

# Презентация по теме «Металлы» «Уран»



*Работа Садковского  
Ивана 9 «В»*

# Уран-(устаревший вариант ураний)-

- химический элемент с атомным номером 92 в периодической системе, атомная масса 238,029; обозначается символом **U** (лат. Uranium), относится к семейству актиноидов.
- **Физические свойства:** Уран — очень тяжёлый, серебристо-белый глянцеватый металл. В чистом виде он немного мягче стали, ковкий, гибкий, обладает небольшими парамагнитными свойствами
- Степени окисления урана-6,5,4 и 3.

# Химические свойства урана

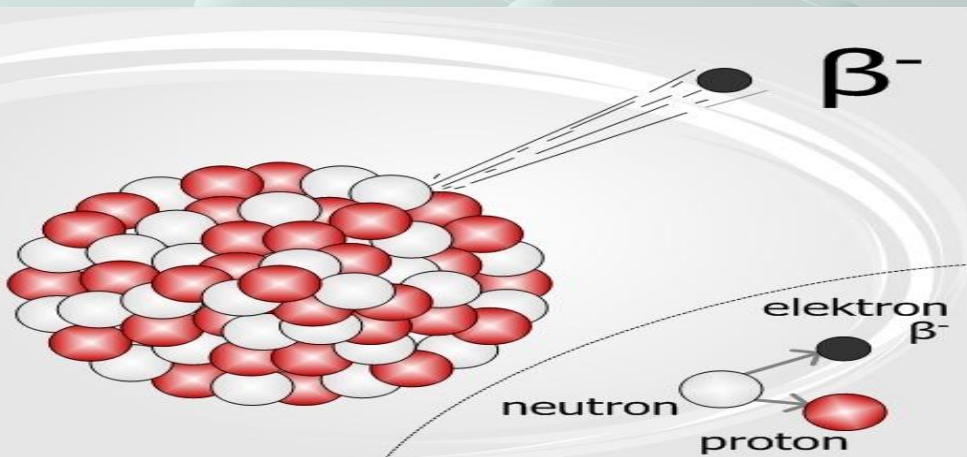
- Уран может проявлять степени окисления от +III до +VI. Соединения урана(III) образуют неустойчивые растворы красного цвета и являются сильными восстановителями:
- $4\text{UCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{UCl}_4 + \text{UO}_2 + \text{H}_2\uparrow$
- Соединения урана(IV) являются наиболее устойчивыми и образуют водные растворы зелёного цвета.
- Соединения урана(V) неустойчивы и легко диспропорционируют в водном растворе:
- $2\text{UO}_2\text{Cl} \rightarrow \text{UO}_2\text{Cl}_2 + \text{UO}_2$
- Химически уран очень активный металл. Быстро окисляясь на воздухе, он покрывается радужной пленкой оксида. Мелкий порошок урана самовоспламеняется на воздухе, он загорается при температуре 150—175 °С, образуя  $\text{U}_3\text{O}_8$ . При 1000 °С уран соединяется с азотом, образуя желтый нитрид урана. Вода способна разъедать металл, медленно при низкой температуре, и быстро при высокой, а также при мелком измельчении порошка урана. Уран растворяется в соляной, азотной и других кислотах, образуя четырёхвалентные соли, зато не взаимодействует с щелочами. Уран вытесняет водород из неорганических кислот и солевых растворов таких металлов, как ртуть, серебро, медь, олово, платина и золото. При сильном встряхивании металлические частицы урана начинают светиться. Уран имеет четыре степени окисления — III—VI. Шестивалентные соединения включают в себя триокись урана (окись уранила)  $\text{UO}_3$  и уранилхлорид урана  $\text{UO}_2\text{Cl}_2$ . Тетрахлорид урана  $\text{UCl}_4$  и диоксид урана  $\text{UO}_2$  — примеры четырёхвалентного урана. Вещества, содержащие четырёхвалентный уран, обычно нестабильны и обращаются в шестивалентные при длительном пребывании на воздухе. Ураниловые соли, такие как уранилхлорид, распадаются в присутствии яркого света или органики.

