

# *МИНЕРАЛОГИЯ*

## *УРАНА*

Group 1 Группа 1a													18 0			
Period	1.00794														4.002602	
1	1s <sup>1</sup> -259.14 -252.87 2.02/-														2 He 1s <sup>2</sup> -272.2 -268.93	12.3 eV Helium Гелий
Hydrogen Водород Hydrogenium																
2															16	
3 Li 4 Be															10 Ne	
[He]2s <sup>1</sup> 2s <sup>2</sup>															2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	
180.54 1278															-248.7	
1347 2970															-246.05	
0.98/0.97 1.57/1.47															10.6 eV	
Lithium Бериллий															Neon Неон	
22.989770 24.3050															39.948	
11 Na 12 Mg															18 Ar	
[Ne]3s <sup>1</sup> 3s <sup>2</sup>															3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	
97.86 648.8															-189.2	
883.15 1107															-185.7	
0.93/1.01 1.31/1.23															7.7 eV	
Sodium Натрий (Natrium)															Argon Аргон	
Magnesium Магний																
3 4 5 6 7 8 9 10 11 12															13 14 15 16 17	
IIb IVb Vb Vlb VIIb VIII Ib IIb															IIa IVa Va Via VIIa	
19 K 20 Ca 21 Sc 22 Ti 23 V 24 Cr 25 Mn 26 Fe 27 Co 28 Ni 29 Cu 30 Zn 31 Ga 32 Ge 33 As 34 Se 35 Br 36 Kr															5 B 6 C 7 N 8 O 9 F	
[Ar]4s <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>9</sup> 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>															2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	
63.65 839 1541 1670 1890 1857 1244 1535 1495 1453 1083.4 419.88 38.7 937.4 817 (3,7МПа) 217 58.78 -7.25 -156.6															2210 4827 -209.86 -218.4 -219.62 -248.7	
0.82/0.91 1.00/1.04 1.36/1.20 1.54/1.32 1.63/1.45 1.66/1.56 1.55/1.60 1.83/1.64 1.88/1.70 1.91/1.75 1.901/1.75 1.65/1.66 1.81/1.82 2.01/2.02 2.18/2.20 2.55/2.48 2.96/2.74 6.8 eV															2.04/2.01 2.55/2.50 3.04/3.07 3.44/3.50 3.98/4.10 10.6 eV	
Potassium Калий (Kalium)															Carbon Углерод Nitrogen Азот Oxygen Кислород Fluorine Фтор Neon Неон	
85.4678 87.62 88.90585 91.224 92.90638 95.94 (97) 101.07 102.90550 106.42 107.8682 112.411 114.818 118.710 121.760 127.60 126.90447 131.29															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
37 Rb 38 Sr 39 Y 40 Zr 41 Nb 42 Mo 43 Tc 44 Ru 45 Rh 46 Pd 47 Ag 48 Cd 49 In 50 Sn 51 Sb 52 Te 53 I 54 Xe															13 Al 14 Si 15 P 16 S 17 Cl 18 Ar	
[Kr]5s <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> 4d <sup>6</sup> 5s <sup>2</sup> 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> 4d <sup>9</sup> 5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>															3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	
38.89 769 1522 1852 2468 2617 2172 2310 1966 1552 961.93 320.9 156.78 231.88 630.5 449.5 113.5 -111.9 -107.1 -111.9															660.37 1412 2355 44.14 112.8 -100.98 -189.2	
0.82/0.89 0.95/0.99 1.22/1.11 1.33/1.22 1.61/1.23 2.16/1.30 1.91/1.36 2.21/1.42 2.21/1.5 2.21/1.4 1.91/1.4 1.71/1.5 1.96/1.7 2.05/1.8 2.1/2.0 2.66/2.2 5.85 eV															1.61/1.47 1.90/1.74 2.19/2.06 2.58/2.44 3.16/2.83 3.7 eV	
Rubidium Рубидий															Silicon Кремний Phosphorus Фосфор Sulphur Сера (Sulfur) Chlorine Хлор Argon Аргон	
132.90545 137.327 138.9055 178.46 180.9479 183.84 186.207 190.23 192.217 195.078 196.96655 200.59 204.3833 207.2 208.98038 (210) (210) (222)															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
