

28.44

28.44 - Элементы химические радиоактивные и изотопы радиоактивные (включая делящиеся или воспроизводящиеся химические элементы и изотопы) и их соединения; смеси и остатки, содержащие эти продукты:

- 2844.10 – уран природный и его соединения; сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие природный уран или соединения природного урана
- 2844.20 – уран, обогащенный ураном-235, и его соединения; плутоний и его соединения; сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие уран, обогащенный ураном-235, плутоний или соединения этих продуктов
- 2844.30 – уран, обедненный ураном-235, и его соединения; торий и его соединения; сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие уран, обедненный ураном-235, торий или соединения этих продуктов
- элементы радиоактивные, изотопы и соединения, кроме указанных в субпозиции 2844.10, 2844.20 или 2844.30; сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие эти элементы, изотопы или соединения; остатки радиоактивные:
- 2844.41 – – тритий и его соединения; сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие тритий или его соединения
- 2844.42 – – актиний-225, актиний-227, калифорний-253, кюрий-240, кюрий-241, кюрий-242, кюрий-243, кюрий-244, эйнштейний-253, эйнштейний-254, гадолиний-148, полоний-208, полоний-209, полоний-210, радий-223, уран-230 или уран-232 и их соединения; сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие эти элементы или соединения
- 2844.43 – – прочие радиоактивные элементы, изотопы и соединения; прочие сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), продукты и смеси керамические, содержащие эти элементы, изотопы или соединения
- 2844.44 – – остатки радиоактивные
- 2844.50 – отработанные (облученные) тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) ядерных реакторов

(I) ИЗОТОПЫ

Ядра элемента, определяемые его атомным номером, всегда содержат одно и то же число протонов, но они имеют различное число нейтронов и, следовательно, имеют различную массу (различное массовое число).

Нуклиды, которые отличаются только массовыми числами, а не атомным номером, называются изотопами элемента. Например, имеются несколько нуклидов с одинаковым атомным номером 92, которые называются ураном, но их массовые числа меняются от 227 до 240; они обозначаются, например, как уран-233, уран-235, уран-238 и т.п. Аналогично водород-1, водород-2 или дейтерий (включаемый в **товарную позицию 28.45**) и водород-3 или тритий являются изотопами водорода.

Важным фактором в химическом поведении элемента является величина положительного заряда ядра (число протонов); оно определяет число орбитальных электронов, которые существенно влияют на химические свойства.

Поэтому различные изотопы элемента, ядра которых имеют одинаковый электрический заряд, но различные массы, будут иметь одинаковые химические свойства, но их физические свойства будут меняться от одного изотопа к другому.

Химические элементы состоят или из одного нуклида (моноизотопные элементы), или из смеси двух или более изотопов в известных неизменных соотношениях. Например, природный хлор в свободном и в связанном состоянии всегда состоит из смеси 75,4% хлора-35 и 24,6% хлора-37 (что дает атомную массу 35,457).

Если элемент состоит из смеси изотопов, его составляющие части можно разделить, например, диффузией через пористые колонки, электромагнитной сепарацией или фракционным электролизом. Изотопы также можно получить при бомбардировке природного элемента нейтронами или заряженными частицами с высокой кинетической энергией.

В соответствии с примечанием 6 к данной группе и товарным позициям 28.44 и 28.45 термин "**изотопы**" означает не только изотопы в их чистом состоянии, но также и химические элементы, природный изотопный состав которых искусственно модифицирован обогащением элементов некоторыми их изотопами (это то же самое, что и обеднение элементов некоторыми другими изотопами) или превращением в ходе ядерных реакций некоторых изотопов в другие, искусственные изотопы. Например, хлор с атомной массой 35,30, полученный обогащением элемента изотопом хлора-35 до содержания последнего 85% (и, следовательно, обеднением изотопом хлора-37 до его содержания 15%), рассматривается практически как изотоп.

Следует отметить, что элементы, находящиеся в природе только в моноизотопном состоянии, например, бериллий-9, фтор-19, алюминий-27, фосфор-31, марганец-55 и т.п., не следует рассматривать как изотопы, и они должны классифицироваться в свободном или связанном состоянии в соответствии с этим состоянием в более специфических товарных позициях, относящихся к химическим элементам или их соединениям.

Однако радиоактивные изотопы этих элементов, полученные искусственно (например, Ве-10, F-18, Al-29, P-32, Mn-54), следует рассматривать как изотопы.