# История

- Ещё в древнейшие времена (I век до нашей эры) природная окись урана использовалась для изготовления жёлтой глазури для керамики. Исследования урана развивались, подобно порождаемой им цепной реакции. Вначале сведения о его свойствах, как и первые импульсы цепной реакции, поступали с большими перерывами, от случая к случаю. Первая важная дата в истории урана — 1789 год, когда немецкий натурфилософ и химик Мартин Генрих Клапрот восстановил извлечённую из саксонской смоляной руды золотисто-жёлтую «землю» до чёрного металлоподобного вещества. В честь самой далёкой из известных тогда планет (открытой Гершелем восемью годами раньше) Клапрот, считая новое вещество элементом, назвал его ураном. Пятьдесят лет уран Клапрота числился металлом. Только в 1841 г. Эжен Мелькиор Пелиго [(Eugene-Melchior Péligot) — французский химик (1811—1890) доказал, что, несмотря на характерный металлический блеск, уран Клапрота не элемент, а окисел  $UO_2$ . В 1840 г. Пелиго удалось получить настоящий уран — тяжёлый металл серо-стального цвета и определить его атомный вес.

# История

- Следующий важный шаг в изучении урана сделал в 1874 г. Д. И. Менделеев. Опираясь на разработанную им периодическую систему, он поместил уран в самой дальней клетке своей таблицы. Прежде атомный вес урана считали равным 120. Великий химик удвоил это значение.(!) Через 12 лет предвидение Менделеева было подтверждено опытами немецкого химика Циммермана.
- Изучение урана началось с 1896: французский химик Антуан Анри Беккерель случайно открыл Лучи Беккереля, которые позже Мария Кюри переименовала в радиоактивность. В это же время французскому химику Анри Муассану удалось разработать способ получения чистого металлического урана. В 1899 г. Резерфорд обнаружил, что излучение урановых препаратов неоднородно, что есть два вида излучения — альфа- и бета-лучи. Они несут различный электрический заряд; далеко не одинаковы их пробег в веществе и ионизирующая способность. Чуть позже, в мае 1900 г., Поль Вийар открыл третий вид излучения — гамма-лучи.



# История

- Эрнест Резерфорд провёл в 1907 г. первые опыты по определению возраста минералов при изучении радиоактивных урана и тория [4] на основе созданной им совместно с Фредериком Содди (Soddy, Frederick, 1877—1956; Нобелевская премия по химии, 1921) теории радиоактивности. В 1913 г. Ф. Содди ввёл понятие об изотопах (от греч.  $\text{ισος}$  — «равный», «одинаковый», и  $\text{τόπος}$  — «место»), а в 1920 г. предсказал, что изотопы можно использовать для определения геологического возраста горных пород. В 1928 г. Ниггот реализовал, а в 1939 г. А.О.К.Нир (Nier, Alfred Otto Carl, 1911 — 1994) создал первые уравнения для расчёта возраста и применил масс-спектрометр для разделения изотопов.
- В 1938 немецкие физики Отто Ган и Фриц Штрассман открыли непредсказанное явление, происходящем с ядром урана при облучении его нейтронами. Захватывая свободный нейтрон, ядро изотопа урана  $^{235}\text{U}$  делится, при этом выделяется (в расчете на одно ядро урана) достаточно большая энергия, в основном, за счёт кинетической энергии осколков и излучения. Позднее теория этого явления была обоснована Лизой Мейтнер и Отто Фришем. Данное открытие явилось истоком как мирного, так и военного использования внутриатомной энергии.
- В 1939—1940 гг. Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович впервые теоретически показали, что при небольшом обогащении природного урана ураном-235 можно создать условия для непрерывного деления атомных ядер, то есть придать процессу цепной характер.

