



(51) МПК

C22B 3/18 (2006.01)*C22B* 60/00 (2006.01)*G21F* 9/04 (2006.01)*G21G* 7/00 (2009.01)*C12N* 1/20 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014119570/10, 15.05.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.05.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.05.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2015 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 20.09.2015 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: UA 38062 U, 25.12.2008. CN 103572047 A, 12.02.2014. RU 2052223 C1, 10.01.1996. VYSOTSKII V. I. et al. "Successful Experiments On Utilization Of High-Activity Nuclear Waste In The Process Of Transmutation In Growing Associations Of Microbiological Cultures", in Tenth International Conference on Cold Fusion. 2003. Cambridge, MA: LENR-CANR.org. (см. прод.)

Адрес для переписки:

420043, г.Казань, ул. Вишневского, 14, кв. 63, В.М.
Курашову, Т.В. Сахно

(72) Автор(ы):

Курашов Виктор Михайлович (RU),
Сахно Тамара Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Курашов Виктор Михайлович (RU),
Сахно Тамара Владимировна (RU)

(54) МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ТРАНСМУТАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ИЗОТОПОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области биотехнологии и трансмутации химических элементов. Радиоактивное сырье, содержащее радиоактивные химические элементы или их изотопы, обрабатывают водной суспензией бактерий рода *Thiobacillus* в присутствии элементов с переменной валентностью. В качестве радиоактивного сырья используют руды или радиоактивные отходы ядерных циклов. Способ ведут с получением полония, радона, франция,

радия, актиния, тория, протактиния, урана, нептуния, америция, никеля, марганца, брома, гафния, иттербия, ртути, золота, платины и их изотопов. Изобретение позволяет получать ценные радиоактивные элементы, осуществлять инактивацию ядерных отходов с превращением радиоактивных изотопов элементов отходов в стабильные изотопы. 2 з.п. ф-лы, 18 ил., 5 табл., 9 пр.

(56) (продолжение):

Найдено в Интернет <URL: <http://lenr-canr.org/acrobat/VysotskiiVsuccessful.pdf>. VYSOTSKII V. I. et al. "Transmutation of stable isotopes and deactivation of radioactive waste in growing biological systems", *Annals of Nuclear Energy*, 2013, pp.1-8. RU 2002101281 A, 27.09.2003.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C22B 3/18 (2006.01)*C22B* 60/00 (2006.01)*G21F* 9/04 (2006.01)*G21G* 7/00 (2009.01)*C12N* 1/20 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014119570/10, 15.05.2014

(24) Effective date for property rights:
15.05.2014

Priority:

(22) Date of filing: 15.05.2014

(43) Application published: 20.04.2015 Bull. № 11

(45) Date of publication: 20.09.2015 Bull. № 26

Mail address:

420043, g.Kazan', ul. Vishnevskogo, 14, kv. 63, V.M.
Kurashovu, T.V. Sakhno

(72) Inventor(s):

**Kurashov Viktor Mikhajlovich (RU),
Sakhno Tamara Vladimirovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Kurashov Viktor Mikhajlovich (RU),
Sakhno Tamara Vladimirovna (RU)**(54) **MICROBIOLOGICAL METHOD OF TRANSMUTATION OF CHEMICAL ELEMENTS AND CONVERSION OF ISOTOPES OF CHEMICAL ELEMENTS**

(57) Abstract:

FIELD: biotechnology.

SUBSTANCE: radioactive raw materials containing radioactive chemical elements or their isotopes, are treated with an aqueous suspension of bacteria of *Thiobacillus* in the presence of elements with variable valence. The radioactive raw materials are used as ores or radioactive wastes of nuclear cycles. The method is implemented to obtain polonium, radon, francium, radium, actinium, thorium, protactinium, uranium,

neptunium, americium, nickel, manganese, bromine, hafnium, ytterbium, mercury, gold, platinum, and their isotopes.

EFFECT: invention enables to obtain valuable radioactive elements, to carry out the inactivation of nuclear wastes with the conversion of radioactive isotopes of the waste elements into stable isotopes.

3 cl, 18 dwg, 5 tbl, 9 ex

Изобретение относится к области трансмутации химических элементов и превращения радиоактивных изотопов, то есть к искусственному получению одних химических элементов из других химических элементов. В частности, способ позволяет получать редкие и ценные элементы: полоний, радон, франций, радий и актиниды - актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, а также различные изотопы перечисленных и иных элементов.