Некоторые искусственно полученные химические элементы (обычно с атомным номером выше 92 или трансурановые элементы) действительно не имеют фиксированного изотопного состава, но этот состав изменяется в соответствии с методом получения такого элемента. В этих случаях невозможно провести различие между химическим элементом и его изотопами в соответствии с примечанием 6.

В данную товарную позицию включаются только те изотопы, которые обладают свойством **радиоактивности** (описано ниже), а стабильные изотопы, однако, включаются в **товарную позицию 28.45**.

(II) РАДИОАКТИВНОСТЬ

Некоторые нуклиды, имеющие нестабильные ядра, независимо от того, находятся они в свободном состоянии или в виде соединений, испускают сложное излучение, производящее химические или физические эффекты, такие как:

- (1) ионизация газов;
- (2) флуоресценция;
- (3) потемнение фотографических пластинок.

Эти эффекты позволяют обнаружить такое излучение и измерить его интенсивность, используя, например, счетчики Гейгера-Мюллера, пропорциональные счетчики, ионизационные камеры, камеры Вильсона, пузырьковые счетчики, сцинтилляционные счетчики и чувствительные пленки или пластинки.

Это и есть явление **радиоактивности**; химические элементы, изотопы, соединения и вообще вещества, обнаруживающие самопроизвольное излучение, называются **радиоактивными**.

**(III) РАДИОАКТИВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, РАДИОАКТИВНЫЕ
ИЗОТОПЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ; СМЕСИ И ОСТАТКИ,
СОДЕРЖАЩИЕ ЭТИ ПРОДУКТЫ**

(А) Радиоактивные элементы.

В данную товарную позицию включаются радиоактивные химические элементы, упомянутые в примечании 6 (а) к данной группе, а именно: технеций, прометий, полоний и все элементы с более высоким атомным номером, такие как астат, радон, франций, радий, актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний, америций, юрий, берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий, нобелий и лоуренсий.

Эти элементы обычно состоят из нескольких изотопов, которые все являются радиоактивными.

Однако имеются элементы, состоящие из смеси стабильных и радиоактивных изотопов, такие как калий, рубидий, самарий и лютеций (**товарная позиция 28.05**), которые, вследствие того, что радиоактивные изотопы имеют низкий уровень радиоактивности и составляют относительно небольшой процент в составе смеси, могут рассматриваться как практически стабильные и, таким образом, не включаются в данную товарную позицию.

Однако те же самые элементы (калий, рубидий, самарий, лютеций), если они обогащены радиоактивными изотопами (K-40, Rb-87, Sm-147, Lu-176, соответственно), следует рассматривать как радиоактивные изотопы данной товарной позиции.

(Б) Радиоактивные изотопы.

К уже упомянутым природным радиоактивным изотопам калия-40, рубидия-87, самария-147 и лютеция-176 могут быть добавлены уран-235 и уран-238, которые ниже более детально рассматриваются в разделе IV, и некоторые изотопы таллия, свинца, висмута, полония, радия, актиния или тория, которые часто известны под названиями, отличающимися от названий соответствующих элементов. Эти названия скорее связаны с названием того элемента, из которого они получились при радиоактивном превращении. Таким образом, висмут-210 называется *радием E*, полоний-212 называется *торием C'* и актиний-228 называется *мезоторием II*.

Химические элементы, которые обычно стабильны, тем не менее могут становиться радиоактивными после их бомбардировки частицами, выходящими из ускорителя частиц (циклотрон, синхротрон) и имеющими очень большую кинетическую энергию (протоны, дейтроны), или после поглощения нейтронов в ядерном реакторе.

Трансформированные таким образом элементы называют искусственными радиоактивными изотопами. На сегодня их известно около 500, из них около 200 уже используются в практических целях. Кроме урана-233 и изотопов плутония, которые будут рассмотрены ниже, наиболее важны следующие: водород-3 (третий), углерод-14, натрий-24, фосфор-32, сера-35, калий-42, кальций-45, хром-51, железо-59, кобальт-60, криптон-85, стронций-90, иттрий-90, палладий-109, йод-131 и -132, ксенон-133, цезий-137, туллий-170, иридий-192, золото-198 и полоний-210.

Радиоактивные химические элементы и радиоактивные изотопы самопроизвольно переходят в более стабильные элементы или изотопы.