# ИЗОТОПЫ

- Изотопы (от греч.  $\iota\sigma\omicron\varsigma$  — «равный», «одинаковый», и  $\tau\acute{o}\tau\omicron\varsigma$  — «место») — разновидности атомов (и ядер) одного химического элемента с разным количеством нейтронов в ядре. Название связано с тем, что изотопы находятся в одном и том же месте (в одной клетке) таблицы Менделеева. Химические свойства атома зависят практически только от строения электронной оболочки, которая, в свою очередь, определяется в основном зарядом ядра  $Z$  (то есть количеством протонов в нём) и почти не зависит от его массового числа  $A$  (то есть суммарного числа протонов  $Z$  и нейтронов  $N$ ). Все изотопы одного элемента имеют одинаковый заряд ядра, отличаясь лишь числом нейтронов. Обычно изотоп обозначается символом химического элемента, к которому он относится, с добавлением верхнего левого индекса, означающего массовое число (например,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ). Можно также написать название элемента с добавлением через дефис массового числа (например, углерод-12, радон-222). Некоторые изотопы имеют традиционные собственные названия (например, дейтерий, актинон).

# Нахождение в природе

- Уран широко распространён в природе. Количество урана в слое литосферы толщиной 20 км оценивается в  $1,3 \cdot 10^{14}$  т.
- Основная масса урана находится в кислых породах с высоким содержанием кремния. Значительная масса урана сконцентрирована в осадочных породах, особенно обогащённых органикой. В больших количествах как примесь уран присутствует в ториевых и редкоземельных минералах (ортит, сфен  $\text{CaTiO}_3[\text{SiO}_4]$ , монацит  $(\text{La}, \text{Ce})\text{PO}_4$ , циркон  $\text{ZrSiO}_4$ , ксенотим  $\text{YPO}_4$  и др.). Важнейшими урановыми рудами являются настуран (урановая смолка), уранинит и карнотит. Основными минералами — спутниками урана являются молибденит  $\text{MoS}_2$ , галенит  $\text{PbS}$ , кварц  $\text{SiO}_2$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ , гидромусковит и др.





Минерал	Основной состав минерала	Содержание урана, %
Уранинит	$UO_2, UO_3 + ThO_2, CeO_2$	65-74
Карнотит	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 2H_2O$	~50
Казолит	$PbO_2 \cdot UO_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$	~40
Самарскит	$(Y, Er, Ce, U, Ca, Fe, Pb, Th) \cdot (Nb, Ta, Ti, Sn)_2O_6$	3.15-14
Браннерит	$(U, Ca, Fe, Y, Th)_3Ti_5O_{15}$	40
Тюямунит	$CaO \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot nH_2O$	50-60
Цейнерит	$Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot nH_2O$	50-53
Отенит	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot nH_2O$	~50
Шрекингерит	$Ca_3NaUO_2(CO_3)_3SO_4(OH) \cdot 9H_2O$	25
Уранофан	$CaO \cdot UO_2 \cdot 2SiO_2 \cdot 6H_2O$	~57
Фергюсонит	$(Y, Ce)(Fe, U)(Nb, Ta)O_4$	0.2-8
Торбернит	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot nH_2O$	~50
Коффинит	$U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$	~50

Содержание урана в земной коре составляет 0,003 %, он встречается в поверхностном слое земли в виде четырех видов отложений. Во-первых, это жилы уранинита, или урановой смолки (диоксид урана  $UO_2$ ), очень богатые ураном, но редко встречающиеся. Им сопутствуют отложения радия, так как радий является прямым продуктом изотопного распада урана. Такие жилы встречаются в Заире, Канаде (Большое Медвежье озеро), Чехии и Франции. Вторым источником урана являются конгломераты ториевой и урановой руды совместно с рудами других важных минералов. Конгломераты обычно содержат достаточные для извлечения количества золота и серебра, а сопутствующими элементами становятся уран и торий. Большие месторождения этих руд находятся в Канаде, ЮАР, России и Австралии. Третьим источником урана являются осадочные породы и песчаники, богатые минералом карнотитом (уранил-ванадат калия), который содержит, кроме урана, значительное количество ванадия и других элементов. Такие руды встречаются в западных штатах США. Железоурановые сланцы и фосфатные руды составляют четвертый источник отложений. Богатые отложения обнаружены в глинистых сланцах Швеции. Некоторые фосфатные руды Марокко и США содержат значительные количества урана, а фосфатные залежи в Анголе и Центральноафриканской Республике еще более богаты ураном. Большинство лигнитов и некоторые угли обычно содержат примеси урана. Богатые ураном отложения лигнитов обнаружены в Северной и Южной Дакоте (США) и битумных углях Испании и Чехии [3].