55 Cs 56 Ba 57 La 72 Hf 73 Ta 74 W 75 Re 76 Os 77 Ir 78 Pt 79 Au 80 Hg 81 Tl 82 Pb 83 Bi 84 Po 85 At 86 Rn															13 Al 14 Si 15 P 16 S 17 Cl 18 Ar	
[Xe]6s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>8</sup> 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>															3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	
28.5 725 920 2227 2396 3410 3180 3045 2410 1773.5 1064.43 38.86 271.3 320.9 156.78 231.88 630.5 449.5 113.5 -111.9 -107.1 -111.9															660.37 1412 2355 44.14 112.8 -100.98 -189.2	
0.79/0.86 0.89/0.97 1.10/1.08 1.31/1.23 1.51/1.33 1.71/1.40 Tungsten (Wolfram) 1.91/1.46 2.21/1.52 2.21/1.6 2.21/1.4 2.54/1.42 1.91/1.5 1.62/1.44 2.33/1.55 2.02/1.67 2.01/1.76 2.21/1.86 5.1 eV															1.61/1.47 1.90/1.74 2.19/2.06 2.58/2.44 3.16/2.83 3.7 eV	
Caesium Цезий (Cesium)															Silicon Кремний Phosphorus Фосфор Sulphur Сера (Sulfur) Chlorine Хлор Argon Аргон	
Barium Барий Lanthanum Лантан Hafnium Гафний Tantalum Тантал Wolfram Вольфрам Wolframium Rhenium Рений Osmium Осмий Iridium Иридий Platinum Платина Gold Золото (Aurum) Mercury Ртуть (Hydrargyrum) Thallium Таллий Lead Свинец (Plumbum) Bismuth Висмут Bismuthum Polonium Полоний Astatine Астат Astatinum Radon Радон															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
(223) (226) (227) (261) (262) (263) (264) (265) (268) (269) ( ) (277) ( ) (289) © Р.С.Сайфуллин, А.Р.Сайфуллин, 2004 © R.S.Saifullin, A.R.Saifullin, 2004															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
87 Fr 88 Ra 89 Ac 104 Rf 105 Db 106 Sg 107 Bh 108 Hs 109 Mt 110 Uun 111 Uuu 112 Uub 113 Unt 114 Uuq															13 Al 14 Si 15 P 16 S 17 Cl 18 Ar	
[Rn]7s <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>															3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	
27 970 1050 1140 1.1/1.0 0.89/0.97															660.37 1412 2355 44.14 112.8 -100.98 -189.2	
0.7/0.86 0.89/0.97 1.1/1.0															1.61/1.47 1.90/1.74 2.19/2.06 2.58/2.44 3.16/2.83 3.7 eV	
Francium Франций Radium Радий Actinium Актиний Rutherfordium Резерфордий Dubnium Дубний Seaborgium Сиборгий Bohrium Борий Hassium Хассий Meitnerium Мейтнерий Ununnilium Унуннилий Unununium Унунуний Ununbium Унунбий Ununtrium Унунтрий Ununquadium Унунквадий															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1995) * Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (число нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1995).															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
( ) Alternative english name ( ) Американское написание ( ) Альтернативное английское название ( ) Американское написание названия элемента															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
140.116 140.90765 144.24 (145) 150.36 151.964 157.25 158.92534 162.50 164.93032 167.26 168.93421 173.04 174.967															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
58 Ce 59 Pr 60 Nd 61 Pm 62 Sm 63 Eu 64 Gd 65 Tb 66 Dy 67 Ho 68 Er 69 Tm 70 Yb 71 Lu															26.981538 28.0855 30.97376 32.066 35.4527 39.948	
4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>																

