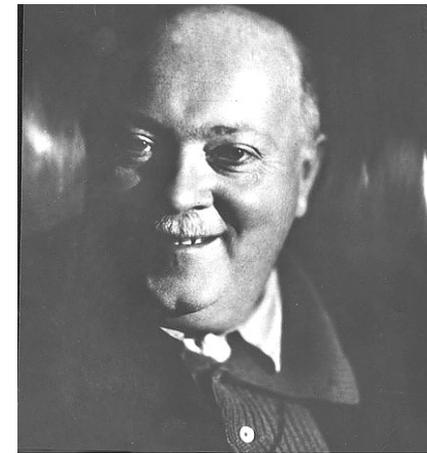
«Геохимия научно изучает химические элементы, т.е. атомы земной коры и, насколько возможно, всей планеты. Она изучает их **историю, их распределение и движение в пространстве-времени**, их генетические на нашей планете соотношения.»



1863 — 1945

## А.Е. Ферсман (1932):

«Геохимия изучает **историю** химических элементов-атомов в земной коре и их **поведение при различных термодинамических и физико-химических условиях** природы.»



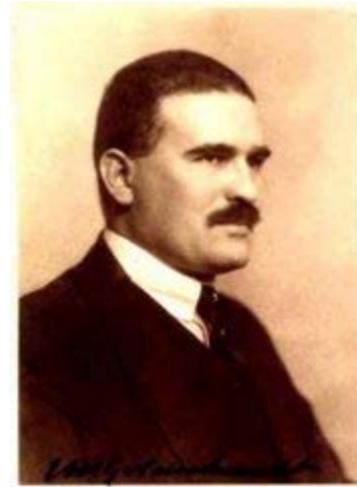
1883 — 1945

Виктор Мориц Гольдшмидт (***Victor Moritz Goldschmidt***), 1954:

«Современная геохимия изучает **распределение и содержание** химических элементов в минералах, рудах, породах, почвах, водах и атмосфере и **циркуляцию элементов** в природе на основе свойств атомов и ионов».

**А.П. Поланьский и К. Смуликовский (1969):**

«Геохимия есть естественная история химических элементов»



1888 — 1947

**Геохимия** – наука о распределении (концентрации и рассеянии) и процессах миграции химических элементов в земной коре и, насколько возможно, в Земле в целом.

**Задачи геохимии:**

1. Изучение содержания химических элементов в геосферных оболочках (атмосфере, гидросфере, литосфере, биосфере), в горных породах, минералах, неминеральных образованиях, в планетах и космосе (космохимия).
2. Изучение закономерностей распределения химических элементов.
3. Изучение условий миграции, концентрирования и рассеяния химических элементов.
4. Изучение истории формирования и эволюции атомов на планете и в космосе

# Основные разделы геохимии (самостоятельные дисциплины)

1. Геохимия изотопов
2. Биогеохимия
3. Космохимия
4. Региональная геохимия
5. Прикладная геохимия (геохимические методы поисков)
6. Геохимия ландшафтов
7. Литогеохимия
8. Гидрогеохимия
9. Геохимия ноосферы
10. Радиогеохимия
11. Геохимия отдельных элементов

# Методы геохимии

## I. Системный подход.

К системам относятся планета Земля в целом, литосфера, почва, ландшафт, живой организм, государство и т.д.

Для систем характерны **противоположные процессы**, связывающие их в единое целое (связь с законом единства и борьбы противоположностей).

Для многих систем, в частности для биологических и социальных, характерны **нелинейные соотношения**, когда незначительный по интенсивности сигнал приводит к крупным изменениям в системе (иногда катастрофическим).

Например, увеличение  $T^0$  на  $4^{\circ}\text{C}$ . Или электромагнитный импульс в насыщенном растворе соли.

## Типы систем по формам движения материи:

- 1) **Абиогенные системы**, в которых протекают процессы только механической и физико-химической миграции. Это магматические, гидротермальные и другие системы.
- 2) **Биологические системы** – живые организмы и их ассоциации, например, биоценозы.
- 3) **Биокосные системы**, для которых характерно взаимопроникновение живых организмов и неорганической (“косной” по В.И. Вернадскому) материи. В этих системах развиваются и явления физико-химической миграции, но определяющее значение имеет биогенная миграция. Таковы почвы, коры выветривания, природные ландшафты, моря, океаны, реки и т.д.
- 4) **Техногенные системы** характеризуются ведущим значением техногенной миграции, хотя в них имеют место и все остальные виды миграции.

Геохимия изучает те же системы, что и другие науки о Земле. Ее специфика состоит в изучении систем на атомарном уровне.

Эта задача составляет содержание ***геохимии систем***. Здесь обособились самостоятельные направления – геохимия рудных месторождений, геохимия океана, геохимия ландшафтов и др.

