

МИНЕРАЛОГИЯ УРАНА

Группа 1 Группа 1a	1.00794	1 H	1s ¹	18 0
1 1s ¹	-259.14	2 H	2s ²	4.002602
	-252.87	3 He	2s ²	2 He
	2.02/-	4 He	2s ²	1s ² <-272.2
Hydrogen		5 He	2s ²	-268.93
Водород		6 He	2s ²	12.3 eV
Hydrogenum		7 He	2s ²	Нелиций
2 2s ²	6.941	8 He	2s ²	Гелий
3 3s ¹	9.012182	9 He	2s ²	20.1797
4 3p ¹	180.54	10 Ne	2s ² 2p ⁶	2s ² 2p ⁶ -248.7
Lithium	1347	11 Na	2s ² 2p ⁶	2s ² 2p ⁶ -246.05
Литий	0.98/0.97	12 Mg	2s ² 2p ⁶	10.6 eV
Beryllium	1.57/1.47	13 Al	3s ² 3p ¹	Neon
Бериллий		14 Si	3s ² 3p ²	Неон
22.989770	24.3050	15 P	3s ² 3p ³	18 Ar
11 3s ¹	97.86	16 S	3s ² 3p ⁴	18 Ar
	883.15	17 Cl	3s ² 3p ⁵	18 Ar
	0.93/1.01	18 Ar	3s ² 3p ⁶	18 Ar
Sodium				39.948
Натрий				83.80
(Натрій)				83 K
Magnesium				3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
Магній				3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3 3s ²	40.078	19 K	20 Ca	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
4s ²	44.955910	21 Sc	22 Ti	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹ 4s ²	47.867	23 V	24 Cr	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ² 4s ²	50.9415	25 Mn	26 Fe	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³ 4s ²	51.9961	27 Co	28 Ni	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴ 4s ²	54.938046	29 Cu	30 Zn	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵ 4s ²	55.845	31 Ga	32 Ge	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶ 4s ²	58.933200	33 As	34 Se	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷ 4s ²	58.6934	35 Br	36 Kr	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸ 4s ²	63.546	36 Kr	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹ 4s ²	65.39	37 Rb	38 Sr	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰ 4s ²	69.723	39 Y	40 Zr	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹ 4s ²	72.61	41 Nb	42 Mo	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹² 4s ²	74.92160	43 Tc	44 Ru	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹³ 4s ²	78.96	45 Rh	46 Pd	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁴ 4s ²	79.904	47 Ag	48 Cd	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁵ 4s ²	83.80	49 In	50 Sn	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁶ 4s ²	83 A	51 Sb	52 Te	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁷ 4s ²	83 Br	53 I	54 Xe	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁸ 4s ²	83 Rn	55 Cs	56 Ba	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁹ 4s ²	88.90585	57 La	72 Hf	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁰ 4s ²	91.224	73 Ta	74 W	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²¹ 4s ²	92.90638	75 Re	76 Os	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²² 4s ²	95.94	77 Ir	78 Pt	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²³ 4s ²	(97)*	79 Au	80 Hg	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁴ 4s ²	101.07	81 Ti	82 Pb	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁵ 4s ²	102.90550	83 Bi	84 Po	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁶ 4s ²	106.42	85 At	86 Rn	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁷ 4s ²	107.86862	87 Fr	88 Ra	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁸ 4s ²	112.411	89 Ac	104 Rf	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ²⁹ 4s ²	114.818	105 Db	106 Sg	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁰ 4s ²	118.710	107 Bh	108 Hs	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³¹ 4s ²	121.760	109 Mt	110 Un	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³² 4s ²	127.60	111 Uuu	112 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³³ 4s ²	128.90047	113 Unt	114 Uuo	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁴ 4s ²	131.29	115 Uup	116 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁵ 4s ²	(210)	117 Uuu	118 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁶ 4s ²	(210)	119 Uup	120 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁷ 4s ²	(222)	121 Uuu	122 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁸ 4s ²	(222)	123 Uup	124 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ³⁹ 4s ²	(222)	125 Uuu	126 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁰ 4s ²	(222)	127 Uup	128 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴¹ 4s ²	(222)	129 Uuu	130 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴² 4s ²	(222)	131 Uup	132 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴³ 4s ²	(222)	133 Uuu	134 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁴ 4s ²	(222)	135 Uup	136 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁵ 4s ²	(222)	137 Uuu	138 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁶ 4s ²	(222)	139 Uup	140 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁷ 4s ²	(222)	141 Uuu	142 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁸ 4s ²	(222)	143 Uup	144 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁴⁹ 4s ²	(222)	145 Uuu	146 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁰ 4s ²	(222)	147 Uup	148 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵¹ 4s ²	(222)	149 Uuu	150 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵² 4s ²	(222)	151 Uup	152 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵³ 4s ²	(222)	153 Uuu	154 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁴ 4s ²	(222)	155 Uup	156 