# Уран

1789 год - немецкий химик М.Г. Клапрот восстановил извлечённую из саксонской смоляной руды золотисто-жёлтую «землю» до чёрного металлоподобного вещества и (считая новое вещество элементом) в честь недавно открытой планеты назвал ураном. Только в 1841 г. французский химик Э.М. Пелиго доказал, что уран Клапрота не элемент, а оксид  $\text{UO}_2$  и выделил металлический U.

*Соединения U долгое время применялись в качестве ярких красок для живописи по фарфору, для керамических глазурей, эмалей и в стекольной промышленности!*

В 1896 г. французский химик А.А. Беккерель случайно открыл «лучи Беккереля», которые позже М.Кюри переименовала в радиоактивность.

Э. Резерфорд провёл в 1907 г. первые опыты по определению возраста минералов при изучении радиоактивных U и Th. **ВПЕРВЫЕ ПОЯВИЛАСЬ ВОЗМОЖНОСТЬ АБСОЛЮТНОЙ ОЦЕНКИ ВОЗРАСТА ЗЕМЛИ!**

В конце 30-х годов были открыты деление U при захвате свободных нейтронов и цепная реакция. Вторая половина XX века - получения ядерного оружия, создание ядерной энергетики.



# Уран

На данный момент известно более 20 радиоактивных изотопа урана с массовыми числами от 217 до 242.

В природе установлено только 3 радиоактивных изотопа:

$^{238}\text{U}$  (99,2739%,  $T_{1/2}=4,51 \cdot 10^9$  лет)

$^{235}\text{U}$  (0,7205%,  $T_{1/2}=7 \cdot 10^8$  лет)

$^{234}\text{U}$  (0,0056%,  $T_{1/2}=7 \cdot 10^8$  лет)

$^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  – родоначальники радиоактивных рядов распада,  $^{234}\text{U}$  – входит в семейство  $^{238}\text{U}$ .

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Th} \rightarrow ^{234}\text{Pa} \rightarrow ^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th} \rightarrow ^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{216}\text{Po} \rightarrow ^{214}\text{Bi} \rightarrow$   
 $^{214}\text{Po} (^{210}\text{Tl} \text{ } 0,02\%) \rightarrow ^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} (^{206}\text{Tl} \text{ } 0,0013\%) \rightarrow ^{206}\text{Pb}$

$^{235}\text{U} \rightarrow ^{231}\text{Th} \rightarrow ^{231}\text{Pa} \rightarrow ^{227}\text{Ac} \rightarrow ^{227}\text{Th} \rightarrow ^{223}\text{Ra} \rightarrow ^{219}\text{Rn} \rightarrow ^{215}\text{Po} \rightarrow ^{211}\text{Pb} \rightarrow$   
 $^{211}\text{Bi} \rightarrow ^{211}\text{Po} (^{207}\text{Tl}) \rightarrow ^{207}\text{Pb}$

Конечными продуктами распада являются Pb и He.

# Минералогия урана

Среднее содержание U в земной коре  $3 \cdot 10^{-4}$  вес. %.

Известно более 260 минералов U.

Минералы подразделяют на соединения 4-валентного и 6-валентного U.

Различия столь велики, что  $U^{4+}$  и  $U^{6+}$  каждый образует группу соединений, которые кристаллохимически следует рассматривать отдельно.

# Минералы $U^{4+}$

$U^{4+}$  образует узкий круг минералов (около 10), из которых широко известны три:

*уранинит  $UO_2$  (ториевый аналог - торинит  $ThO_2$ )*  
*браннерит  $UTi_2O_6$*   
*коффинит  $USiO_4$*

Также известны редкие фосфаты  $U^{4+}$

Широко развит изоморфизм  $U^{4+} \leftrightarrow Th, REE$ .

$U^{4+}$  окисляется (самоокисление) до  $U^{6+}$ , в минералах  $U^{4+}$  постоянно присутствует примесь  $U^{6+}$ .