# Физиологическое действие



- В микроколичествах (10<sup>-5</sup>—10<sup>-8</sup> %) обнаруживается в тканях растений, животных и человека. В наибольшей степени накапливается некоторыми грибами и водорослями. Соединения урана всасываются в желудочно-кишечном тракте (около 1 %), в легких — 50 %. Основные депо в организме: селезёнка, почки, скелет, печень, лёгкие и бронхо-лёгочные лимфатические узлы. Содержание в органах и тканях человека и животных не превышает 10<sup>-7</sup>г.
- Уран и его соединения токсичны. Особенно опасны аэрозоли урана и его соединений. Для аэрозолей растворимых в воде соединений урана ПДК в воздухе 0,015 мг/м<sup>3</sup>, для нерастворимых форм урана ПДК 0,075 мг/м<sup>3</sup>. При попадании в организм уран действует на все органы, являясь обще клеточным ядом. Уран практически необратимо, как и многие другие тяжелые металлы, связывается с белками, прежде всего, с сульфидными группами аминокислот, нарушая их функцию. Молекулярный механизм действия урана связан с его способностью подавлять активность ферментов. В первую очередь поражаются почки (появляются белок и сахар в моче, олигурия). При хронической интоксикации возможны нарушения кроветворения и нервной системы.

# Получение урана

- Самая первая стадия уранового производства — концентрирование. Породу дробят и смешивают с водой. Тяжёлые компоненты взвеси осаждаются быстрее. Если порода содержит первичные минералы урана, то они осаждаются быстро: это тяжёлые минералы. Вторичные минералы урана легче, в этом случае раньше оседает тяжёлая пустая порода. (Впрочем, далеко не всегда она действительно пустая; в ней могут быть многие полезные элементы, в том числе и уран).
- Следующая стадия — выщелачивание концентратов, перевод урана в раствор. Применяют кислотное и щелочное выщелачивание. Первое — дешевле, поскольку для извлечения урана используют серную кислоту. Но если в исходном сырье, как, например, в урановой смолке, уран находится в четырёхвалентном состоянии, то этот способ неприменим: четырёхвалентный уран в серной кислоте практически не растворяется. В этом случае нужно либо прибегнуть к щелочному выщелачиванию, либо предварительно окислять уран до шестивалентного состояния.
- Не применяют кислотное выщелачивание и в тех случаях, если урановый концентрат содержит доломит или магнезит, реагирующие с серной кислотой. В этих случаях пользуются едким натром (гидроксидом натрия).
- Проблему выщелачивания урана из руд решает кислородная продувка. В нагретую до 150 °С смесь урановой руды с сульфидными минералами подают поток кислорода. При этом из сернистых минералов образуется серная кислота, которая и вымывает уран.