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁵ 4s ²	(222)	157 Uuu	158 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁶ 4s ²	(222)	159 Uup	160 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁷ 4s ²	(222)	161 Uuu	162 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁸ 4s ²	(222)	163 Uup	164 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁵⁹ 4s ²	(222)	165 Uuu	166 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁰ 4s ²	(222)	167 Uup	168 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶¹ 4s ²	(222)	169 Uuu	170 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶² 4s ²	(222)	171 Uup	172 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶³ 4s ²	(222)	173 Uuu	174 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁴ 4s ²	(222)	175 Uup	176 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁵ 4s ²	(222)	177 Uuu	178 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁶ 4s ²	(222)	179 Uup	180 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁷ 4s ²	(222)	181 Uuu	182 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁸ 4s ²	(222)	183 Uup	184 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁶⁹ 4s ²	(222)	185 Uuu	186 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁰ 4s ²	(222)	187 Uup	188 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷¹ 4s ²	(222)	189 Uuu	190 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷² 4s ²	(222)	191 Uup	192 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷³ 4s ²	(222)	193 Uuu	194 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁴ 4s ²	(222)	195 Uup	196 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁵ 4s ²	(222)	197 Uuu	198 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁶ 4s ²	(222)	199 Uup	200 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁷ 4s ²	(222)	201 Uuu	202 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁸ 4s ²	(222)	203 Uup	204 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁷⁹ 4s ²	(222)	205 Uuu	206 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁰ 4s ²	(222)	207 Uup	208 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸¹ 4s ²	(222)	209 Uuu	210 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸² 4s ²	(222)	211 Uup	212 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸³ 4s ²	(222)	213 Uuu	214 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁴ 4s ²	(222)	215 Uup	216 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁵ 4s ²	(222)	217 Uuu	218 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁶ 4s ²	(222)	219 Uup	220 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁷ 4s ²	(222)	221 Uuu	222 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁸ 4s ²	(222)	223 Uup	224 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁸⁹ 4s ²	(222)	225 Uuu	226 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁰ 4s ²	(222)	227 Uup	228 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹¹ 4s ²	(222)	229 Uuu	230 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹² 4s ²	(222)	231 Uup	232 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹³ 4s ²	(222)	233 Uuu	234 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁴ 4s ²	(222)	235 Uup	236 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁵ 4s ²	(222)	237 Uuu	238 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁶ 4s ²	(222)	239 Uup	240 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁷ 4s ²	(222)	241 Uuu	242 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁸ 4s ²	(222)	243 Uup	244 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ⁹⁹ 4s ²	(222)	245 Uuu	246 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁰ 4s ²	(222)	247 Uup	248 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰¹ 4s ²	(222)	249 Uuu	250 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰² 4s ²	(222)	251 Uup	252 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰³ 4s ²	(222)	253 Uuu	254 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁴ 4s ²	(222)	255 Uup	256 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁵ 4s ²	(222)	257 Uuu	258 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁶ 4s ²	(222)	259 Uup	260 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁷ 4s ²	(222)	261 Uuu	262 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁸ 4s ²	(222)	263 Uup	264 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹⁰⁹ 4s ²	(222)	265 Uuu	266 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁰ 4s ²	(222)	267 Uup	268 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹¹ 4s ²	(222)	269 Uuu	270 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹² 4s ²	(222)	271 Uup	272 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹³ 4s ²	(222)	273 Uuu	274 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁴ 4s ²	(222)	275 Uup	276 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁵ 4s ²	(222)	277 Uuu	278 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁶ 4s ²	(222)	279 Uup	280 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁷ 4s ²	(222)	281 Uuu	282 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁸ 4s ²	(222)	283 Uup	284 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹¹⁹ 4s ²	(222)	285 Uuu	286 Uub	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
3d ¹²⁰ 4s ²	(222)	287 Uup	288 Uut	3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ </td