Время, требуемое для того, чтобы количество данного радиоактивного изотопа уменьшилось вдвое по сравнению с исходным, называется периодом полураспада или скорости превращения данного изотопа. Это время изменяется от долей секунды для некоторых коротко живущих радиоактивных изотопов ($0,3 \times 10^{-6}$ для тория C') до миллиардов лет ($1,5 \times 10^{11}$ лет для самария-147) и представляет собой удобный исходный критерий статистической нестабильности рассматриваемых ядер.

Радиоактивные химические элементы и изотопы включаются в данную товарную позицию, даже если они смешаны с другими радиоактивными соединениями или нерадиоактивными материалами (например, с отработанными облученными мишенями и радиоактивным сырьем), при условии, что удельная радиоактивность продукта больше, чем 74 Бк/г (0,002 мкККи/г).

(В) Радиоактивные соединения; смеси и остатки, содержащие радиоактивные вещества.

Радиоактивные химические элементы и изотопы данной товарной позиции часто используются в форме соединений или продуктов, которые "мечены" (то есть содержат молекулы с одним или более радиоактивными атомами). Такие соединения также включаются в данную товарную позицию, даже если они растворены, диспергированы, естественно или искусственно смешаны с другими радиоактивными или нерадиоактивными материалами. Эти элементы и изотопы также включаются в данную товарную позицию, будучи в форме сплавов, дисперсий или металлокерамики.

Неорганические или органические соединения, химически или другим образом полученные из радиоактивных химических элементов или радиоактивных изотопов, и их растворы включаются в данную товарную позицию, даже если удельная радиоактивность этих соединений или растворов ниже 74 Бк/г (0,002 мкКи/г); сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), керамические продукты и смеси, содержащие радиоактивные вещества (элементы, изотопы или их соединения), включаются в данную товарную позицию, если их удельная радиоактивность больше, чем 74 Бк/г (0,002 мкКи/г). Радиоактивные элементы и изотопы, которые очень редко используются в свободном состоянии, применяются в промышленности в виде химических соединений или сплавов. Не считая соединений, делящихся и воспроизводящих химические элементы и изотопы, которые будут рассмотрены ниже, в разделе IV с учетом их характеристик и важности, наиболее значимые радиоактивные соединения следующие:

- (1) **Соли радия (хлорид, бромид, сульфат и т.п.)**, используемые в качестве источника излучения для лечения раковых заболеваний или для некоторых физических опытов.
- (2) **Соединения радиоактивных изотопов, упомянутых выше в пункте III (Б).**

Искусственные радиоактивные изотопы и их соединения используются:

- (а) **в промышленности**, например, для радиологии металлов, для измерения толщины листовых металлов, пластин и т.п.; для измерения уровня жидкости в резервуарах, недоступного для других методов; для ускорения вулканизации; для инициирования полимеризации или привитой сополимеризации некоторых органических соединений; для производства люминесцентных красок (смешанных, например, с сульфидом цинка); для часовых циферблатов, инструментов и т.п.;
- (б) **в медицине**, например, для диагностики или лечения некоторых заболеваний (кобальт-60, йод-131, золото-198, фосфор-32 и т.п.);
- (в) **в сельском хозяйстве**, например, для стерилизации сельскохозяйственных продуктов, для предотвращения прорастания семян, для исследования применения удобрений или поглощения их растениями, для создания генетических мутаций с целью улучшения породы и т.п. (кобальт-60, цезий-137, фосфор-32 и т.п.);
- (г) **в биологии**, например, для исследования функционирования или развития некоторых животных или растений (третий, углерод-14, натрий-24, фосфор-32, сера-35, калий-42, кальций-45, железо-59, стронций-90, йод-131 и т.п.);
- (д) **в физических или химических исследованиях.**

Радиоактивные изотопы и их соединения обычно поставляются в виде порошков, растворов, нитей, игл или пластинок. Они содержатся в стеклянных ампулах, в полых платиновых капиллярах, в трубках из нержавеющей стали и т.п., помещенных в не пропускающий радиоактивное излучение металлический наружный контейнер (обычно из свинца), выбор толщины которого зависит от степени радиоактивности изотопа. В соответствии с некоторыми международными соглашениями на контейнерах должен быть специальный знак, дающий сведения об изотопах, содержащихся в контейнерах, и степени их радиоактивности.

Смеси могут включать некоторые источники нейтронов, образованные объединением (в смеси, сплаве, соединении и т.п.) радиоактивного элемента или изотопа (радия, радона, сурьмы-124, америция-241 и т.п.) с другим элементом (бериллием, фтором и т.п.) таким образом, чтобы получить (γ, n)- или (α, n)- реакцию (введение γ -фотона или α -частицы, соответственно, и испускание нейтрона).