Известны превращения химических элементов, образование новых изотопов элементов и новых химических элементов при ядерных распадах и синтезах химических элементов, применяемые в традиционных атомных реакторах, на атомных электростанциях (АЭС), в научных ядерных реакторах, например, при облучении химических элементов нейтронами, или протонами, или альфа-частицами.

Известен способ получения радионуклида никель-63 в реакторе из мишени, предусматривающий получение обогащенной по никелю-62 никелевой мишени, облучение мишени в реакторе с последующим обогащением облученного продукта по никелю-63 при извлечении из продукта изотопа никель-64 (RU 2313149, 2007). Преимуществом способа является получение продукта высокого качества, который предназначен для использования в автономных источниках электрической энергии, в детекторах взрывчатых веществ и пр. Воспроизводимость результатов подтверждена данными анализа изотопного состава элементов методами масс-спектрометрии.

Однако, способ является сложным и небезопасным, требует промышленной степени безопасности.

Известен также способ трансмутации элементов - долгоживущих радиоактивных нуклидов, в том числе возникающих в облученном ядерном топливе (RU 2415486, 2011). Способ заключается в облучении нейтронным потоком трансмутируемого материала, причем облучение проводят нейтронами, полученными в реакциях ядерного синтеза в сформированной предварительно плазме нейтронного источника, при определенном размещении рассеивающей нейтроны среды. Данный способ основан на реакциях ядерного синтеза в токамаке, также является сложным и требует специального оборудования.

Известен способ получения радионуклидов Th-228 и Ra-224, который также реализуется в условиях реакторной технологии. Технология является достаточно сложной и имеет ограничения по безопасности (RU 2317607, 2008).

Таким образом, при получении химических элементов и их изотопов, в основном, традиционно используют ядерные реакции с применением ядерных реакторов и другого сложного оборудования при высоких энергетических затратах.

Известны попытки решить проблему получения радиоактивных изотопов в процессе ядерной трансмутации элементов более безопасным способом, используя микроорганизмы. Известен, в частности, способ преобразования изотопов с использованием микроорганизмов, предусматривающий выращивание микробиологической культуры *Deinosoccus radiodurans* на питательной среде, содержащей необходимые для трансмутации исходные изотопные компоненты, а также дефицитной по близкому химическому аналогу целевого элемента. В состав среды вводят такие исходные изотопные компоненты, которые радиоактивны и в процессе трансмутации способны привести к образованию целевого химического элемента в виде стабильного или радиоактивного изотопа, который усваивается микробиологической культурой, а затем остается стабильным или остается радиоактивным или распадается до необходимого стабильного изотопа (RU 2002101281 А, 2003). Данный способ не обеспечивает высокого выхода целевого изотопа, а также требует применения

ионизирующего излучения как пускового и поддерживающего реакцию фактора.

Также известен способ получения стабильных изотопов за счет ядерной трансмутации типа низкотемпературного ядерного синтеза элементов в микробиологических культурах (RU 2052223, 1996). Способ заключается в том, что на клетки микроорганизмов, выращиваемые в питательной среде, дефицитной по целевому изотопу (целевым изотопам) воздействуют факторами, способствующими разрушению межатомных связей и приводящими к увеличению в ней концентрации свободных атомов или ионов изотопов водорода. Питательную среду готовят на основе тяжелой воды и вводят в нее дефицитные для среды нестабильные изотопы, распадающиеся в конечном итоге с образованием целевых стабильных изотопов. В качестве фактора, разрушающего межатомные связи используют ионизирующее излучение. Данный способ основан на применении ионизирующего излучения, не предназначен для промышленного масштабирования, требует высоких энергетических и финансовых затрат.

Все перечисленные химические элементы, их изотопы и побочные продукты донные получают сложными и небезопасными традиционными методами путем традиционных ядерных реакций в малых (иногда - в микро) количествах, явно недостаточных для обеспечения энергетических, технических, промышленных, технических и научных нужд человечества. Описываемый микробиологический способ трансмутации химических элементов позволяет получать все вышеперечисленные химические элементы и их изотопы практически в неограниченных количествах, простым в исполнении, безопасным для персонала и населения, экологически чистым способом, не требующим больших расходов материалов, воды, тепла, электроэнергии и нагрева, обеспечивая при этом энергетические, промышленные, технические и научные проблемы цивилизации. Данные элементы и изотопы несут колоссальные запасы энергии, имеют чрезвычайно высокую ценность и продажную цену на рынке.