В геохимии этот методологический принцип включает в себя решение двух важнейших задач:

1. Изучение зональности систем
2. Изучение причинно-следственных связей

# 1. Изучение зональности

В результате миграции веществ в системах формируется **геохимическая зональность** – система расчленяется на химически различные части – геохимические зоны, подзоны, горизонты и т.д. Зональность может быть разных рангов.

Л.Н. Овчинников выделяет 12 рангов: от грандиозной зональности Земли как планеты до зональности в пределах одного месторождения, почвы, минерала и т.д.

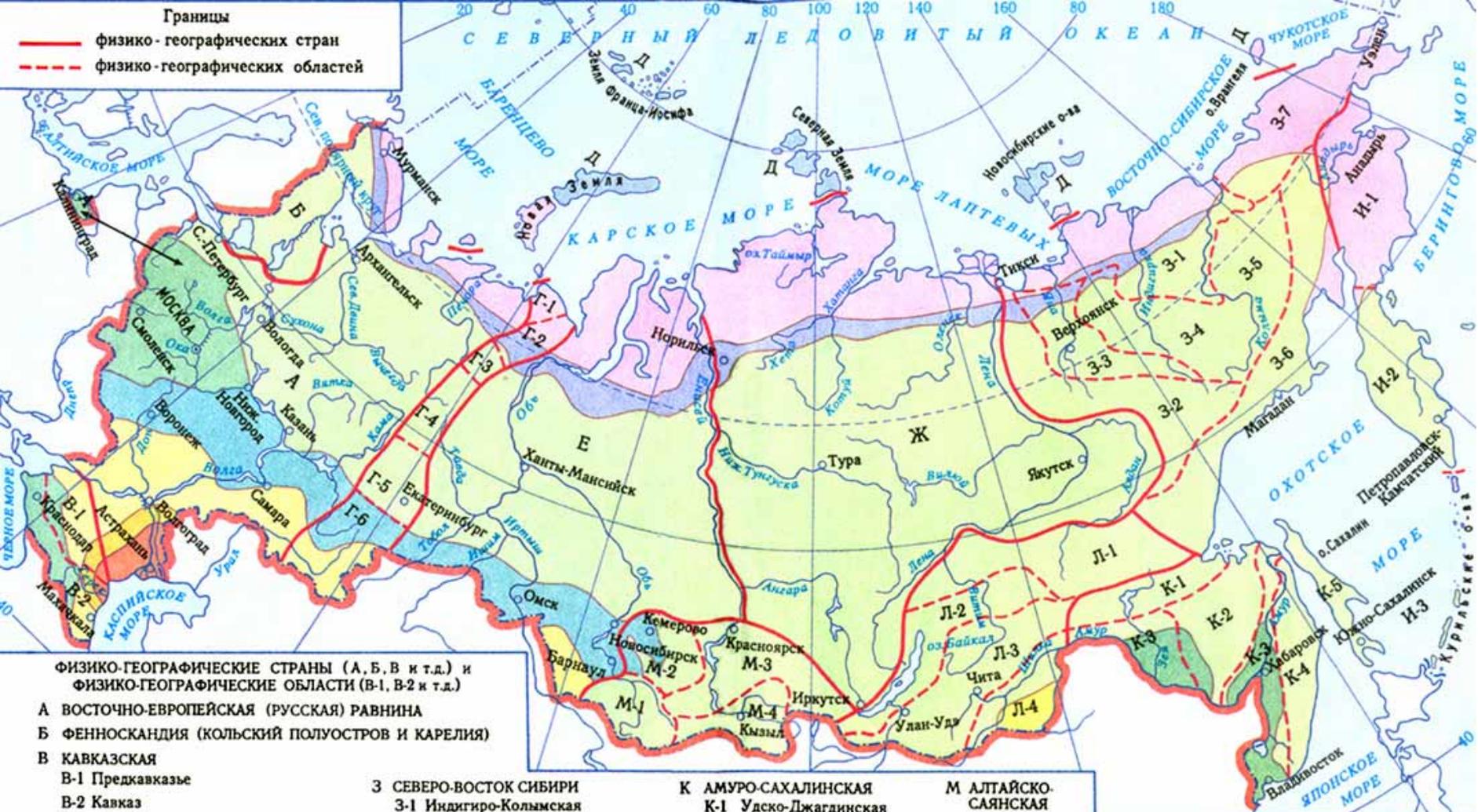
## Различают

1. **Латеральную (субгоризонтальную) зональность**, примером которой может служить фациальная зональность осадков в водоеме в направлении от берега к центру водоема, зональность гидротермально измененных пород, широтные геохимические зоны на земной поверхности.
2. **Вертикальную зональность**, связанную с изменением состава и свойств в субвертикальном направлении (почвы, атмосфера, океан, кора выветривания и т.д.).