Однако все сборные источники нейтронов, готовые для введения в ядерный реактор для инициирования цепной реакции расщепления, также должны рассматриваться как компоненты реакторов, и, следовательно, их надо включать в **товарную позицию 84.01**.

Микросферические частицы ядерного топлива, покрытые слоями углерода или карбида кремния и предназначенные для включения в сферические или призматические топливные элементы, включаются в данную товарную позицию.

В данную товарную позицию также включаются продукты, используемые как люминофоры, в которых имеется небольшое количество радиоактивных веществ, добавленных с целью придания продуктам самолюминесцентных свойств, при условии, что общая удельная радиоактивность продукта больше, чем 74 Бк/г (0,002 мкКи/г).

Из радиоактивных остатков наиболее важные, с точки зрения вторичного использования, следующие:

- (1) **Облученная или содержащая тритий тяжелая вода:** после пребывания в течение различного времени в реакторе часть дейтерия в тяжелой воде превращается при поглощении нейтронов в тритий и, таким образом, тяжелая вода становится радиоактивной.
- (2) **Отработанные (облученные) тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы),** обычно с очень высоким уровнем радиоактивности, главным образом используются для извлечения делящихся или воспроизводящих материалов, содержащихся в этих элементах (см. раздел IV ниже).

(IV) ДЕЛЯЩИЕСЯ И ВОСПРОИЗВОДЯЩИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИЗОТОПЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ; СМЕСИ И ОСТАТКИ, СОДЕРЖАЩИЕ ЭТИ ПРОДУКТЫ

(A) Делящиеся и воспроизводящие химические элементы и изотопы.

Некоторые из радиоактивных химических элементов и изотопов, упомянутых выше, в разделе III, имеют большую атомную массу, например, торий, уран, плутоний и америций; ядра атомов этих элементов имеют особенно сложную структуру. Такие ядра при воздействии субатомных частиц (нейтронов, протонов, дейтронов, тритонов, α -частиц и т.п.) могут поглощать эти частицы, таким образом увеличивая степень своей нестабильности до величины, когда они становятся сами способными расщепляться на два ядра с близкой по величине массой (или более редко на три или четыре фрагмента). Это расщепление освобождает значительное количество энергии и сопровождается выходом вторичных нейтронов. Этот процесс известен как процесс **расщепления** или **деления ядра**.

Только в очень редких случаях расщепление происходит спонтанно или под действием фотонов.

Вторичные нейтроны, выделяющиеся во время расщепления, могут вызвать вторичное расщепление, которое в свою очередь также создает вторичные нейтроны и т.д. Повторение этого процесса многократно и дает **цепную реакцию**.

Вероятность расщепления обычно очень высока для некоторых нуклидов (U-233, U-235, Pu-239), если используются медленные нейтроны, то есть нейтроны со средней скоростью примерно 2200 м/сек. (или с энергией 1/40 эВ). Поскольку эта скорость соответствует примерно скорости молекул жидкости (тепловое движение молекул), медленные нейтроны иногда называют **тепловыми** нейтронами.

В настоящее время расщепление, вызываемое тепловыми нейтронами, наиболее часто используется в ядерных реакторах.

По этой причине термин "**расщепление**" обычно используется для описания изотопов, которые подвергаются расщеплению тепловыми нейтронами, в частности, урана-233, урана-235, плутония-239 и химических элементов, которые содержат их, в частности, урана и плутония.

Другие нуклиды, такие как уран-238 и торий-232, расщепляются только под действием быстрых нейтронов, и обычно эти изотопы считаются воспроизводящими, а не **делящимися**. Воспроизводимость объясняется тем, что эти нуклиды могут поглощать медленные нейтроны, давая, таким образом, возможность образования плутония-239 или урана-233, соответственно, которые уже являются делящимися изотопами.

Поскольку в процессе расщепления выделяется очень большое количество энергии вторичных нейтронов (примерно 2 млн. эВ), в тепловых ядерных реакторах (с медленными нейтронами) эти нейтроны должны быть замедлены в случае начала цепной реакции. Это может быть достигнуто с помощью **замедлителей**, то есть продуктов с малой атомной массой (таких, как вода, тяжелая вода, некоторые углеводороды, графит, бериллий и т.п.), которые, хотя и поглощают часть энергии нейтронов при последующих ударах, но не поглощают нейтроны или поглощают их в очень незначительной степени.

