

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034325**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.01.28

(21) Номер заявки
201890622

(22) Дата подачи заявки
2016.06.30

(51) Int. Cl. **C22B 1/06** (2006.01)
C22B 59/00 (2006.01)
C22B 60/02 (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УРАНА ИЛИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

(31) **10 2015 116 476.0**

(32) **2015.09.29**

(33) **DE**

(43) **2018.09.28**

(86) **PCT/EP2016/065288**

(87) **WO 2017/054944 2017.04.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
**Вробель Маций, Гюнтнер Йохан,
Чаритос Др. Александрос,
Хаммершмидт Др.-Инг. Йёрг (DE)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнагьев
А.В. (RU)**

(56) **WO-A1-2012093170**

KUL M. ET AL.: "Rare earth double sulfates from pre-concentrated bastnasite", HYDROMETALLURGY, ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING CY, AMSTERDAM, NL, vol. 93, no. 3-4, 1 August 2008 (2008-08-01), pages 129-135, XP022757951, ISSN: 0304-386X, DOI: 10.1016/J.HYDROMET.2007.11.008, [retrieved on 2007-11-22], the whole document

B. MUNKHTSETSEG ET AL: "Technological pretreatment of the synchysite non-oxidized ore", AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, 1 January 2013 (2013-01-01), pages 1278-1281, XP055298427, NEW YORK, US, ISSN: 0094-243X, DOI: 10.1063/1.4812172, the whole document

(57) В изобретении предложен способ получения урана и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента, выбираемого из группы, состоящей из церия, диспрозия, эрбия, европия, гадолиния, гольмия, лантана, лютеция, неодима, празеодима, прометия, самария, скандия, тербия, тулия, иттербия и иттрия, из руды, содержащей уран и/или по меньшей мере один указанный редкоземельный элемент. Руду смешивают с серной кислотой, имеющей концентрацию по меньшей мере 95 мас.%, с получением смеси, где смесь гранулируют с получением гранул. Гранулы подают по меньшей мере в два соединенные последовательно реактора с псевдоожиженными слоями, псевдоожижаемыми с помощью псевдоожижающего газа, для термической обработки при температурах от 150 до 800°C. По меньшей мере два псевдоожиженных слоя формируют так, что они, по меньшей мере, частично окружают трубу для подачи газа или смеси газов в реактор, и газ или смесь газов используют в качестве теплоносителя. При этом отходящий газ или смесь газов низкотемпературного нагревания при температурах от 200 до 350°C используют в качестве газа или смеси газов для предварительного нагревания при температурах от 150 до 250°C в псевдоожиженном слое, и/или отходящий газ или смесь газов высокотемпературного нагревания при температурах от 500 до 800°C используют в качестве газа или смеси газов для низкотемпературного нагревания. Затем гранулы подвергают выщелачиванию в воде при повышенной температуре для растворения урана и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента и осуществляют стадию разделения жидкости и твердого тела с получением фильтрата, содержащего уран и/или по меньшей мере один редкоземельный элемент.

B1**034325****034325 B1**

Изобретение относится к способу и соответствующей установке для получения урана и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента, выбранного из группы, состоящей из церия, диспрозия, эрбия, европия, гадолиния, гольмия, лантана, лютеция, неодима, празеодима, прометия, самария, скандия, тербия, тулия, иттербия и иттрия из руды, содержащей уран и/или по меньшей мере один указанный редкоземельный элемент, где руду смешивают с серной кислотой, имеющей концентрацию по меньшей мере 95 мас.%, с получением смеси, смесь гранулируют с получением гранул и гранулы подают по меньшей мере в два соединенные последовательно псевдоожиженных слоя, псевдоожижаемые с помощью псевдоожижающего газа, для термической обработки при температурах от 150 до 800°C.

Уран является слаборадиоактивным, потому что все его изотопы нестабильны. В результате этого большинство современных областей применения урана основаны на использовании его уникальных ядерных свойств.