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

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

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

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

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

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

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 - торианит 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).

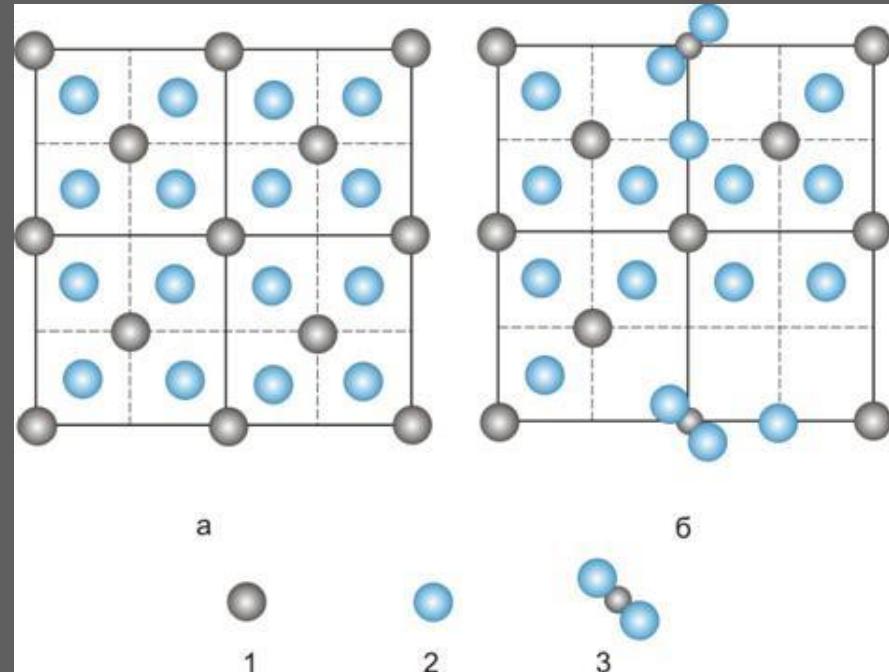
Реальная формула уранинита



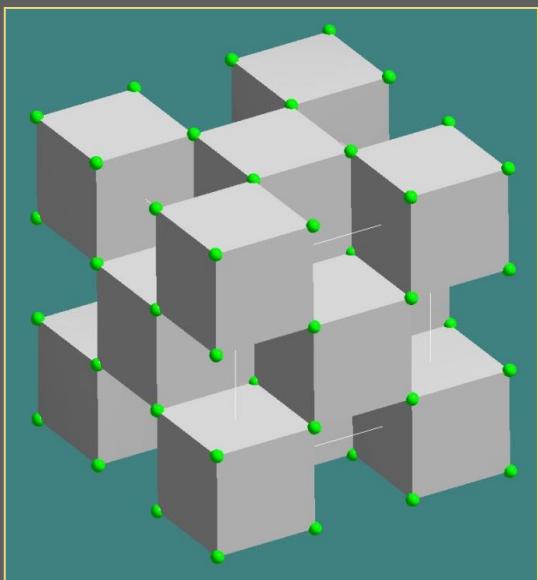
U^{6+} - продукт самоокисления,

Pb - конечный продукт распада U

(присутствуют также все промежуточные продукты распада) и лишь Th и REE – изоморфные примеси.



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



а - структура уранинита флюоритового типа (ПКУ U^{4+} , все ТП в которой заняты O^{2-} ; КЧ $U^{4+}=8$, КЧ $O^{2-}=4$); б – структура окисленного уранинита переходящего в настуран. При окислении в структуру входит дополнительный кислород, который помещается в межузельное пространство (1- U^{4+} ; 2- O^{2-} ; 3- $(U^{6+}O_2)^{2+}$).

Уранинит

Формы выделения:

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



Кристаллы уранинита, США.

Уранинит



Настуран.
Саксония, Германия.



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

Коффинит $U[SiO_4]$

В структурном типе циркона кристаллизуются коффинит $U[SiO_4]$, торит $Th[SiO_4]$, гафнон $Hf[SiO_4]$, стетиндит-(Ce) $Ce^{4+}SiO_4$.

Изоструктурен с цирконом ксенотитом, а также ангидритом.



Коффинит, Нью-Мексико, США

Коффинит – важнейший рудный минерал на У. 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

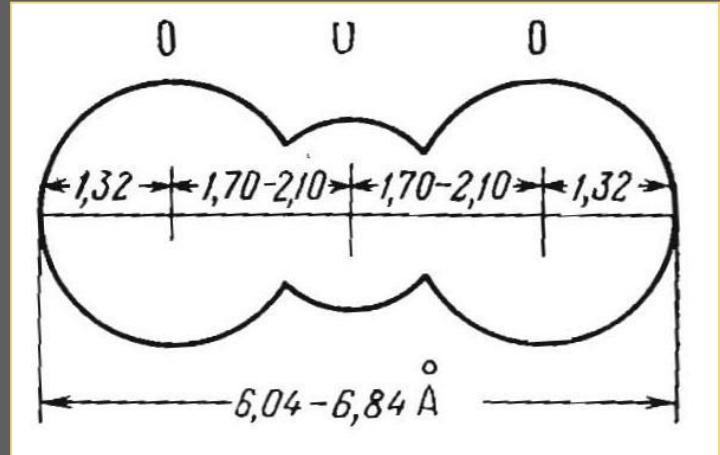
Gastein valley, Salzburg,
Austria
mindat.org

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 уриила

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 $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 11H_2O$, метаотенит $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 6H_2O$

торбернит $Cu(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 12H_2O$, метаторбернит $Cu(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$

тюямуният $Ca(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 8H_2O$, метатюямуният $Ca(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 3H_2O$

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; оклорудное 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 (броннерит)

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 г/см³) - баласты, сердечники снарядов и т.д.