Для того, чтобы запустить и поддерживать цепную реакцию, среднее число вторичных нейтронов, образующихся при расщеплении, должно быть больше, чем требуется для компенсации потери нейтронов при их захвате другими атомами, не приводящем к расщеплению.

Делящиеся и воспроизводящие химические элементы указаны ниже:

(1) Природный уран.

Уран в природном состоянии состоит из трех изотопов: урана-238, который составляет 99,28 % всей массы, урана-235, который составляет 0,71%, и незначительного количества (около 0,006%) урана-234. Следовательно, природный уран можно считать как делящимся элементом (благодаря содержанию урана-235), так и воспроизводящим (благодаря содержанию урана-238).

В основном уран выделяют из урановой смолки, уранинита, отунита, браннерита, карнотита или торбернита. Он также извлекается из других вторичных ресурсов, таких как отходы производства суперфосфата или остатки золотодобывающих производств. Обычным процессом является восстановление тетрафторида с помощью кальция или магния или электролизом.

Уран – слаборадиоактивный элемент, очень тяжелый (относительная плотность 19) и твердый. Он имеет блестящую серебристо-серую поверхность, но темнеет в контакте с кислородом воздуха, образуя оксиды. В порошкообразном виде он окисляется и быстро возгорается при контакте с воздухом.

Уран обычно продается в форме чушек, пригодных для полировки, опиливания, прокатывания и т.п. (чтобы получить бруски и стержни, трубы, листы, проволоку и т.п.).

(2) Торий.

Поскольку торит и орангит, весьма богатые торием, встречаются в природе очень редко, торий в основном получают из монацита, который содержит также редкоземельные металлы.

Неочищенный торий представляет собой крайне пирофорный серый порошок. Его получают электролизом фторидов или восстановлением фторидов, хлоридов или оксидов. Полученный металл очищают и спекают в инертной атмосфере и превращают в тяжелые серо-стального цвета чушки (относительная плотность 11,5); они довольно тверды (хотя мягче, чем уран) и быстро окисляются на воздухе.

Эти чушки прокатывают, экструдировать или протягивают с получением листов, стержней, труб, проволоки и т.п. Природный торий состоит из изотопа тория-232.

Торий и некоторые сплавы тория используются главным образом как воспроизводящие материалы в ядерных реакторах. Торий-магниево-вольфрамовые сплавы, однако, используются в самолетостроении или в производстве термоионных устройств.

Изделия или части изделий, выполненные из тория, разделов XVI – XIX **не включаются** в данную товарную позицию.

(3) Плутоний.

Промышленный плутоний получают облучением урана-238 в ядерных реакторах.

Это очень тяжелый (относительная плотность 19,8) радиоактивный и сильно токсичный элемент. Он аналогичен урану по внешнему виду и по окисляемости.

Плутоний в промышленности поставляется в таком же виде, как и обогащенный уран, и требует величайшей осторожности при обращении.

Делящиеся изотопы включают:

(1) **уран-233**; его получают в ядерных реакторах из тория-232, который превращается последовательно в торий-233, протактиний-233 и уран-233;

(2) **уран-235** – это только делящийся изотоп урана, который встречается в природе, причем присутствие его в природном уране составляет 0,71 %.

Чтобы получить уран, обогащенный ураном-235, и уран, обедненный ураном-235 (то есть обогащенный ураном-238), гексафторид урана подвергают изотопному разделению с помощью электромагнитной, центробежной или газодиффузионной сепарации;

(3) **плутоний-239**; его получают в ядерных реакторах из урана-238, который последовательно превращается в уран-239, нептуний-239 и плутоний-239.

Следует отметить, что имеются некоторые изотопы трансплутониевых элементов, такие как калифорний-252, америций-241, кюрий-242 и кюрий-244, которые могут расщепляться (спонтанно или неспонтанно) и могут быть использованы как интенсивный источник нейтронов.

Из воспроизводящих изотопов, кроме тория-232, следует отметить обедненный уран (то есть обедненный ураном-235 и, соответственно, обогащенный ураном-238). Этот металл является побочным продуктом производства урана, обогащенного ураном-235. Благодаря его гораздо меньшей стоимости и доступности в больших количествах, он заменяет природный уран, в частности, как воспроизводящий материал, как защитный экран против радиации, как тяжелый металл для производства маховиков или в изготовлении абсорбирующих составов (газопоглотителей), используемых для очистки некоторых газов.