Другим возможным продуктом способа по изобретению является один или более редкоземельных элементов. Эта группа элементов определена ИЮПАК (Международный союз теоретической и прикладной химии, IUPAC) и включает список из 15 лантаноидов, а именно, церий, диспрозий, эрбий, европий, гадолиний, гольмий, лантан, лютеций, неодим, празеодим, прометий, самарий, тербий, тулий, иттербий, а также скандий и иттрий. Несмотря на свое название редкоземельные элементы, за исключением радиоактивного прометия, присутствуют в относительно большом количестве в земной коре.

Однако из-за своих геохимических свойств редкоземельные элементы, как правило, рассеяны и нечасто встречаются в концентрированном виде. Типичными примесями являются уран, тулий, марганец, магний, фосфаты, карбонаты и алюминий. Кроме того, часто в соответствующих рудах содержится и железо. Эти примеси необходимо удалять из руды, что часто осуществляют с помощью так называемого кислотного крекинга. При этом руду смешивают с кислотой, предпочтительно с серной кислотой. Способ также известен как обжиг в кислой среде. Порошкообразную руду смешивают с концентрированной серной кислотой и обжигают при температуре от 200 до 400°C в течение нескольких часов во вращающейся обжиговой печи, как, например, предложено Alkane Resources LTD.

После этого полученный кек выщелачивают водой для растворения редкоземельных элементов в виде сульфатов. На этой стадии также растворяется ряд сульфатов, образующих примеси (такие как Fe, Al), и их необходимо отделить от редкоземельных элементов на последующих стадиях очистки. Для карбонатных минералов обычно используют разложение в HCl.

Проблемой этого хорошо известного способа является относительно низкий оборот во вращающейся обжиговой печи. Чтобы избежать потерь кислоты при испарении, вращающуюся обжиговую печь необходимо нагревать косвенно, поэтому данный процесс нельзя неограниченно увеличивать в масштабе. Кроме того, профиль температуры во вращающейся обжиговой печи является таким, что температура легко падает ниже точки росы серной кислоты в определенных зонах печи, что делает необходимым применение дорогостоящих стальных материалов. Наконец, в печи происходит конденсация SO₃, что приводит к высокой коррозии.

Таким образом, целью настоящего изобретения является обеспечение способа получения редкоземельных элементов и/или урана из руды с более высоким выходом продукта в единицу времени на единицу объема. Кроме того, используемый реактор не должен подвергаться коррозии.

Данную проблему решают способом, включающим признаки, указанные в п.1 настоящей формулы изобретения.

Согласно п.1 руду, содержащую уран и/или церий, диспрозий, эрбий, европий, гадолиний, гольмий, лантан, лютеций, неодим, празеодим, прометий, самарий, скандий, тербий, тулий, иттербий и иттрий, смешивают с серной кислотой, имеющей концентрацию по меньшей мере 95 мас.%. Соотношение между рудой и серной кислотой должно составлять от 0,5:1 до 1,5:1, предпочтительно от 0,8:1 до 1,2:1.

Полученную смесь гранулируют с получением гранул. Время перемешивания должно составлять не менее 1 мин, предпочтительно 5 мин. Таким образом достигают стабильной грануляции.

В общем, сульфатирование серной кислотой требует температуры выше точки росы образующихся SO₃-содержащих отходящих газов (160-220°C) и ниже температуры кипения кислоты (которая составляет около 330°C).

Некоторые примеси, главным образом железо, алюминий и марганец, также превращаются в сульфаты с потерей свободной воды. Все традиционные реакции являются экзотермическими. Повышение температуры должно быть ограничено температурой смеси не более 150°C, предпочтительно 120°C, из соображений безопасности. Кроме того, коррозии на данной стадии способа можно избежать посредством регулирования температуры.

Полученные гранулы подают по меньшей мере в два соединенные последовательно псевдоожиженных слоя, которые псевдоожижают с помощью псевдоожижающего газа. В этих псевдоожиженных слоях осуществляют термическую обработку при температурах от 150 до 800°C. По меньшей мере два псевдоожиженных слоя формируют так, что они, по меньшей мере, частично окружают трубу для подачи газа или смеси газа. Посредством этого вокруг трубы для подачи газа создают кольцеобразный псевдоожиженный слой. Предпочтительно сама труба для подачи газа расположена так, чтобы обеспечить введение газа или смеси газов в смесительную камеру, которая расположена над полученным псевдоожиженным

слоем внутри реактора.