Предлагается микробиологический способ трансмутации химических элементов и превращения изотопов химических элементов, характеризующийся тем, что радиоактивное сырье, содержащее радиоактивные химические элементы или их изотопы, обрабатывают водной суспензией бактерий рода *Thiobacillus* в присутствии любых s, p, d, f-элементов с переменной валентностью. Подбор элементов с переменной валентностью осуществляется по принципу создания высокого окислительно-восстановительного потенциала. То есть ключевым фактором такого подбора, или просто ориентации на те или иные элементы с переменной валентностью, привносимые в реакционную среду, является окислительно-восстановительный потенциал, величина которого оптимальна в диапазоне 400-800 мВ (например, в примерах 1, 2, 3, 4 $E_h=635$ мВ, 798 мВ, 753 мВ и 717 мВ, соответственно).

Элементы с переменной валентностью, как в восстановленной, так и в окисленной формах, создающие стандартный окислительно-восстановительный потенциал, участвуют в осуществлении пусковых и контролируемых механизмов инициирования и ускорения альфа-, бета-минус и бета-плюс распадов радиоактивных изотопов элементов любой группы бактериями рода *Thiobacillus*.

Способ ведет к получению полония, радона, франция, радия, актиния, тория, протактиния, урана, нептуния, америция и их изотопов, а также никеля, марганца, брома, гафния, иттербия, ртути, золота, платины и их изотопов. В качестве радиоактивного сырья, содержащего радиоактивные химические элементы, можно использовать руды или радиоактивные отходы ядерных циклов.

По заявленному способу получены из сырья, содержащего природные уран-238 и торий-232, следующие элементы:

1. Протактиний, актиний, радий, полоний и различные изотопы данных элементов (таблицы 1, 2, 3, 4; схемы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; фигуры от 1 до 17).

2. Франций (фигуры 4, 5, 6, 7, 9, 14).

3. Иттербий, гафний, галлий, никель (таблица 1; фигуры 2, 3, 4, 5, 6, 7), золото (таблица 1; фигуры 6, 7), ртуть (таблицы 1, 2; схемы 9, 10; фигуры 4, 5, 11), платина (таблица 1; схемы 9, 10; фигуры 4, 5, 6, 7).

4. Содержание железа в среде уменьшается, появляется никель (в исходной руде никеля не было), причем содержание никеля увеличивается в динамике (Таблица 1), так как железо принимает на себя альфа-частицы, переносимые бактериями с альфа-радиоактивных элементов, превращаясь в никель. Отрыв протона от ядра железа приводит к увеличению содержания марганца в среде (превращение железа в марганец) и, соответственно, к уменьшению содержания железа (Таблица 1).

5. Из полония, являющегося продуктом распада актинидов в микробиологическом процессе трансмутации элементов, получены различные изотопы таллия, ртути, золота, платины, в том числе, стабильные (таблицы 1, 2; схемы 10, 11; таблицы 1, 2; фигуры 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11).

6. Из плутония-239 получены редкие изотопы: уран-235, торий-231, протактиний-231, актиний-227 (схема 12).

7. Из плутония-241, являющегося побочным продуктом сгорания урана в реакторе, получены редкие в природе и промышленности, и дефицитные изотопы америция и нептуния, ^{241}Am и ^{237}Np (схема 13).

Таким образом, описываемый микробиологический способ решает проблемы обеспечения энергией и редкими дефицитными материалами различных областей промышленности, науки и техники.

Ранее, все перечисленные элементы и их различные изотопы были получены искусственно в небольших и микро-количествах (в граммах, миллиграммах, микрограммах и меньше) при ядерных реакциях и процессах, в ядерных реакторах, как продукты распада урана и тория, а также плутония, радия. Искусственным путем при ядерных реакциях были также получены изотопы тория и урана. Авторами получены данным способом следующие элементы: полоний, радон, франций, радий и актиниды - актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний, америций и различные изотопы перечисленных элементов, а также различные изотопы тория и урана - торий-227, торий-228, торий-230, торий-234; уран-231, уран-232, уран-233, уран-234, уран-235, уран-236, уран-239, а также марганец, никель, галлий, бром, гафний, иттербий, таллий, ртуть, золото, платина (см. схемы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 и таблицы 1, 2, 3, 4).