Изучение геохимической зональности – важная черта геохимии систем, один из ведущих методологических принципов этого раздела геохимии.

**Границы**

- физико-географических стран
- - - физико-географических областей



ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СТРАНЫ (А, Б, В и т.д.) и ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ (В-1, В-2 и т.д.)

- А** ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ (РУССКАЯ) РАВИНА
- Б** ФЕННОСКАНДИЯ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ И КАРЕЛИЯ)
- В** КАВКАЗСКАЯ
  - В-1 Предкавказье
  - В-2 Кавказ
- Г** УРАЛ
  - Г-1 Пай-Хой
  - Г-2 Полярный Урал
  - Г-3 Приполярный Урал
  - Г-4 Северный Урал
  - Г-5 Средний Урал
  - Г-6 Южный Урал
- Д** ОСТРОВНАЯ АРКТИКА
- Е** ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ РАВИНА
- Ж** СРЕДНЯЯ СИБИРЬ

- З** СЕВЕРО-ВОСТОК СИБИРИ
  - З-1 Индигиро-Колымская
  - З-2 Верхоянская
  - З-3 Яно-Оймяконская
  - З-4 Черская
  - З-5 Юкагирская
  - З-6 Прихотская
  - З-7 Анюйско-Чукотская
- И** КОРЯКСКО-КАМЧАТСКО-КУРИЛЬСКАЯ
  - И-1 Анадырско-Корякская
  - И-2 Камчатская
  - И-3 Курильская

- К** АМУРО-САХАЛИНСКАЯ
  - К-1 Удско-Джагдинская
  - К-2 Бурейнская
  - К-3 Приамурские равнины
  - К-4 Сихотэ-Алинская
  - К-5 Сахалинская
- Л** БАЙКАЛЬСКАЯ
  - Л-1 Северо-Байкальские нагорья
  - Л-2 Байкальский риф
  - Л-3 Забайкалье
  - Л-4 Даурская

- М** АЛТАЙСКО-САЯНСКАЯ
  - М-1 Алтай
  - М-2 Салаирско-Кузнецкая
  - М-3 Саянская
  - М-4 Тувинская

**ПРИРОДНЫЕ ЗОНЫ**

- Арктическая пустыня
- Тундра
- Лесотундра
- Тайга
- Смешанные и широколиственные леса
- Лесостепь
- Степь
- Полупустыня
- Пустыня

0 300 км



## 2. Изучение причинно-следственных связей

Важнейшей характеристикой систем является **их структура** – это совокупность составных частей и способов связи между ними.

Теория систем различает **прямые и обратные связи**.

**Прямая связь** означает, что управляющий процесс влияет на управляемый орган:  $A \rightarrow B$ , где А-причина, В-следствие.

Например, влияние Солнца на процессы на Земле или влияние р/а распада на количество Рв, влияние сульфидов на формирование зоны окисления.

**Обратная связь**  $A \leftrightarrow B$ , т.е. управляемый процесс (B) также влияет на управляющий орган (A).

Обратная связь **положительна**, когда результат процесса усиливает его и система эволюционирует – удаляется от исходного состояния. Например, образование ледников увеличивает светоотражение от их поверхности, способствуя дальнейшему их охлаждению и увеличению площади оледенения. Здесь часто действует экспоненциальный «закон лавины».