Предпочтительно получаемые циркулирующие кольцеобразные псевдоожиженные слои обладают преимуществами перед стационарным псевдоожиженным слоем, такими как достаточно длительное время удерживания твердых частиц, и преимуществами кругового псевдоожиженного слоя, такими как очень хороший массо- и теплоперенос. Неожиданно не было обнаружено недостатков обеих систем.

В верхней области центральной трубы для подачи газа первый газ или смесь газов захватывает твердые частицы из кольцеобразного стационарного псевдоожиженного слоя в смесительную камеру, так что благодаря высокой скорости твердых частиц и первого газа образуется интенсивно перемешиваемая суспензия при оптимальном тепло- и массопереносе.

Путем соответствующего регулирования кольцевого псевдоожиженного слоя, а также скоростей первого газа или смеси газов и псевдоожижающего газа плотность твердых частиц суспензии над областью отверстия трубы для подачи газа можно изменять в широких пределах. В случае, если в смесительной камере суспензия имеет высокое содержание твердых частиц, большая часть твердых частиц отделяется от суспензии и они падают обратно в кольцеобразный псевдоожиженный слой. Циркуляцию твердых частиц называют внутренней рециркуляцией твердых частиц, причем поток твердых частиц, циркулирующих при этой внутренней циркуляции, как правило, значительно превышает количество твердых частиц, подаваемых в реактор извне. Время удерживания твердых частиц в реакторе можно изменять в широких пределах. Благодаря высокому содержанию твердых частиц, с одной стороны, и качественной суспензии твердых частиц в газовой камере, с другой стороны, получают превосходные условия для хорошего массо- и теплопереноса над областью отверстия системы подачи газа.

Кроме того, важным моментом является то, что газ или смесь газов используют как теплоноситель. Это означает, что газ или смесь газов, вводимые через трубопровод для подачи газа, уже нагреты. Таким образом, горячий газ, введенный в так называемую смесительную камеру реактора, передает необходимую энергию в реактор. Таким образом, в псевдоожиженном слое отсутствуют точки локального перегрева, поскольку нагрев частицы происходит главным образом в зоне над кольцеобразным псевдоожиженным слоем, а именно, в так называемой смесительной камере.

Содержащие кислоту материалы подают во вращающуюся обжиговую печь при температуре приблизительно 100°C (температура на выходе смесителя или немного меньше). Передачи тепла материалу достигают главным образом с помощью внешних горелок через стенки печи. Материал нагревается и степень сульфатирования возрастает. В ходе сульфатирования получают газообразный SO_3 . В температурной зоне, где температура материала еще не достигла температуры точки росы, происходит коррозия. То же самое происходит, если установлена горелка непосредственного нагрева. Отличие от печи с псевдоожиженным слоем состоит в том, что вращающаяся печь имеет температурный градиент по длине, тогда как печь с псевдоожиженным слоем имеет постоянную температуру (выше точки росы) и свежий материал поглощается слоем уже горячего сульфатированного материала.

Кроме того, предпочтительно газ или смесь газов представляют собой отходящий газ или смесь газов последующей стадии процесса. Тем самым оптимизируют энергетический баланс всего процесса. Кроме того, поскольку газ или смесь газов вводят через систему подачи газа в реактор, нет необходимости в очистке этого отходящего газа или смеси газов, а содержащиеся в нем частицы снова подают в процесс.

Кроме того, предпочтительно гранулы имеют средний диаметр от 100 до 500 мкм, предпочтительно от 100 до 250 мкм. Также, не более 10 мас.%, предпочтительно не более 3 мас.% гранул имеет размер более 1 мм. Интервал размеров гранул является существенным для создания псевдоожиженного слоя, в котором все частицы имеют одинаковое время пребывания.