Заявляемый способ трансмутации химических элементов позволяет получать все вышеперечисленные химические элементы и их изотопы практически в неограниченных количествах.

Описываемый способ трансмутации элементов позволяет также инактивировать и обезвреживать ядерные отходы, например, отходы сгорания ядерного топлива (урана) с АЭС, содержащие уран, плутоний, их изотопы и продукты деления и распада (продукты изотопных переходов): изотопы урана и плутония (см. схему 13), радия и полония, радиоактивнее изотопы стронция, йода, цезия, радона, ксенона и других продуктов альфа- и бета-распада, и спонтанного деления урана и плутония.

Необходимо отметить, что известные традиционные ядерные реакторные методы получения и выделения полония, радия, актиния, протактиния, нептуния, америция, их изотопов и ценных изотопов тория и урана технологически трудно исполнимы, высокочрезмерно затратны, требуют сложного дорогостоящего оборудования и опасны для

здоровья человека и для окружающей среды, в отличие от заявляемого способа. Также известные традиционные ядерные реакторные методы получения и выделения полония, радия, актиния, протактиния, нептуния, америция, их изотопов и ценных изотопов тория и урана не обеспечивают потребностей энергетики и других различных областей науки и техники в данных химических элементах и в их изотопах.

В заявленном способе бактерии рода *Thiobacillus* (например, видов *Thiobacillus aquaesulis* или *Thiobacillus ferrooxidans*) в присутствии элементов с переменной валентностью, инициируют и ускоряют естественные природные процессы радиоактивного распада и изотопных переходов радиоактивных элементов. При этом время естественных ядерных реакций и изотопных переходов ускоряется в тысячи, миллионы и миллиарды раз - в зависимости от естественного периода полураспада исходных изотопов тех или иных химических элементов.

В качестве исходного сырья используется любое сырье и материалы, содержащие радиоактивные элементы, а именно: 1. Природный уран и торий в виде руд: урановые и/или ториевые руды, или пески, например, монацитовые пески, содержащие торий, фосфаты/фосфориты; любые руды, содержащие примеси тория, урана, плутония в любых количествах и соотношениях друг к другу. 2. Плутоний (см. схемы 12, 13), уран, торий и другие радиоактивные элементы, полученные в ядерных реакторах, в том числе, являющиеся отходами ядерных циклов. 3. Любые другие промышленные компоненты и отходы, содержащие в себе любые актиниды, главным образом, торий, уран, или плутоний, как более распространенные, доступные и дешевые на рынке, любые из этих элементов в любом соотношении между собой. 4. Радиоактивные продукты распада рядов плутония, урана, тория: радий, радон, полоний. 5. Полоний, являющийся продуктом распада актинидов в микробиологическом процессе трансмутации элементов, для получения различных редких изотопов таллия, ртути, золота, платины, в том числе, их стабильных изотопов. 6. Радиоактивные продукты (осколки) деления плутония и урана - радиоактивные изотопы стронция, иттрия, цезия, йода и других элементов; их трансмутация целесообразна с целью их превращения в нерадиоактивные и неопасные для человека элементы и изотопы, для улучшения экологии. 7. Все перечисленные виды исходного сырья (элементы) для микробиологической обработки используются как по отдельности, так и вместе, в любых соотношениях друг с другом.

Сырье, содержащее любой из вышеперечисленных радиоактивных элементов, обрабатывается водным раствором бактерий рода *Thiobacillus*, например, вида *Thiobacillus aquaesullis* или *Thiobacillus ferrooxidans*, или их смесью в любой пропорции по отношению друг к другу, или любыми видами сероокисляющих бактерий, в присутствии элементов с переменной валентностью, в обычных условиях жизнедеятельности микроорганизмов.

Способ не требует дорогостоящих и опасных для людей и экологии ядерных реакторов, проводится в обычных условиях, в обычных емкостях, при обычной температуре окружающей среды (вполне приемлемые значения от 4 до 60 градусов Цельсия), при обычном атмосферном давлении, не требует расхода пресной воды.