# Горно-долинный, тип

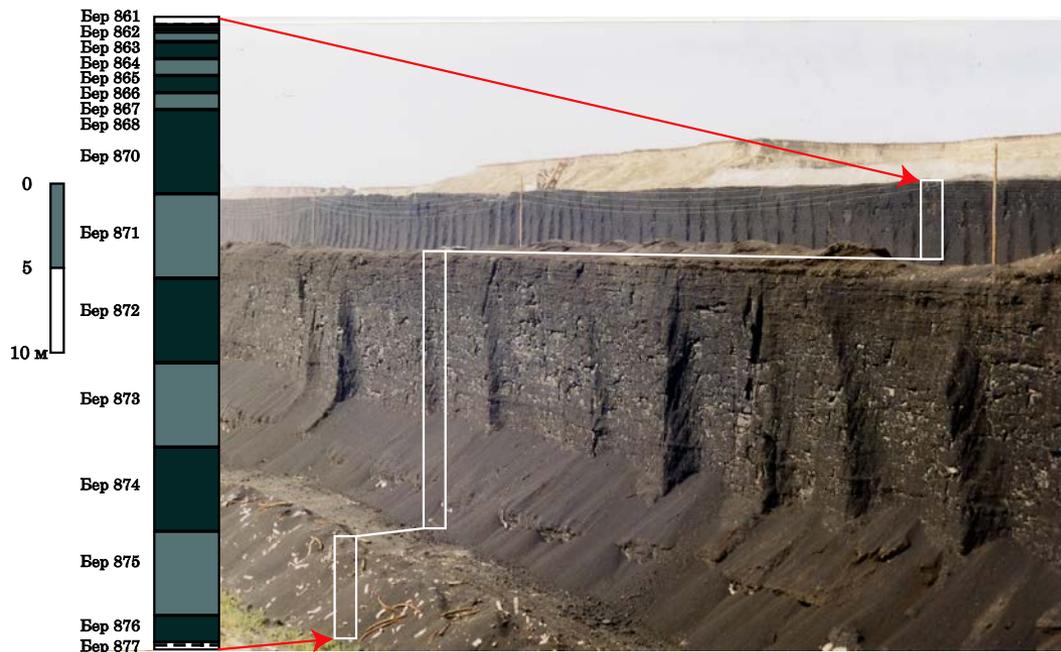


# Покровный, щитовой тип



Обратная связь отрицательна, когда результат процесса ослабляет и стабилизирует систему, возвращая ее в исходное состояние.

Так в эпоху вулканизма в атмосферу выделяется огромное количество  $\text{CO}_2$ , благоприятствующее потеплению климата и фотосинтезу. Это усиливает торфо- и карбонатакопленение, приводит к изъятию значительной части  $\text{CO}_2$  из атмосферы и восстановлению исходного состояния.



# Тонштейны в углях

Пласт II Иркутского бассейна ( $J_2$ )



Пласт XXVIII Минусинского бассейна ( $P_1$ )



В результате действия отрицательной обратной связи развивается саморегулирование: **всякое отклонение от стационарного состояния вызывает в системе процессы, возвращающие ее в исходное состояние.**

В термодинамике это положение называется “**принцип тормозящего противодействия Ле Шателье - Брауна**”

## II. Принцип историзма

Его суть – “В былые геологические эпохи миграция протекала не так, как сейчас”.  
Например, для докембрия была характерна большая роль вулканизма, иной состав атмосферы и гидросферы.

Атмосфера:

AR –  $\text{CO}_2$ - $\text{CH}_4$ ;

PR -  $\text{CO}_2$ -N

Фанерозой – N-O

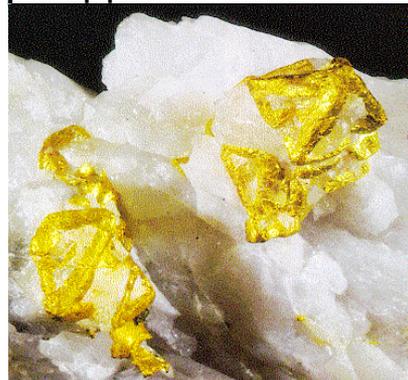
Будущее –O

«Раньше все было не так», «Не та молодежь пошла»

# Витватерсранд



Золото-платиноносный конгломерат с пиритовыми гальками. Витватерсранд



Витватерсранд, или просто Ранд («хребет») известен тем, что из его недр извлечено **48 000 тонн золота**, или примерно 40 % всего золота, когда-либо добытого человечеством. Кроме того, в Витватерсранде есть залежи урана. Добыча золота началась в этом районе в 1880-е годы. Многие из старых шахт уже закрылись, однако золотодобыча продолжается. **Ресурсы золота оцениваются в 16 тыс тонн при среднем содержании около 9 г/т**

# III. Принцип актуализма

Его суть “Сейчас процессы протекают так же, как протекали когда-то раньше”.

Например, современное образование угля из торфа (Philippi) позволяет нам предполагать механизм образования угля в более ранние эпохи.

Современное осадконакопление позволило нам создать науку стратиграфию и литологию.

Современные вулканогенно-гидротермальные системы дают ключ к созданию моделей формирования эндогенных рудных месторождений.

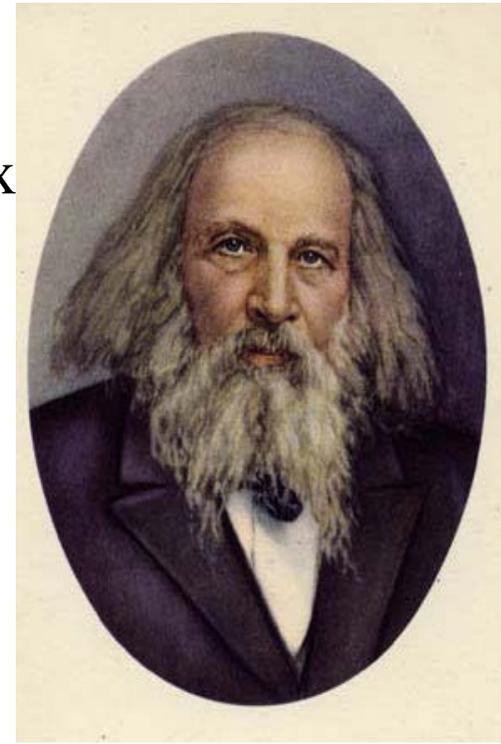
# IV. Периодический закон Д.И.