Другим аспектом изобретения является то, что отходящий газ низкотемпературного нагревания при температурах от 200 до 350°C используют в качестве газа или смеси газов для предварительного нагревания при температурах от 150 до 250°C в псевдоожиженном слое, и/или отходящий газ высокотемпературного нагревания при температурах от 500 до 800°C используют в качестве газа или смеси газов для низкотемпературного нагревания.

Таким образом, только стадию высокотемпературного нагревания необходимо осуществлять с помощью внешнего источника тепла, что позволяет оптимизировать энергетический баланс всей системы и также упростить технологическую схему процесса.

В еще одном воплощении изобретения отходящий газ или смесь газов псевдоожиженного слоя, наиболее предпочтительно отходящий газ или смесь газов стадии предварительного нагревания, подают на очистку для удаления газообразных SO_2 и SO_3 . Предпочтительно эти газы направляют на стадию дожигания, чтобы разложить SO_3 до SO_2 , и далее на поглощение жидкой кислотой с получением H_2SO_4 .

Также предпочтительно время пребывания гранул на стадии предварительного нагревания составляет от нескольких секунд до 5 мин, предпочтительно от 1 до 3 мин, и/или время пребывания гранул на низкотемпературном нагревании составляет от 5 до 20 мин, предпочтительно от 5 до 10 мин, а также время пребывания гранул на высокотемпературном нагревании составляет от 5 до 20 мин, предпочтительно от 8 до 15 мин. Посредством этого обеспечивают равномерный нагрев частиц руды при высоком выходе в единицу времени на единицу объема.

Еще одним аспектом изобретения является установка для получения урана и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента, выбираемого из группы, состоящей из церия, диспрозия, эрбия, европия, гадолиния, гольмия, лантана, лютеция, неодима, празеодима, прометия, самария, скандия, тербия, тулия, иттербия и иттрия из руды, содержащей уран и/или по меньшей мере один указанный редкоземельный элемент, характеризующаяся признаками, указанными в п.6 формулы изобретения. Такая установка включает по меньшей мере один гранулятор для смешивания руды с серной кислотой, имеющей концентрацию по меньшей мере 95 мас.%, предпочтительно 98 мас.%, с получением смеси и гранулирования полученной смеси в виде гранул.

Кроме того, данная установка включает соединенные последовательно реакторы с псевдоожиженными слоями для термической обработки при температурах от 150 до 350°C, содержащие подающие линии для подачи гранул в псевдоожиженные слои. Кроме того, каждый реактор с псевдоожиженным слоем содержит систему подачи газа, которая окружена камерой, проходящей, по меньшей мере, частично вокруг трубы для подачи газа, причем в камере при эксплуатации сформирован стационарный кольцеобразный псевдоожиженный слой. Кроме того, установка включает реактор с псевдоожиженным слоем, расположенный ниже по потоку, для термической обработки при температурах от 500 до 800°C, и линии для отходящих газов из реакторов ниже по потоку в системы подачи газа реакторов с псевдоожиженными слоями выше по потоку так, что отходящий газ или смесь газов последующего реактора с псевдоожиженным слоем используют в качестве газа или смеси газов, подаваемой через систему подачи газа в реактор с псевдоожиженным слоем в качестве теплоносителя. Тем самым повышают эффективность использования энергии процесса.

Кроме того, в предпочтительном воплощении система подачи газа содержит трубопровод для подачи газа, проходящий, по существу, вертикально вверх из нижней области реактора с псевдоожиженным слоем в так называемую смесительную камеру реактора с псевдоожиженным слоем. Посредством этого газы, подаваемые в реактор и поступающие из системы подачи газа, захватывают твердые частицы из стационарного кольцеобразного псевдоожиженного слоя в смесительную камеру.

Однако также возможно система подачи газа заканчивается ниже поверхности кольцеобразного псевдоожиженного слоя. Тогда газ поступает в кольцеобразный псевдоожиженный слой, например, через боковые ответвления, доставляя твердые частицы из кольцеобразного псевдоожиженного слоя в смесительную камеру благодаря скорости своего потока.

