

УДК 621.039.8

**УРАН И ЕГО ИЗОТОПЫ. СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
URANIUM AND ITS ISOTOPES. PROPERTIES AND USE**

С.В. Зеньков

Научный руководитель – Н.С. Петрашевич, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
nik.petrashevitch@gmail.com

S. Zenkov

Supervisor – N. Petrashevich, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

*Аннотация:* на основе литературных данных рассмотрены изотопы урана, которые получили наибольшее распространение, и перспективы использования урана в качестве источника энергии.

*Annotation:* on the basis of the literature data, the most widespread uranium isotopes and the perspective for using uranium as an energy source are considered.

*Ключевые слова:* уран, распад, изотоп, нейтроны, плутоний, реактор.

*Keywords:* uranium, decay, isotope, neutron, plutonium, reactor.

**Введение**

Уран – химический элемент, относящийся к семейству актиноидов атомным номером 92. Уран встречается в природе в качестве смеси изотопов  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ . В земной коре содержится  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$  урана (железо – 6,65%, кальций – 3,4%), что достаточно много для элемента с таким большим атомным номером, но его концентрация в породах мала, поэтому часто выработка урана экономически не обоснована. Общее количество разведанных месторождений – более 5,3 миллиона тон. В Австралии располагается 31% изведанных запасов урана, в Казахстане – 12%, в России и Канаде по 9%.

**Основная часть**

Чистый уран тяжелый (в 2 раза тяжелее железа), мягкий (немного мягче стали), серебристо-белый, легко окисляется на воздухе. При  $700^\circ\text{C}$  компактный уран загорается, поэтому реакторные стержни покрывают слоем алюминия. Степени обогащения урана: природный (содержание  $^{235}\text{U}$  – 0,72%), низкообогащенный ( $^{235}\text{U}$  – до 20%), высокообогащенный ( $^{235}\text{U}$  – более 20%).

Наиболее распространенным изотопом урана является  $^{238}\text{U}$  (99,3% в природном уране). Период полураспада – 4,51 млрд лет. Уран-238 не используется в качестве первичного делящегося материала, так как для деления необходимы нейтроны высокой энергии. Однако это позволяет создавать из него оболочки заряда в устройствах деления (размножение отраженных нейтронов и деление ядер быстрыми нейтронами), что увеличивает выход энергии. Однако  $^{238}\text{U}$  чаще используют для синтеза плутония. Основной метод — это облучение урана-238 нейтронами, излучившимися при распаде урана-235, при образовании урана-239 и через цепочку распадов образовании плутония-239. После окончания цикла любое реакторное топливо, содержащее природный или

частично обогащенный уран, содержит некоторое количество плутония, из-за содержания  $^{238}\text{U}$ .

$^{235}\text{U}$  – наиболее важный изотоп урана. В природном уране только уран-235 пригоден для поддержания реакции в АЭС и изготовления ядра атомной бомбы. Для реактора АЭС подходит степень обогащения от 2 до 4%, а для военного использования – более 80%, поэтому высокообогащенный уран называют оружейным. Для реактора установленной мощностью 1,4

ГВт необходимо в год 225 тон природного урана. Некоторые соли  $^{235}\text{U}$  и сплавы этих солей используются в качестве катализаторов реакций (карбид  $^{235}\text{U}$  – один из составляющих топлива ядерных реактивных двигателей). Обедненный уран используется в изготовлении противовесов для самолетов, противорадиационных экранов в медицине, транспортных контейнеров для транспортировки ядерных отходов. Уран в 5 раз эффективнее свинца поглощает гамма-излучение. Широкое распространение получил обедненный уран в военной промышленности.

$^{232}\text{U}$  не встречается в природе, однако его можно получить из тория-232. Примеси урана-232 не желательны из-за высокого тепловыделения и интенсивного гамма-излучения. В процессе производства урана-233 происходит постепенное накопление урана-232. В оружейном уране допускается содержание  $^{232}\text{U}$  менее 0,0005%. Существуют перспективы для использования данного изотопа в реакторах более высокой мощности, но  $^{232}\text{U}$  весьма дорог, так как основной способ его получения — это очистка урана-233.

Уран-234 содержится в природном уране незначительно. Все его количество образуется из распада  $^{238}\text{U}$  (период полураспада  $^{234}\text{U}$  в  $10^6$  раз меньше, чем  $^{238}\text{U}$ ). Чуть меньше половины радиоактивности природного урана приходится на уран-234.

$^{236}\text{U}$  в природе не встречается, однако накапливается в ядерных реакторах при облучении урана нейтронами. Поэтому уран-236 является индикатором отработанного ядерного топлива.

### Заключение

По прогнозам через 50 лет будут израсходованы разведанные месторождения урана. Однако учитывая, что в ядерных реакторах основной источник энергии это  $^{235}\text{U}$ , а до 95%  $^{238}\text{U}$  остается неиспользованным, то перспективным видится разработка реактора на бегущей волне (работает на  $^{238}\text{U}$  за счет образования плутония), концепция которого была сформулирована еще в 2001 году, но до сих пор не была реализована. Еще большое внимание уделяется перспективам использования урана-233.  $^{233}\text{U}$  образуется из тория-232. При этом содержание тория в земной коре в три раза больше содержания урана. Многие ученые утверждают, что ториевый реактор придет на замену современному на уране.

### Литература

1. Уран [Электронный ресурс]/ уран. -Режим доступа: <http://smutc.ru/milit/uranium/>. – Дата доступа: 15.04.2021.
2. Черноруков, Н.Г. Уран. Прошлое, настоящее и будущее: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Российская Федерация, 2010. –52с.

3. Юньмин Канг. U-232 и противодействие распространению ядерного оружия U-233 в отработанном топливе// Наука и мировая безопасность. – 2001. – №9. – С. 1-32.