Механизмы

В нашем способе микроорганизмы инициируют и ускоряют альфа-распад ($-\alpha$), бета-минус ($-\beta$), и бета-плюс ($+\beta$) распад (электронный захват). Микроорганизмы захватывают в ядрах тяжелых элементов (главным образом, в любых f-элементах и в тяжелых s-элементах) протоны, альфа-частицы (два протона и два нейтрона) и электроны (бета-минус распад), перенося при этом захваченные протоны, альфа-частицы и электроны на другие элементы, главным образом, на d- и p-элементы, например, на мышьяк и

железо. Также микроорганизмы могут переносить протоны, альфа-частицы, электроны и позитроны на другие элементы, например, на f-элемент иттербий, в случае его наличия в среде. Бактериальный захват и отрыв протонов, альфа-частиц и электронов происходит у радиоактивных элементов f-группы и s-группы (согласно классификации периодической системе элементов). Также бактерии инициируют и ускоряют бета-плюс ($+\beta$) распад (электронный захват) в ядрах бета-плюс радиоактивных изотопов элементов любой группы, перенося в ядро данных элементов электрон, полученный в процессе бета-минус ($-\beta$) распада других изотопов, подвергнутых бета-минус распаду, или захваченный у присутствующих в среде элементов переменной валентности (не радиоактивных) в процессе их бактериального окисления.

Бактериальный перенос протонов (P), альфа-частиц (α) и электронов (e^-) осуществляется на элементы d-группы (например, на железо и другие), на элементы p-группы (например, на мышьяк и на другие) и на элементы s-группы (стронций, цезий, радий и на другие).

Бактериальный захват и отрыв протонов, альфа-частиц и электронов происходит у альфа- и бета-радиоактивных изотопов элементов f-группы, s-группы и p-группы, которые сами по себе естественно (природно) альфа- или бета-радиоактивны, при этом бактерии инициируют и в миллионы и миллиарды раз ускоряют процессы альфа- и бета-распада.

Био-альфа-распад ($-\alpha$)

В процессе альфа-распада, при потере ядрами двух протонов, элементы f- и s-групп превращаются в более легкие элементы (переход на две клетки вперед по таблице периодической системы элементов).

После захвата и отрыва от f- и s-элементов протонов и альфа-частиц, бактерии переносят эти протоны и альфа-частицы на различные элементы d-, p- и s-групп, превращая их другие элементы - следующие по расположению в периодической системе химических элементов (переход на одну или две клетки вперед по таблице периодической системы элементов).

При бактериальном переносе альфа-частиц от f-элементов на железо, железо превращается в никель (см. Таблицу 1); при бактериальном переносе протонов и альфа-частиц от f-элементов на мышьяк, мышьяк превращается в бром (см. Таблицу 1); при бактериальном переносе протонов и альфа-частиц от f-элементов на иттербий, иттербий превращается в гафний (см. Таблицу 1).

Био-бета-распад ($-\beta$, $+\beta$)

Бактерии провоцируют и во много раз ускоряют оба вида бета-распада: бета-минус распад и бета-плюс распад.

Бета-минус распад ($-\beta$) - это испускание ядром электрона, в результате чего происходит превращение нейтрона в протон с превращением элемента в следующий по расположению в периодической системе химических элементов (переход на одну клетку вперед по таблице периодической системы элементов).

Бета-плюс распад ($+\beta$) - захват ядром электрона, в результате происходит превращение протона в нейтрон с превращением элемента в предыдущий по расположению в периодической системе химических элементов (переход на одну клетку назад по таблице периодической системы элементов).

В процессе спровоцированного и ускоренного бактериями бета-распада, в ряде случаев, происходит последующее испускание так называемого запаздывающего нейтрона - уже самопроизвольно, естественным путем согласно физическим законам изотопных распадов и переходов, с получением более легкого изотопа данного элемента.

Использование механизма испускания запаздывающего нейтрона позволяет еще более расширить список получаемых элементов и изотопов, а также прогнозировать и регулировать процесс био-трансмутации (останавливать его в нужное время).

5 Бактерии инициируют и ускоряют бета-распад - испускание ядром электрона или внедрение электрона в ядро (электронный захват) бета-радиоактивных химических элементов. Бактерии инициируют и ускоряют бета-распад изотопов элементов, как
первично содержащихся в сырье, в среде, так и изотопов элементов, полученных искусственно в биопроцессе, после спровоцированного бактериями альфа-распада. Последний факт - бета-распад, происходящий после бактериально-индуцированного
10 альфа-распада имеет большую практическую значимость с целью получения ценных дефицитных энергетически-важных элементов и изотопов.