## Менделеева

В 1864 году немецкий химик Л.Ю. Майер в своей книге "Современные теории химии и их значение для химической статики" привел таблицу, в которой элементы были расположены в порядке увеличения их атомных масс.

Периодический закон был открыт Д.И.

Менделеевым в ходе работы над текстом учебника "Основы химии", когда он столкнулся с трудностями систематизации фактического материала. К середине февраля 1869 года, обдумывая структуру учебника, он постепенно пришел к выводу, что между свойствами и атомными массами элементов существует какая-то закономерность. Первым шагом к появлению Периодического закона стала таблица "Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве".



1834 - 1907

Многократно перебирая всевозможные виды систематизации известных тогда 67 элементов он пришел к выводу, что отдельные свойства элементов стали бы закономерно повторяться с ростом их атомной массы, если допустить, что у 10 известных элементов атомная масса определена неверно, а 6 элементов еще не открыты вообще.

Д.И. Менделеев исправляет атомную массу U, In, Pt, Os, Jr, Be, Ti, Th, Ce, Y и оставляет место для будущих Sc (экабор), Ga (экаалюминий), Ge (экасилиций), Re (двимарганец), Tc (экамарганец), Po (двителиур).

Д. И. Менделеев. Первый рукописный вариант периодического закона. 18 февраля 1869 года

6 марта 1869 года знаменитый доклад Д. И. Менделеева «Соотношение свойств с атомным весом элементов» был прочтён Н. А. Меншуткиным на заседании Русского химического общества. В том же году это сообщение на немецком языке появилось в журнале «Zeitschrift für Chemie», а в 1871 году в журнале «Annalen der Chemie» была осуществлена развёрнутая публикация Д. И. Менделеева, посвящённая его открытию — «Die periodische Gesetzmässigkeit der Elemente» (Периодическая закономерность химических элементов).

*Handwritten notes at the top of the manuscript page, including the name 'D. Mendeleev' and some illegible text.*

|         |            |            |            |           |           |
|---------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| $H=1$   | $?=8$      | $?=22$     | $Cu=63.4$  | $La=138$  | $Co=58$   |
| $Li=7$  | $Be=9$     | $Ca=40$    | $Zn=65.4$  | $Bi=208$  | $Ni=58.7$ |
| $B=12$  | $Mg=24$    | $?=68$     | $Al=27$    | $Si=28$   | $As=75$   |
| $C=12$  | $Si=28$    | $?=90$     | $Fe=56$    | $S=32$    | $Br=80$   |
| $Na=23$ | $P=31$     | $Ag=108$   | $Co=58$    | $Se=78$   | $I=127$   |
| $O=16$  | $S=32$     | $Ca=40$    | $Ni=58$    | $Te=128$  | $Hg=200$  |
| $F=19$  | $Cl=35.5$  | $K=39$     | $Br=80$    | $Cu=63.4$ | $Pb=207$  |
| $Ar=36$ | $Kr=83.8$  | $Rb=85.4$  | $Ag=108$   | $Au=197$  | $Hg=200$  |
|         | $Xe=131.3$ | $Ce=140.1$ | $Pt=195.1$ |           |           |
|         | $Ra=226$   |            |            |           |           |

*Vertical handwritten note on the left margin: 'Меншуткин' and 'русский химический общество'.*

Essai d'une système des éléments d'après leurs poids atomiques et fonctions chimiques. D. Mendeleev.

*Vertical handwritten notes on the right side of the manuscript page, including the title 'Периодический закон' and other illegible text.*

18 II 69.

*Handwritten text at the bottom of the manuscript page, possibly a signature or date.*

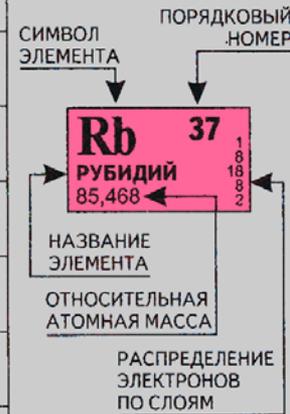
# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834–1907