# Получение урана

- На следующем этапе из полученного раствора нужно избирательно выделить уран. Современные методы — экстракция и ионный обмен — позволяют решить эту проблему.
- Раствор содержит не только уран, но и другие катионы. Некоторые из них в определённых условиях ведут себя так же, как уран: экстрагируются теми же органическими растворителями, оседают на тех же ионообменных смолах, выпадают в осадок при тех же условиях. Поэтому для селективного выделения урана приходится использовать многие окислительно-восстановительные реакции, чтобы на каждой стадии избавляться от того или иного нежелательного попутчика. На современных ионообменных смолах уран выделяется весьма селективно.
- Методы ионного обмена и экстракции хороши ещё и тем, что позволяют достаточно полно извлекать уран из бедных растворов (содержание урана — десятые доли грамма на литр)



# Получение урана

- После этих операций уран переводят в твёрдое состояние — в один из оксидов или в тетрафторид  $UF_4$ . Но этот уран ещё надо очистить от примесей с большим сечением захвата тепловых нейтронов — бора, кадмия, гафния. Их содержание в конечном продукте не должно превышать сотысячных и миллионных долей процента. Для удаления этих примесей технически чистое соединение урана растворяют в азотной кислоте. При этом образуется уранилнитрат  $UO_2(NO_3)_2$ , который при экстракции трибутил-фосфатом и некоторыми другими веществами дополнительно очищается до нужных кондиций. Затем это вещество кристаллизуют (или осаждают пероксид  $UO_4 \cdot 2H_2O$ ) и начинают осторожно прокалывать. В результате этой операции образуется трёхокись урана  $UO_3$ , которую восстанавливают водородом до  $UO_2$ .
- На диоксид урана  $UO_2$  при температуре от 430 до 600 °C воздействуют сухим фтористым водородом для получения тетрафторида  $UF_4$ . Из этого соединения восстанавливают металлический уран с помощью кальция или магния.

# Применение урана

```
graph TD; A[Применение урана] --> B[Ядерное топливо]; A --> C[Геология]; A --> D[Ядерное оружие];
```

• Ядерное топливо

Геология

Ядерное оружие

# Ядерное топливо

- Изотоп  $U^{238}$  способен делиться под влиянием бомбардировки высокоэнергетическими нейтронами, эту его особенность используют для увеличения мощности термоядерного оружия (используются нейтроны, порождённые термоядерной реакцией).
- В результате захвата нейтрона с последующим  $\beta$ -распадом  $^{238}U$  может превращаться в  $^{239}Pu$ , который затем используется как ядерное топливо.
- Уран-233, искусственно получаемый в реакторах из тория (торий-232 захватывает нейтрон и превращается в торий-233, который распадается в протактиний-233 и затем в уран-233), может в будущем стать распространённым ядерным топливом для атомных электростанций (уже сейчас существуют реакторы, использующие этот нуклид в качестве топлива, например **KAMINI** в Индии) и производства атомных бомб (критическая масса около 16 кг).
- Уран-233 также является наиболее перспективным топливом для газозофазных ядерных ракетных двигателей.





# Геология

- Основная отрасль использования урана — определение возраста минералов и горных пород с целью выяснения последовательности протекания геологических процессов. Этим занимаются Геохронология и Теоретическая геохронология.
- Существенное значение имеет также решение задачи о смещении и источниках веществ. В связи с тем, что горные породы содержат различные концентрации урана, они обладают различной радиоактивностью. Это свойство используется при выделении горных пород геофизическими методами. Наиболее широко этот метод применяется в нефтяной геологии при геофизических исследованиях скважин, в этот комплекс входит, в частности,  $\gamma$  — каротаж или нейтронный гамма-каротаж, гамма-гамма-каротаж и т. д.

# Ядерное оружие

- Урановая бомба:
- Для того, чтобы реакция могла поддерживать сама себя, необходимо соответствующее «топливо», в качестве которого на первых этапах использовался изотоп урана.
- Уран в природе встречается в виде двух изотопов — уран-235 и уран-238. При поглощении ураном-235 нейтрона в процессе распада выделяется от одного до трёх нейтронов.
- Уран-238, напротив, при поглощении нейтронов умеренных энергий не выделяет новые, препятствуя ядерной реакции. Он превращается в уран-239, затем в нептуний-239, и наконец, в относительно стабильный плутоний-239.
- Для обеспечения работоспособности ядерной бомбы содержание урана-235 в ядерном топливе должно быть не ниже 80 %, иначе уран-238 быстро погасит цепную ядерную реакцию. Природный же уран почти весь (около 99,3 %) состоит из урана-238. Поэтому при производстве ядерного топлива применяют сложный и многоступенчатый процесс обогащения урана, в результате которого доля урана-235 повышается.
- Бомба на основе урана стала первым ядерным оружием, использованным человеком в боевых условиях (бомба «Малыш», сброшенная на Хиросиму).