Бактерии захватывают и отрывают электроны также у более легких, по сравнению с f-элементами, ядер, а именно у бета-минус радиоактивных изотопов - продуктов («осколков») деления урана и плутония, например, у ядер стронция-90, иттрия-90, йода-
15 129, йода-130, цезия-133, цезия-137 и некоторых других элементов, которые превращаются в процессе данного бета-распада в стабильные элементы. При этом в ядре химического элемента происходит превращение нейтрона в протон, и смещение порядкового номера элемента на одну или две (в зависимости от исходного изотопа) клетки вперед по таблице периодической системы элементов. Данный процесс позволяет
20 радикально и экологически чисто избавляться от высокордиоактивных отходов ядерных производств и АЭС, т.е. от продуктов сгорания ядерного топлива, которые содержат радиоактивные элементы - «осколки» деления урана, плутония и других трансурановых элементов - актинидов, а также продукты деления тория, в случае его использования в ториевом ядерном цикле.

25 Электрон, захваченный бактериями при бета-минус распаде, бактерии переносят в ядра бета-плюс радиоактивных изотопов элементов (в случае их наличия в среде). В процессе идут также окислительно-восстановительные реакции. Например, при бактериальном переносе электронов на железо (III) последнее превращается в железо (II), при бактериальном переносе электронов на мышьяк (V) последний превращается
30 в мышьяк (III). Поверхностный заряд клеток бактерий обуславливается диссоциацией ионогенных групп клеточной стенки, которая состоит из белков, фосфолипидов и липополисахаридов. При физиологическом значении pH микробных клеток, бактерии несут на своей поверхности избыточный отрицательный заряд, который образуется вследствие диссоциации ионогенных, преимущественно кислотных, групп клеточной
35 поверхности. Отрицательно заряженная поверхность микробных клеток притягивает из окружающей среды противоположно-заряженные ионы, которые под воздействием электростатических сил стремятся приблизиться к ионизированным группам клеточной мембраны. В результате клетка оказывается окруженной двойным электрическим слоем (адсорбционным и диффузионным). Заряд клетки постоянно колеблется в зависимости
40 от процессов, происходящих в окружающей среде. При воздействии альфа-частиц, отрицательный заряд клеток падает (по абсолютной величине) и превращается в положительный заряд, что ускоряет процессы бета-распада. Далее, при воздействии электронов, выделенных при бета-распаде из радиоактивных элементов, а также электронов, перешедших из элементов переменной валентности в восстановленной
45 форме в адсорбционный слой микроорганизмов, отрицательный заряд микроорганизмов увеличивается (по абсолютной величине), переворачивается с положительного на отрицательный, что ускоряет процессы альфа-распада, оттягивания положительно-заряженных протонов и альфа частиц из атомов химических элементов. Эти ускоряющие

процессы происходят за счет электрических взаимодействий отрицательно и положительно заряженных группировок поверхности клеток с альфа- и бета-частицами радиоактивных элементов, соответственно. В логарифмической стадии роста микроорганизмов отрицательный заряд клеток достигает максимального значения, что приводит к максимальной скорости трансформации, превращения элементов. Процессы превращения химических элементов могут происходить как внутри бактериальных клеток, так и на поверхности клеточной стенки в адсорбционном слое двойного электрического слоя.

Таким образом, микробные клетки, лабильно меняя свои зарядные характеристики, являются регулирующей и ускоряющей системой нескольких видов радиоактивного распада и превращения одних элементов в другие.

С целью ускорения процессов трансмутации химических элементов микроорганизмами, когда заряд микроорганизмов приближался к изоэлектрической точке в реакционном растворе, используются поверхностно-активные вещества (ПАВ). Полиамфолиты, ионогенные поверхностно активные вещества, как анионные, так и катионные ПАВ, введенные в реакционную среду, изменяя заряд клеток (сдвиг заряда от изоэлектрической точки в отрицательную или положительную сторону), способствуют бактериальной инициации и интенсификации процессов трансмутации химических элементов (пример 9).