| Периоды                       | Ряды | Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В   |    |                                 |    |                                 |     |                                   |     |                                |     |                                |     |                                 |     |                                |     | Энергетический уровень          |                              |                                |    |  |
|-------------------------------|------|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|---------------------------------|-----|--------------------------------|-----|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----|--|
|                               |      | I                               |    | II                              |    | III                             |     | IV                                |     | V                              |     | VI                             |     | VII                             |     | VIII                           |     |                                 |                              |                                |    |  |
|                               |      | а                               | б  | а                               | б  | а                               | б   | а                                 | б   | а                              | б   | а                              | б   | а                               | б   | а                              | б   | а                               |                              |                                |    |  |
| 1                             | 1    | <b>H</b><br>ВОДОРОД<br>1,008    | 1  |                                 |    |                                 |     |                                   |     |                                |     |                                |     |                                 |     |                                |     | <b>He</b><br>ГЕЛИЙ<br>4,003     | 2                            |                                |    |  |
| 2                             | 2    | <b>Li</b><br>ЛИТИЙ<br>6,941     | 3  | <b>Be</b><br>БЕРИЛЛИЙ<br>9,0122 | 4  | <b>B</b><br>БОР<br>10,811       | 5   | <b>C</b><br>УГЛЕРОД<br>12,011     | 6   | <b>N</b><br>АЗОТ<br>14,007     | 7   | <b>O</b><br>КИСЛОРОД<br>15,999 | 8   | <b>F</b><br>ФТОР<br>18,998      | 9   |                                |     | <b>Ne</b><br>НЕОН<br>20,179     | 10                           |                                |    |  |
| 3                             | 3    | <b>Na</b><br>НАТРИЙ<br>22,99    | 11 | <b>Mg</b><br>МАГНИЙ<br>24,312   | 12 | <b>Al</b><br>АЛЮМИНИЙ<br>26,982 | 13  | <b>Si</b><br>КРЕМНИЙ<br>28,086    | 14  | <b>P</b><br>ФОСФОР<br>30,974   | 15  | <b>S</b><br>СЕРА<br>32,064     | 16  | <b>Cl</b><br>ХЛОР<br>35,453     | 17  |                                |     |                                 | <b>Ar</b><br>АРГОН<br>39,948 | 18                             |    |  |
| 4                             | 4    | <b>K</b><br>КАЛИЙ<br>39,102     | 19 | <b>Ca</b><br>КАЛЬЦИЙ<br>40,08   | 20 | <b>Sc</b><br>СКАНДИЙ<br>44,956  | 21  | <b>Ti</b><br>ТИТАН<br>47,956      | 22  | <b>V</b><br>ВАНАДИЙ<br>50,941  | 23  | <b>Cr</b><br>ХРОМ<br>51,996    | 24  | <b>Mn</b><br>МАРГАНЕЦ<br>54,938 | 25  | <b>Fe</b><br>ЖЕЛЕЗО<br>55,849  | 26  | <b>Co</b><br>КОБАЛЬТ<br>58,933  | 27                           | <b>Ni</b><br>НИКЕЛЬ<br>58,7    | 28 |  |
|                               | 5    | <b>Cu</b><br>МЕДЬ<br>63,546     | 29 | <b>Zn</b><br>ЦИНК<br>65,37      | 30 | <b>Ga</b><br>ГАЛЛИЙ<br>69,72    | 31  | <b>Ge</b><br>ГЕРМАНИЙ<br>72,59    | 32  | <b>As</b><br>МЫШЬЯК<br>74,922  | 33  | <b>Se</b><br>СЕЛЕН<br>78,96    | 34  | <b>Br</b><br>БРОМ<br>79,904     | 35  |                                |     |                                 |                              | <b>Kr</b><br>КРИПТОН<br>83,8   | 36 |  |
| 5                             | 6    | <b>Rb</b><br>РУБИДИЙ<br>85,468  | 37 | <b>Sr</b><br>СТРОНЦИЙ<br>87,62  | 38 | <b>Y</b><br>ИТРИЙ<br>88,906     | 39  | <b>Zr</b><br>ЦИРКОНИЙ<br>91,22    | 40  | <b>Nb</b><br>НИОБИЙ<br>92,906  | 41  | <b>Mo</b><br>МОЛИБДЕН<br>95,94 | 42  | <b>Tc</b><br>ТЕХНЕЦИЙ<br>(99)   | 43  | <b>Ru</b><br>РУТЕНИЙ<br>101,07 | 44  | <b>Rh</b><br>РОДИЙ<br>102,906   | 45                           | <b>Pd</b><br>ПАЛЛАДИЙ<br>106,4 | 46 |  |
|                               | 7    | <b>Ag</b><br>СЕРЕБРО<br>107,868 | 47 | <b>Cd</b><br>КАДМИЙ<br>112,41   | 48 | <b>In</b><br>ИНДИЙ<br>114,82    | 49  | <b>Sn</b><br>ОЛОВО<br>118,69      | 50  | <b>Sb</b><br>СУРЬМА<br>121,75  | 51  | <b>Te</b><br>ТЕЛЛУР<br>127,6   | 52  | <b>I</b><br>ИОД<br>126,905      | 53  |                                |     |                                 |                              | <b>Xe</b><br>КСЕНОН<br>131,3   | 54 |  |
| 6                             | 8    | <b>Cs</b><br>ЦЕЗИЙ<br>132,905   | 55 | <b>Ba</b><br>БАРИЙ<br>137,34    | 56 | 57–71<br>ЛАНТАНОИДЫ             | 72  | <b>Hf</b><br>ГАФИЙ<br>178,49      | 73  | <b>Ta</b><br>ТАНТАЛ<br>180,948 | 74  | <b>W</b><br>ВОЛЬФРАМ<br>183,85 | 75  | <b>Re</b><br>РЕНИЙ<br>186,207   | 76  | <b>Os</b><br>ОСМИЙ<br>190,2    | 77  | <b>Ir</b><br>ИРИДИЙ<br>192,22   | 78                           | <b>Pt</b><br>ПЛАТИНА<br>195,09 |    |  |
|                               | 9    | <b>Au</b><br>ЗОЛОТО<br>196,967  | 79 | <b>Hg</b><br>РУТУТЬ<br>200,59   | 80 | <b>Tl</b><br>ТАЛЛИЙ<br>204,37   | 81  | <b>Pb</b><br>СВИНЕЦ<br>207,19     | 82  | <b>Bi</b><br>ВИСМУТ<br>208,98  | 83  | <b>Po</b><br>ПОЛОНИЙ<br>[210]  | 84  | <b>At</b><br>АСТАТ<br>[210]     | 85  |                                |     |                                 |                              | <b>Rn</b><br>РАДОН<br>[222]    | 86 |  |
| 7                             | 10   | <b>Fr</b><br>ФРАНЦИЙ<br>[223]   | 87 | <b>Ra</b><br>РАДИЙ<br>[226]     | 88 | 89–103<br>АКТИНОИДЫ             | 104 | <b>Rf</b><br>РЕЗЕРФОРДИЙ<br>[261] | 105 | <b>Db</b><br>ДУБИЙ<br>[262]    | 106 | <b>Sg</b><br>СИБОРГИЙ<br>[263] | 107 | <b>Bh</b><br>БОРИЙ<br>[262]     | 108 | <b>Hn</b><br>ХАНИЙ<br>[265]    | 109 | <b>Mt</b><br>МЕЙТНЕРИЙ<br>[268] | 110                          |                                |    |  |
| ВЫСШИЕ ОКСИДЫ                 |      | $R_2O$                          |    | $RO$                            |    | $R_2O_3$                        |     | $RO_2$                            |     | $R_2O_5$                       |     | $RO_3$                         |     | $R_2O_7$                        |     | $RO_4$                         |     |                                 |                              |                                |    |  |
| ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ |      |                                 |    |                                 |    |                                 |     | $RH_4$                            |     | $RH_3$                         |     | $H_2R$                         |     | $HR$                            |     |                                |     |                                 |                              |                                |    |  |