**Уранинит, браннерит и коффинит - важнейшие руды на U!**

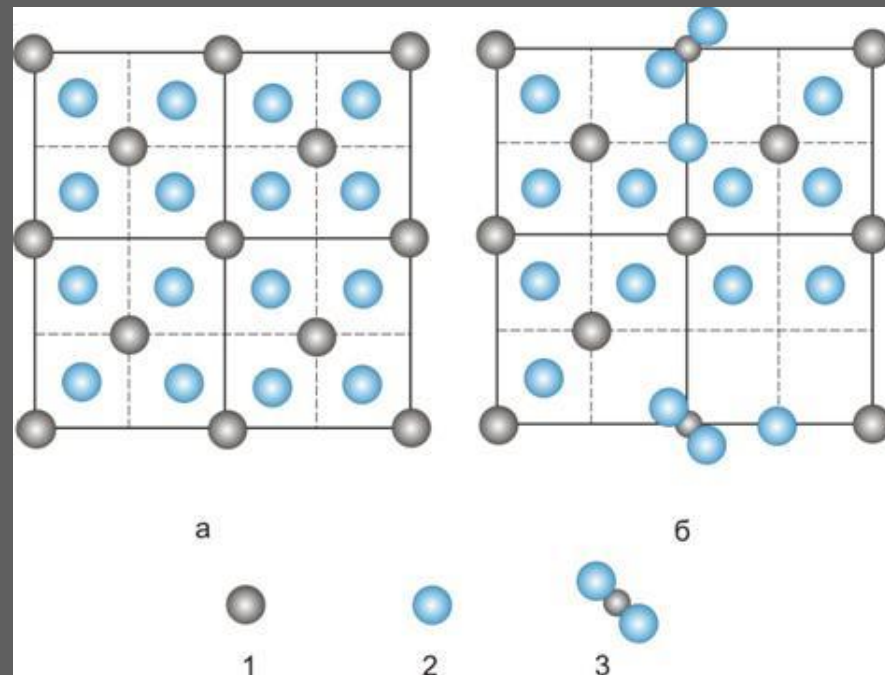
# Уранинит

Открыт в Яхимове (Чехия).

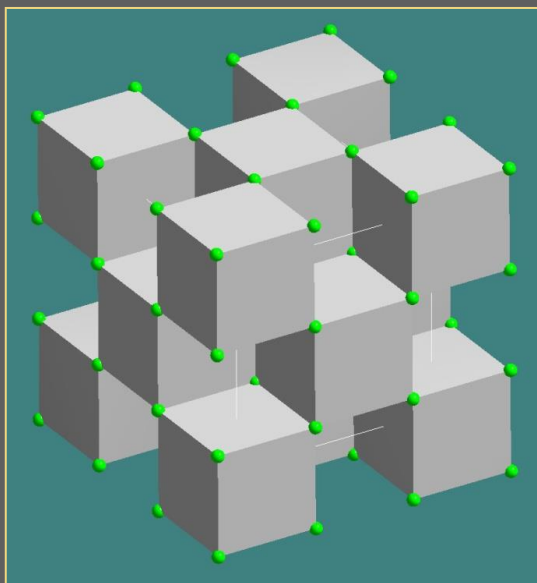
Реальная формула уранинита



$\text{U}^{6+}$  - продукт самоокисления,  
 $\text{Pb}$  - конечный продукт распада  $\text{U}$   
(присутствуют также все промежуточные продукты распада) и лишь  $\text{Th}$  и  $\text{REE}$  – изоморфные примеси.



<http://mineral.nsu.ru/>



а - структура уранинита флюоритового типа (ПКУ  $\text{U}^{4+}$ , все ТП в которой заняты  $\text{O}^{2-}$ ; КЧ  $\text{U}^{4+}=8$ , КЧ  $\text{O}^{2-}=4$ ); б – структура окисленного уранинита переходящего в настуран. При окислении в структуру входит дополнительный кислород, который помещается в межузельное пространство (1- $\text{U}^{4+}$ ; 2- $\text{O}^{2-}$ ; 3- $(\text{U}^{6+}\text{O}_2)^{2+}$ ).

# Уранинит

## Формы выделения:

- кристаллы
- скрытокристаллические агрегаты - настуран (урановая смолка)
- сажистые агрегаты - урановая чернь



Кристаллы уранинита, США.



# Уранинит



Настуран.  
Саксония, Германия.



Настуран.  
Pribram, Central Bohemia  
Region, Bohemia, Czech  
Republic (Чехия)  
<http://webmineral.ru>

# Коффинит $\text{U}[\text{SiO}_4]$



Коффинит, Нью-Мексико, США

В структурном типе циркона кристаллизуются коффинит  $\text{U}[\text{SiO}_4]$ , торит  $\text{Th}[\text{SiO}_4]$ , гафнон  $\text{Hf}[\text{SiO}_4]$ , стетиндит-(Ce)  $\text{Ce}^{4+}\text{SiO}_4$ .