Промышленное и научно-техническое значение изобретения

Микробиологический способ трансмутации элементов, ускорения ядерных реакций и изотопных переходов, позволяет в неограниченных количествах получать ценные и дефицитные радиоактивные элементы, которые пользуются повышенным спросом на рынке, в технике, промышленности и научных исследованиях. Данные элементы и изотопы несут колоссальные запасы энергии, имеют чрезвычайно высокую ценность и продажную цену на рынке. Ниже подчеркивается малое и редкое содержание в природе данных химических элементов и их изотопов, сложность их получения в ядерных реакторах, в результате чего их мировое производство ничтожно мало, а рыночная цена очень высока. Также описаны области применения получаемых элементов и мировая востребованность в них.

Полоний

Полоний всегда присутствует в урановых и ториевых минералах, но в таких ничтожных количествах, что получение его из руд известными традиционными методами нецелесообразно и нерентабельно. Равновесное содержание полония в земной коре - около $2 \cdot 10^{-14} \%$ по массе. Микроколичества полония извлекают из отходов переработки урановых руд. Выделяют полоний экстракцией, ионным обменом, хроматографией и возгонкой.

Основным промышленным способом получения полония является его искусственный синтез путем ядерных реакций, что дорого и небезопасно.

Полоний-210 в сплавах с бериллием и бором применяется для изготовления компактных и очень мощных нейтронных источников, практически не создающих γ -излучения (но короткоживущих ввиду малого времени жизни ^{210}Po : $T_{1/2} = 138,376$ суток) - альфа-частицы полония-210 рождают нейтроны на ядрах бериллия или бора в (α, n) -реакции. Это герметичные металлические ампулы, в которые заключена покрытая полонием-210 керамическая таблетка из карбида бора или карбида бериллия. Такие нейтронные источники легки и портативны, совершенно безопасны в работе и очень надежны. Например, советский нейтронный источник ВНИ-2 представлял собой

латунную ампулу диаметром два и высотой четыре сантиметра, ежесекундно излучающую до 90 миллионов нейтронов.

Полоний иногда применяется для ионизации газов, в частности воздуха. В первую очередь ионизация воздуха необходима для борьбы со статическим электричеством (на производстве, при обращении с особо чувствительной аппаратурой). Например, для прецизионной оптики изготавливаются кисточки удаления пыли.

Важной областью применения полония является его использование в виде сплавов со свинцом, иттрием или самостоятельно для производства мощных и весьма компактных источников тепла для автономных установок, например космических или полярных. Один кубический сантиметр полония-210 выделяет около 1320 Вт тепла. Например, у советских самоходных аппаратов космической программы «Луноход» для обогрева приборного отсека применялся полониевый обогреватель.

Полоний-210 может послужить в сплаве с легким изотопом лития (${}^6\text{Li}$) веществом, которое способно существенно снизить критическую массу ядерного заряда и послужить своего рода ядерным детонатором.

До настоящего времени промышленными и коммерческими (рыночными) количествами полония являлись миллиграммы и граммы полония.

Радий

В настоящее время радий используют в компактных источниках нейтронов, для этого небольшие его количества сплавляются с бериллием. Под действием альфа-излучения из бериллия выбиваются нейтроны: ${}^9\text{Be} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + {}^1_0\text{n}$.

В медицине радий используют как источник радона, в том числе, для приготовления радоновых ванн. Радий применяют для кратковременного облучения при лечении злокачественных заболеваний кожи, слизистой оболочки носа, мочевого тракта.

Малое применение радия связано, в том числе, с его ничтожно малым содержанием в земной коре и в рудах, и с дороговизной и сложностью получения искусственным путем в ядерных реакциях.

За время, прошедшее с момента открытия радия - более столетия - во всем мире удалось добыть всего лишь 1,5 кг чистого радия. Одна тонна урановой смолки, из которой супруги Кюри получили радий, содержала лишь около 0,0001 грамма радия-226. Весь природный радий является радиогенным - он возникает при распаде урана-238, урана-235 или тория-232. В равновесии отношение содержания урана-238 и радия-226 в руде равно отношению их периодов полураспада: $(4,468 \cdot 10^9 \text{ лет}) / (1617 \text{ года}) = 2,789 \cdot 10^6$. Таким образом, на каждые три миллиона атомов урана в природе приходится лишь один атом радия. Микробиологический способ трансмутации химических элементов позволяет получать из урана и тория радий-226 и другие изотопы радия практически в неограниченных количествах (килограммы, тонны) и расширить область применения радия и его изотопов.