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

|                                   |                                 |                                      |                                  |                                   |                                  |                                   |                                     |                                   |                                    |                                   |                                 |                                  |                                    |                                   |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 57 <b>La</b><br>ЛАНТАН<br>138,906 | 58 <b>Ce</b><br>ЦЕРИЙ<br>140,12 | 59 <b>Pr</b><br>ПРАЗЕОДИЙ<br>140,908 | 60 <b>Nd</b><br>НЕОДИМ<br>144,24 | 61 <b>Pm</b><br>ПРОМЕТИЙ<br>[145] | 62 <b>Sm</b><br>САМАРИЙ<br>150,4 | 63 <b>Eu</b><br>ЕВРОПИЙ<br>151,96 | 64 <b>Gd</b><br>ГАДОЛИНИЙ<br>157,25 | 65 <b>Tb</b><br>ТЕРБИЙ<br>158,926 | 66 <b>Dy</b><br>ДИСПРОЗИЙ<br>162,5 | 67 <b>Ho</b><br>ГОЛЬМИЙ<br>164,93 | 68 <b>Er</b><br>ЭРБИЙ<br>167,26 | 69 <b>Tm</b><br>ТУЛИЙ<br>168,934 | 70 <b>Yb</b><br>ИТТЕРБИЙ<br>173,04 | 71 <b>Lu</b><br>ЛЮТЕЦИЙ<br>174,97 |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|

## А К Т И Н О И Д Ы

|                                  |                                  |                                      |                               |                                  |                                   |                                   |                                |                                  |                                     |                                    |                                  |                                      |                                   |                                     |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 89 <b>Ac</b><br>АКТИНИЙ<br>[227] | 90 <b>Th</b><br>ТОРИЙ<br>232,038 | 91 <b>Pa</b><br>ПРОТАКТИНИЙ<br>[231] | 92 <b>U</b><br>УРАН<br>238,29 | 93 <b>Np</b><br>НЕПУНИЙ<br>[237] | 94 <b>Pu</b><br>ПЛУТОНИЙ<br>[244] | 95 <b>Am</b><br>АМЕРИЦИЙ<br>[243] | 96 <b>Cm</b><br>КУРИЙ<br>[247] | 97 <b>Bk</b><br>БЕРКЛИЙ<br>[247] | 98 <b>Cf</b><br>КАЛИФОРНИЙ<br>[251] | 99 <b>Es</b><br>ЭНШТЕЙНИЙ<br>[254] | 100 <b>Fm</b><br>ФЕРМИЙ<br>[257] | 101 <b>Md</b><br>МЕНДЕЛЕВИЙ<br>[258] | 102 <b>No</b><br>НОБЕЛИЙ<br>[259] | 103 <b>Lr</b><br>ЛОУРЕНСИЙ<br>[260] |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|