Изоструктурен с цирконом ксенотим, а также ангидрит.

Коффинит — важнейший рудный минерал на U. Был открыт только в 1954 из-за крайней нестабильности (обычно разрушается с образованием смеси свинцовых и урановых фаз).

# Браннерит $UTi_2O_6$



Iragna, Lodrino, Riviera, Ticino,  
Switzerland  
[mindat.org](http://mindat.org)



Gastein valley, Salzburg,  
Austria  
[mindat.org](http://mindat.org)

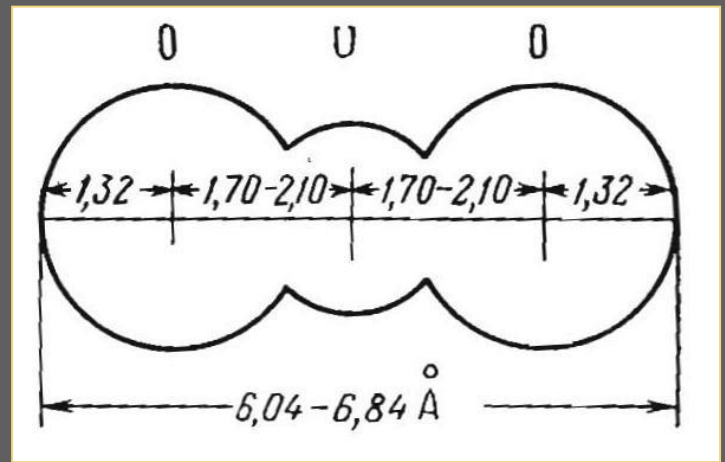


# Минералы $U^{6+}$

Большинство минералов урана — минералы с  $(UO_2)^{2+}$

Гипергенная минералогия урана — это практически только минералогия уранила!

$U^{6+}$  не замещается ни одним из катионов. Эта специфика связана с уникальной способностью  $U^{6+}$  к образованию иона уранила  $(UO_2)^{2+}$



Конфигурация и размеры уранильной группы.

Широчайший спектр минералов уранила. Известны силикаты, карбонаты, сульфаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, молибдаты, оксиды.



# Минералы $U^{6+}$

Минералы, образованные одновременно четырех- и шестивалентным ураном (окислы) обычно черные или серые с черной и почти черной чертой.

Минерал четырехвалентного урана (лермонтовит) имеет темный зеленовато-серый цвет.

Минералы шестивалентного урана (гидроокислы, карбонаты, уранилсиликаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, сульфаты) ярко и светло окрашены в желтые, бурые, красные или зеленые тона различных оттенков.



Уранинит



Тюямунит



# Минералы $U^{6+}$

- Из урановых минералов люминесцируют лишь соединения шестивалентного урана, в состав которых уран входит в форме уранила  $(UO_2)^{2+}$ . Минералы четырехвалентного урана не люминесцируют.
- Люминесценция урановых минералов обычно наблюдается в длинноволновых УФ лучах. Люминесценция характеризуется зелеными и желтыми тонами различных оттенков.
- Из элементов анионного комплекса люминесценцию гасят или значительно ослабляют Si и V, поэтому силикаты и ванадаты не люминесцируют или люминесцируют слабо. Карбонаты, сульфат-карбонаты, фосфаты, арсенаты и сульфаты люминесцируют отчетливо.
- Минералы, содержащие в своём составе медь, железо, иногда марганец, свинец и висмут, как правило не люминесцируют.