Предпочтительной в качестве системы подачи газа является центральная труба. Центральная труба на своем выходном отверстии может быть выполнена в виде сопла и/или может содержать одно или более ответвлений, распределенных на ее доступной поверхности, через которые при эксплуатации реактора твердые частицы постоянно поступают в центральную трубу так, что частицы с помощью первого газа или смеси газов в центральной трубе поступают в смесительную камеру. Конечно, в реакторе также могут быть обеспечены две или более центральных трубы различного или одинакового размера и формы. Однако, предпочтительно, по меньшей мере одна из центральных труб расположена приблизительно в центре относительно площади поперечного сечения реактора.

В соответствии с предпочтительным воплощением обеспечивают сепаратор, в частности циклон, ниже по потоку от каждого псевдоожиженного слоя по изобретению, для отделения твердых частиц.

Развитие, преимущества и прикладные возможности изобретения также вытекают из последующего описания способа. Все признаки, описанные и/или проиллюстрированные на чертеже, являются предметом изобретения как таковые или в любом сочетании независимо от их включения в формулу изобретения или их отсылки.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематически представлен способ в соответствии с изобретением.

Руду, содержащую уран и/или по меньшей мере один элемент из группы, состоящей из церия, диспрозия, эрбия, европия, гадолиния, гольмия, лантана, лютеция, неодима, празеодима, прометия, самария, скандия, тербия, тулия, иттербия и иттрия, измельчают и подают на грануляцию 11. Там ее смешивают с серной кислотой из кислотной линии 12. Полученную смесь гранулируют с получением гранул, причем по меньшей мере 90% гранул имеют диаметр от 150 до 300 мкм. Температура при грануляции составляет от 80 до 120°C.

Полученные гранулы подают через линию 13 в реактор 20 с псевдоожиженным слоем. Реактор 20 с псевдоожиженным слоем для предварительного нагревания выполнен так, что при эксплуатации в нем формируют циркулирующий кольцеобразный псевдоожиженный слой 22 для предварительного нагревания. Псевдоожиженный слой 22 для предварительного нагревания псевдоожижают через линию 25. Система 21 смешивания газов для предварительного нагревания расположена так, что кольцеобразный псевдоожиженный слой 22 для предварительного нагревания окружает систему 21 подачи газа для предварительного нагревания. Конец системы 21 подачи газа для предварительного нагревания расположен над кольцеобразным псевдоожиженным слоем 22 для предварительного нагревания в смесительной камере 23 для предварительного нагревания.

Газ или смесь газов в системе 21 подачи газа, подаваемая через линию 53, представляет собой отходящий газ или смесь газов со второй стадии нагревания, так называемой стадии низкотемпературного

нагрева, которую осуществляют в реакторе с псевдоожиженным слоем 30 для низкотемпературного нагрева. Конструкция реактора 30 с псевдоожиженным слоем для низкотемпературного нагрева соответствует конструкции реактора 20 с псевдоожиженным слоем для предварительного нагрева. Кольцеобразный псевдоожиженный слой 32 для низкотемпературного нагрева псевдоожижают через линии 35. Также он включает систему 31 подачи газа для низкотемпературного нагрева, окруженную при эксплуатации кольцеобразным псевдоожиженным слоем 32 для низкотемпературного нагрева. Система 31 подачи газа для низкотемпературного нагрева заканчивается выше кольцеобразного псевдоожиженного слоя 32 для низкотемпературного нагрева в так называемой смесительной камере 33 для низкотемпературного нагрева. Газ или смесь газов, подаваемая через линию 52 в систему 31 подачи газа для низкотемпературного нагрева, представляет собой отходящий газ или смесь газов реактора 40 с псевдоожиженным слоем для высокотемпературного нагрева.

Кроме того, реактор 40 с псевдоожиженным слоем для высокотемпературного нагрева содержит циркулирующий кольцеобразный псевдоожиженный слой 42 для высокотемпературного нагрева и систему 41 подачи газа для высокотемпературного нагрева, окруженную циркулирующим кольцеобразным псевдоожиженным слоем 42 для высокотемпературного нагрева, который псевдоожижают через линии 45. При эксплуатации система подачи газа заканчивается над кольцеобразным псевдоожиженным слоем 42 для высокотемпературного нагрева в смесительной камере 43 для высокотемпературного нагрева.