# Обеднённый уран

- После извлечения  $^{235}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$  из природного урана, оставшийся материал (уран-238) носит название «обеднённый уран», так как он обеднён  $^{235}\text{-м}$  изотопом. Обеднённый уран в два раза менее радиоактивен, чем природный уран, в основном за счёт удаления из него  $^{234}\text{U}$ . Из-за того, что основное использование урана — производство энергии, обеднённый уран — малополезный продукт с низкой экономической ценностью.
- В основном его использование связано с большой плотностью урана и относительно низкой его стоимостью. Обеднённый уран используется для радиационной защиты (как это ни странно) и как балластная масса в аэрокосмических применениях, таких как рулевые поверхности летательных аппаратов. В каждом самолёте «Боинг-747» содержится 1500 кг обеднённого урана для этих целей. Ещё этот материал применяется в высокоскоростных роторах гироскопов, больших маховиках, как балласт в космических спускаемых аппаратах и гоночных яхтах, при бурении нефтяных скважин.

# Сердечники бронебойных снарядов

- Самое известное применение обеднённого урана — в качестве сердечников для бронебойных снарядов. При сплавлении с 2 % Mo или 0,75 % Ti и термической обработке (быстрая закалка разогретого до 850 °C металла в воде или масле, дальнейшее выдерживание при 450 °C 5 часов) металлический уран становится твёрже и прочнее стали (прочность на разрыв больше 1600 МПа, при том, что у чистого урана она равна 450 МПа). В сочетании с большой плотностью, это делает закалённую урановую болванку чрезвычайно эффективным средством для пробивания брони, аналогичным по эффективности более дорогому вольфраму. Тяжёлый урановый наконечник также изменяет распределение масс в снаряде, улучшая его аэродинамическую устойчивость.
- Подобные сплавы типа «Стабилла» применяются в стреловидных оперенных снарядах танковых и противотанковых артиллерийских орудий.
- Процесс разрушения брони сопровождается измельчением в пыль урановой болванки и воспламенением её на воздухе с другой стороны брони. Около 300 тонн обеднённого урана остались на поле боя во время операции «Буря в Пустыне» (по большей части это остатки снарядов 30-мм пушки GAU-8 штурмовых самолётов A-10, каждый снаряд содержит 272 г уранового сплава).
- Такие снаряды были использованы войсками НАТО в боевых действиях на территории Югославии [12]. После их применения обсуждалась экологическая проблема радиационного загрязнения территории страны.
- Впервые уран в качестве сердечника для снарядов был применен в Третьем рейхе.
- Обеднённый уран используется в современной танковой броне, например, танка M-1 «Абрамс».



# Другие сферы применения

- Небольшая добавка урана придаёт красивую жёлто-зелёную флуоресценцию стеклу. Уранат натрия  $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$  использовался как жёлтый пигмент в живописи.[11]
- Соединения урана применялись как краски для живописи по фарфору и для керамических глазурей и эмалей (окрашивают в цвета: жёлтый, бурый, зелёный и чёрный, в зависимости от степени окисления).[11]
- Некоторые соединения урана светочувствительны.[11]
- В начале XX века уранилнитрат широко применялся для усиления негативов и окрашивания (тонирования) позитивов (фотографических отпечатков) в бурый цвет.[11]
- Карбид урана-235 в сплаве с карбидом ниобия и карбидом циркония применяется в качестве топлива для ядерных реактивных двигателей (рабочее тело — водород + гексан).
- Сплавы железа и обеднённого урана (уран-238) применяются как мощные магнотострикционные материалы.



Конец.