# Силикаты уранила



Уранофан  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
по ураниниту. Shinkolobwe,  
Katanga, ДР Конго



Уранофан-бета  
 $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
Roessling, Erongo, Намибия



Болтвудит  $(\text{K}, \text{Na})(\text{UO}_2)[\text{HSiO}_4] \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$   
Roessling, Erongo, Намибия



Казолит  $\text{Pb}(\text{UO}_2)[\text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
Swambo Hill, Katanga, ДР Конго  
*(Не путать с козалитом!)*

# Карбонаты и оксиды уранила

Шрёкингерит  $\text{NaCa}_3(\text{UO}_2)(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)_3\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$



Murialdo, Лигурия, Италия



люминесценция в УФ лучах  
Lost Creek, Вайоминг, США



Желтый шёпит  $(\text{UO}_2)_8\text{O}_2(\text{OH})_{12} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
замещает черный янтинит  
 $\text{U}^{4+}_2(\text{U}^{6+}\text{O}_2)_4\text{O}_6(\text{OH})_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$   
Menzenschwand, Schwarzwald,  
Германия



# Урановые слюдки

Семейство урановых слюдок – около 60 минералов



Это водосодержащие, преимущественно, арсенаты, ванадаты и фосфаты  $(UO_2)^{2+}$  с Ca, Cu, K, а также Pb, Ba, Na,  $Fe^{2+}$ , Mg

Большинство минералов имеют субслоистую структуру. Между слоями, сложенными тетраэдрическими анионными группировками и  $(UO_2)^{2+}$  располагаются крупные катионы и молекулы воды. Следствие - совершенная слюдоподобная спайность в одном направлении.

# Урановые слюдки

Изоморфизм в урановых слюдках часто связан не с замещением катионов межслоевого пространства, а с чередованием пакетов с различным межслоевым наполнением.

Богатые водой урановые слюдки нередко подвергаются дегидратации. Воду урановых слюдок нельзя рассматривать как цеолитную, т.к. в результате потери части воды меняется структура и некоторые физические свойства минералов (плотность, показатели преломления и т.д.). При дегидратации образуются метаформы (названия минералов получают приставку «мета»).

*отенит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ , метаотенит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$*

*торбернит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , метаторбернит  
 $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$*

*тюямунит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , метатюямунит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$*

*Почти все урановые слюдки образуются в зонах окисления урановых месторождений.*

# УРАНОВЫЕ СЛЮДКИ

## Фосфаты

- Отенит



- Торбернит



## Арсенаты

- Ураноспинит



- Цейнерит



## Ванадаты

- Тюямунит



- Карнотит



# Торбернит и отенит



Торбернит. Провинция  
Катанга, Конго



Торбернит, Конго



Отенит. Франция.



# Тюямунит



Тюямунит, США



# Карнотит



Карнотит, США

# Генетические типы месторождений U

Важнейшая особенность поведения U:

1) минералы  $U^{4+}$  типичны для восстановительных обстановок, а минералы  $U^{6+}$  для окислительных

2) в водных растворах U подвижен в степени окисления  $6+$ .

Восстановление урана до  $U^{4+}$  приводит к его отложению.

Возможные восстановители для U:  $S^{2-}$ ,  $Se^{2-}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $As^{n-}$ , а также органика.

Некоторые геологические закономерности контроля гидротермальных урановых руд, связанные с восстановлением урана:

- частое отложение U руд в пиритизированных горных породах;
- приуроченность руд к породам, содержащим органические остатки и обогащенным углеродистыми соединениями;
- типичные настурановые парагенезисы с сульфидами, селенидами и мышьяковистыми минералами;
- литологический контроль U оруденения породами с повышенным количеством железосодержащих темноцветных минералов; окolorудное покраснение пород, отмечаемое как поисковый признак, сопровождающее урановое рудоотложение:  
$$UO_2^{2+} \rightarrow 2Fe^{2+} \rightarrow UO_2 + 2Fe^{3+}.$$

# Генетические типы месторождений U

Пегматиты (уранинит)

Метасоматически измененные граниты (браннерит)

Грейзены, гидротермальные образования (уранинит, коффинит)

Месторождения в метаморфических толщах (уранинит)

Экзогенные месторождения

- зоны окисления (урановые слюдки)
- осадочные
- инфильтрационные месторождения (уранинит, коффинит)



# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ УРАНА

Все минералы — источник сырья для сплавов и материалов.

Только U и Th — источник энергии, вместе с углеводородами (нефтью, газом углем). Это конечные ресурсы минерального топлива, накопленного геологической историей планеты.

Обедненный U используется для радиационной защиты, а также как материал высокой плотности (металлический уран имеет плотность около  $19 \text{ г/см}^3$ ) - балласты, сердечники снарядов и т.д.