Газовую смесь для псевдоожиженного слоя для высокотемпературного нагрева 40 подают через линию 51. Газовая смесь линии 51 может представлять собой воздух, который используют в качестве воздуха для сжигания топлива, вводимого в реактор 40 с псевдоожиженным слоем. Топливо может представлять собой уголь, природный газ, дизельное топливо, тяжелое топливо и т.д., и его вводят через линию 59.

Полученные в данном способе сульфаты отводят из кольцеобразного псевдоожиженного слоя 42 через линию 44 и направляют на последующие технологические стадии, такие как выщелачивание. Также отфильтровывают оставшиеся твердые частицы. При выщелачивании (не показано) уран и/или по меньшей мере один редкоземельный элемент находятся в форме растворимых сульфатов, которые растворяются в воде при повышенной температуре, в то время как большая часть примесей, таких как железо, являются нерастворимыми оксидами. После выщелачивания эти примеси удаляют посредством стадии разделения жидкости и твердого тела. Оставшийся фильтрат содержит растворенный уран и/или по меньшей мере один редкоземельный элемент. Возможно содержащиеся растворенные примеси удаляют на последующих стадиях очистки. Конечный раствор содержит только ценные элементы (уран и/или по меньшей мере один редкоземельный элемент). Этот раствор пропускают через дополнительные стадии обработки для извлечения ценных элементов в виде требуемого соединения.

Для оптимизации энергетического баланса представленного способа отходящие газы высокотемпературного реактора 40 используют в качестве теплоносителя, подаваемого через систему подачи газа в низкотемпературный реактор 30 с псевдоожиженным слоем, тогда как отходящие газы реактора 30 с псевдоожиженным слоем для низкотемпературного нагрева перемещают через линию 53 в реактор с псевдоожиженным 20 слоем для предварительного нагрева в качестве теплоносителя.

Полученный отходящий газ подают в сепаратор 54, в котором твердые частицы отделяют от газа. Твердые частицы подают обратно в реактор 20 с псевдоожиженным слоем для предварительного нагрева через линию 52, при этом газ пропускают через стадию 57 очистки через линию 56. На стадии 57 очистки газа SO_3 разлагают до SO_2 . Эти газы подают через линию 58 в установку для производства серной кислоты, которая не показана.

Перечень обозначений

- 10 - Гранулятор для смешивания с кислотой и гранулирования;
- 11-13 - линия;
- 20 - реактор с псевдоожиженным слоем для предварительного нагрева;
- 21 - система подачи газа для предварительного нагрева;
- 22 - кольцеобразный псевдоожиженный слой для предварительного нагрева;
- 23 - смесительная камера для предварительного нагрева;
- 24 - линия;
- 25 - система псевдоожижения газа для предварительного нагрева;
- 30 - реактор с псевдоожиженным слоем для низкотемпературного нагрева;
- 31 - система подачи газа для низкотемпературного нагрева;
- 32 - кольцеобразный псевдоожиженный слой для низкотемпературного нагрева;
- 33 - смесительная камера для низкотемпературного нагрева;
- 34 - линия;
- 35 - система псевдоожижения газа для низкотемпературного нагрева;
- 40 - реактор с псевдоожиженным слоем для высокотемпературного нагрева;
- 41 - система подачи газа для высокотемпературного нагрева;
- 42 - кольцеобразный псевдоожиженный слой для высокотемпературного нагрева;