Изделия или части изделий, сделанные из урана, обедненного ураном-235, разделов XVI-XIX не включаются в данную товарную позицию.

(Б) Соединения делящихся и воспроизводящих химических элементов или изотопов.

В данную товарную позицию включаются, в частности, следующие соединения:

(1) урана:

- (а) оксиды UO_2 , U_3O_8 и UO_3 ,
- (б) фториды UF_4 и UF_6 (последний сублимируется при 56°C),
- (в) карбиды UC и UC_2 ,
- (г) уранаты $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ и $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$,
- (д) уранилнитрат $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
- (е) уранилсульфат $\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$;

(2) плутония:

- (а) тетрафторид PuF_4 ,
- (б) диоксид PuO_2 ,
- (в) нитрат $\text{PuO}_2(\text{NO}_3)_2$,
- (г) карбиды PuC и Pu_2C_3 ,
- (д) нитрид PuN .

Соединения урана или плутония находят применение главным образом в ядерной промышленности или как промежуточные, или как конечные продукты. Гексафторид урана обычно поставляется в герметичных контейнерах; он весьма токсичен и, следовательно, должен требовать очень осторожного обращения;

(3) тория:

- (а) оксид и гидроксид. Оксид тория (ThO_2) – беловато-желтый порошок, не растворимый в воде. Гидроксид тория ($\text{Th}(\text{OH})_4$) – гидратированный оксид тория. Оба получают из монацита. Они используются в производстве газокапельных сеток, как огнеупоры или как катализаторы (синтез ацетона). Оксид используется как воспроизводящий материал в ядерных реакторах;
- (б) неорганические соли. Эти соли обычно белого цвета. Важнейшие из них следующие:

- (i) нитрат тория, находящийся в более или менее гидратированном состоянии в виде кристаллов или порошка (кальцинированный нитрат). Используется для приготовления люминесцентных красок. Смешанный с нитратом церия используется для пропитки газокалильных сеток;
 - (ii) сульфат тория, кристаллический порошок, растворимый в холодной воде; водородсульфат тория и двойные сульфаты щелочных металлов;
 - (iii) хлорид тория (ThCl_4), безводный или гидратированный, и оксид хлорид;
 - (iv) нитрид тория и карбид тория. Используются как огнеупорные материалы, как абразивы или воспроизводящие материалы в ядерных реакторах;
- (в) органические соединения. Наиболее известные органические соединения тория – формиат, ацетат, тартрат и бензоат, все используются в медицине.
- (В) Сплавы, дисперсии (включая металлокерамику), керамические продукты, смеси и остатки, содержащие делящиеся или воспроизводящие элементы, или изотопы, или их неорганические или органические соединения.**

Основные продукты, относящиеся к данной категории, следующие:

- (1) **Сплавы урана или плутония** с алюминием, хромом, цирконием, молибденом, титаном, ниобием или ванадием. Также имеются урано-плутониевые и железо-урановые сплавы.
- (2) **Дисперсии диоксида урана (UO_2) или карбида урана (UC)** (смешанные или не смешанные с диоксидом тория или карбидом тория) в графите или полиэтилене.
- (3) **Металлокерамика**, состоящая из различных металлов (например, коррозионноустойчивой стали, или нержавеющей стали) вместе с диоксидом урана (UO_2), диоксидом плутония (PuO_2), карбидом урана (UC) или карбидом плутония (PuC) (или тех же соединений, смешанных с оксидом тория или карбидом тория).

Эти продукты в виде брусков, пластин, шариков, кусков, порошков и т.п. используются для производства тепловыделяющих элементов или иногда непосредственно в реакторах.

Бруски, пластины и шарики, находящиеся в упаковке и снабженные специальными инструкциями по обращению с ними, включаются в **товарную позицию 84.01**.

- (4) **Отработанные или облученные тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы)**, то есть те, которые после более или менее продолжительного использования следует заменить (например, из-за накопления продуктов расщепления, препятствующего цепной реакции, или из-за разрушения оболочки). После достаточно продолжительного хранения под толстым слоем воды с целью их охлаждения и снижения радиоактивности эти тепловыделяющие элементы транспортируют в свинцовых контейнерах на специализированные установки, предназначенные для извлечения оставшегося расщепляющегося материала, образующегося в результате превращения или из воспроизводящих элементов (которые обычно содержатся в тепловыделяющих элементах), и продуктов деления.