А.Е. Ферсман «Трудно найти для геохимии среди обобщений природы другой закон, который был бы столь плодотворным в ее исканиях, трудно найти правило, которое бы заключало в себе так много глубокого теоретического и практического смысла».

Этот закон используется в геохимической классификации элементов, при анализе величин радиусов элементов, ионов, других свойств элементов, при характеристике их технологических свойств, геохимических особенностей отдельных процессов.

**Закон Менделеева – это подлинный компас геохимика. Анализ научных и практических проблем на базе периодической системы – существенная особенность методологии геохимии.**

# История геохимии

- Алхимики
- Роберт Бойль (1627-1691) — создатель химии как науки
- Антуан Лоран Лавуазье (1743-1794) — история элементарных газов в земной коре, история воды
- Леклерк де Бюффон (1707-1788) — история самородных элементов
- М.В. Ломоносов (1711-1765) — геохимия природных тел



Три крупнейших открытия 19 века определили создание современной геохимии:

- 1 - **открытие спектрального анализа** в 1859 г. (Густав Роберт Кирхгофф и Роберт Вильгельм Бунзен);
- 2 - **открытие периодического закона.**

Менделеев впервые употребил в феврале 1869г, а в октябре 1871 дал окончательную формулировку Периодического закона: **«свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса»**

# Термин «геохимия»

Термин «геохимия» впервые был предложен работавшим в Швейцарии немецким химиком Кристианом Фридрихом Шёнбейном в 1838 году.



1799-1868

В 1842г он писал: «Уже несколько лет тому назад я публично высказал свое убеждение, что мы должны иметь геохимию, прежде чем может идти речь о настоящей геологической науке, которая, ясно, должна обращать внимание на химическую природу масс, составляющих наш земной шар, и на их происхождение по крайней мере столько же, сколько и на относительную древность этих образований и в них погребенных остатков допотопных растений и животных»

## Основатели геохимии:

**Фрэнк Уиглсуорт Кларк** (1847-1931). 1889г — работа «Относительная распространенность химических элементов». Впервые посчитано среднее содержание 10 химических элементов в земной коре на основе 880 химических анализов. В 1908 г издал «Date of Geochemistry», переиздававшуюся 5 раз. В 1924 г. вышла книга в соавторстве с Х.С Вашингтоном «Состав земной коры».

**Виктор Мориц Гольшмидт** (1888-1947). Серия его работ под названием «Геохимия элементов» (Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente) считается началом геохимии. Наиболее крупная его работа «Геохимия» вышла в свет после его смерти в 1954г.

# Владимир Иванович Вернадский

В 20-е годы читал курс лекций по геохимии в Праге и в Париже.

С деятельностью Вернадского связано начало дифференциации геохимии как науки по направлениям – создание **радиогеологии** и **биогеохимии**.

Он организатор Радиевого института, Украинской Академии наук, Комитета по метеоритам, биогеохимической лаборатории (сейчас Институт геохимии).

Работы: Биосфера, 1926; Очерки геохимии, 1927; Биогеохимические очерки, 1940; История природных вод, 1933-1936

# Александр Евгеньевич Ферсман

Впервые прочитал курс лекций по геохимии в 1912 г в Москве в институте Московском городском народном университете им.А.Л Шанявского.

В 1933-1939 гг опубликовал 4 тома «Геохимии» – первое систематическое изложение этой науки.

Развитие геохимии в СССР и России также связано с такими именами, как А.П. Виноградов, К.А. Власов, А.А. Сауков, А.И. Перельман, Н.А. Соловов, Л.Н. Овчинников, С.В. Григорян, Д.С. Коржинский, В.В. Щербина, Д.И. Щербаков, М.А. Глазовская, А.А. Беус и многие другие

Крупные исследования проводятся в США, Китае, Франции и других странах.

## **Современное состояние:**

Институт геохимии им. В.И. Вернадского

Институт геохимии им. А.П. Виноградова

Институт минералогии и геохимии редких элементов  
(ИМГРЭ)

ИГЕМ (Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии РАН)

ВСЕГЕИ (Всероссийский геологический институт)

ИГМ СО РАН (Институт геологии и минералогии им. В.  
С. Соболева)