- 43 - смесительная камера для высокотемпературного нагревания;
- 44 - линия;
- 45 - система псевдоожижения газа;
- 51-53 - линия;
- 54 - сепаратор;
- 55, 56 - линия;
- 57 - очистка газа;
- 58, 59 - линия.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения урана (U) и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента, выбираемого из группы, состоящей из церия (Ce), диспрозия (Dy), эрбия (Er), европия (Eu), гадолиния (Gd), гольмия (Ho), лантана (La), лютеция (Lu), неодима (Nd), празеодима (Pr), прометия (Pm), самария (Sm), скандия (Sc), тербия (Tb), тулия (Tm), иттербия (Yb) и иттрия (Y), из руды, содержащей уран и/или по меньшей мере один указанный редкоземельный элемент, где руду смешивают с серной кислотой, имеющей концентрацию по меньшей мере 95 мас.%, с получением смеси, смесь гранулируют с получением гранул, гранулы подают по меньшей мере в два соединенные последовательно реактора с псевдоожиженными слоями, псевдоожижаемыми с помощью псевдоожижающего газа, для термической обработки при температурах от 150 до 800°C, причем по меньшей мере два псевдоожиженных слоя формируют так, что они, по меньшей мере, частично окружают трубу для подачи газа или смеси газов в реактор, и газ или смесь газов используют в качестве теплоносителя, где отходящий газ или смесь газов низкотемпературного нагревания при температурах от 200 до 350°C используют в качестве газа или смеси газов для предварительного нагревания при температурах от 150 до 250°C в псевдоожиженном слое, и/или отходящий газ или смесь газов высокотемпературного нагревания при температурах от 500 до 800°C используют в качестве газа или смеси газов для низкотемпературного нагревания, затем гранулы подвергают выщелачиванию в воде при повышенной температуре для растворения урана и/или по меньшей мере одного указанного редкоземельного элемента и осуществляют стадию разделения жидкости и твердого тела с получением фильтрата, содержащего растворенный уран и/или по меньшей мере один указанный редкоземельный элемент.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что газ или смесь газов представляет собой отходящий газ или смесь газов с последующей стадии процесса.

3. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что гранулы имеют средний диаметр от 100 до 500 мкм и/или 10 мас.% гранул имеет диаметр более 1 мм.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что отходящий газ или смесь газов предварительного нагревания подают на очистку.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что время пребывания гранул на стадии предварительного нагревания составляет от 1 с до 5 мин, и/или время пребывания гранул на стадии низкотемпературного нагревания составляет от 5 до 20 мин, и/или время пребывания гранул на стадии высокотемпературного нагревания составляет от 5 до 20 мин.

6. Установка для получения урана (U) и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента, выбираемого из группы, состоящей из церия (Ce), диспрозия (Dy), эрбия (Er), европия (Eu), гадолиния (Gd), гольмия (Ho), лантана (La), лютеция (Lu), неодима (Nd), празеодима (Pr), прометия (Pm), самария (Sm), скандия (Sc), тербия (Tb), тулия (Tm), иттербия (Yb) и иттрия (Y), из руды, содержащей уран и/или по меньшей мере один указанный редкоземельный элемент, способом по любому из пп.1-5, включающая гранулятор (10) для смешивания руды с серной кислотой, имеющей концентрацию по меньшей мере 95 мас.%, с получением смеси и гранулирования полученной смеси в виде гранул, соединенные последовательно реакторы (20 и 30) с псевдоожиженными слоями (22 и 32) для термической обработки при температурах от 150 до 350°C с подающими линиями (13 и 24) для подачи гранул в псевдоожиженные слои (22 и 32), при этом реакторы (20 и 30) с псевдоожиженными слоями (22 и 32) содержат системы (21 и 31) подачи газа, которые, по меньшей мере, частично окружены стационарными кольцеобразными псевдоожиженными слоями (22 и 32) при эксплуатации, реактор (40) с псевдоожиженным слоем, расположенный ниже по потоку, для термической обработки при температурах от 500 до 800°C, линии (52 и 53) отходящих газов из реакторов (30 и 40) ниже по потоку в системы (21 и 31) подачи газа реакторов (20 и 30) с псевдоожиженными слоями (22 и 32), средство выщелачивания и средство разделения жидкости и твердого тела.

7. Установка по п.6, отличающаяся тем, что реактор с псевдоожиженным слоем содержит систему (21, 31) подачи газа, проходящую, по существу, вертикально вверх из нижней области реактора (20, 30) с псевдоожиженным слоем в смесительную камеру (23, 33) реактора (20, 30) с псевдоожиженным слоем.