Франций

В настоящее время франций и его соли практического применения не имеют, в связи с малым периодом полураспада. Из известных на сегодняшний день самый долгоживущий изотоп франция ${}^{223}\text{Fr}$ имеет период полураспада 22 минуты. Тем не менее, получение франция микробиологическим способом трансмутации химических элементов и фиксация на приборах наличия франция в обработанных образцах (фигуры 4, 5, 6, 7, 9, 14), при отсутствии франция в исходном сырье, доказывает общий ход процессов превращения элементов. В будущем не исключено использование франция в научных и других целях.

Актиний

Актиний является одним из самых малораспространенных в природе радиоактивных элементов. Общее его содержание в земной коре не превышает 2600 т, тогда как, например, количество радия более 40 млн. тонн. В природе найдено 3 изотопа актиния:

5 ^{225}Ac , ^{227}Ac , ^{228}Ac . Актиний сопутствует урановым рудам. Получение актиния из урановых руд известными традиционными методами нецелесообразно ввиду малого его в них содержания, а также большого сходства с присутствующими там редкоземельными элементами.

10 Весомые количества изотопа ^{227}Ac получают облучением радия нейтронами в реакторе. $^{226}\text{Ra}(n, \gamma) \rightarrow ^{227}\text{Ra}(\beta^-) \rightarrow ^{227}\text{Ac}$. Выход, как правило, не превышает 2,15% от исходного количества радия. Количество актиния при данном способе синтеза исчисляется в граммах. Изотоп ^{228}Ac получают облучением изотопа ^{227}Ac нейтронами.

15 ^{227}Ac в смеси с бериллием является источником нейтронов.

Ac-Be-источники характеризуются малым выходом гамма-квантов, применяются в активационном анализе при определении Mn, Si, Al в рудах.

^{225}Ac применяется для получения ^{213}Bi , а также для использования в радиоиммунотерапии.

20 ^{227}Ac может использоваться в радиоизотопных источниках энергии.

^{228}Ac применяют в качестве радиоактивного индикатора в химических исследованиях из-за его высокоэнергетического β^- -излучения.

25 Смесь изотопов ^{228}Ac - ^{228}Ra используют в медицине как интенсивный источник γ -излучения.

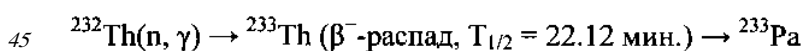
Актиний может служить мощным источником энергии, что до сих пор не применяется ввиду дороговизны актиния и малого количества актиния, получаемого известными способами, а также ввиду сложности его получения известными способами. Все традиционные методы получения и выделения актиния высокочрезвычайно затратны, нерентабельны и опасны для здоровья человека и для окружающей среды. Получение актиния микробиологическим способом трансмутации химических элементов позволяет получать актиний и его изотопы дешевым по себестоимости и безопасным способом в неограниченных количествах (килограммы, тонны, тысячи тонн и т.д.).

Протактиний

35 Ввиду малого содержания в земной коре (содержание от массы Земли составляет 0,1 миллиардную долю процента) элемент до настоящего времени имеет весьма узкое применение - добавка к ядерному горючему. Из природных источников - остатков от переработки урановой смолки - традиционными способами можно получить только протактиний-231 (^{231}Pa). Кроме того, ^{231}Pa традиционным способом можно получить облучением тория-230 (^{230}Th) медленными нейтронами:



Изотоп ^{233}Pa также получают из тория:



В качестве добавки к ядерному горючему добавляют протактиний из расчета 0,34 грамма протактиния на 1 тонну урана, что очень существенно повышает энергетическую ценность урана и КПД сгорания урана (смеси урана и протактиния). Получение

протактиния микробиологическим способом трансмутации химических элементов позволяет получать протактиний дешевым по себестоимости и безопасным способом в неограниченных количествах (килограммы, тонны, тысячи тонн и т.д.). Получение протактиния микробиологическим способом трансмутации химических элементов
 5 решает вопрос наличия дешевой энергии, энергетического сырья и продукта с высоким КПД, и обеспечивает потребности в протактинии в других областях науки и техники.

Торий

Различные изотопы тория (торий-227, торий-228, торий-230, торий-234 и другие), имеющие разные периоды полураспада, не содержащиеся в природном тории,
 10 полученные микробиологическим методом трансмутации химических элементов, представляют интерес для научно-исследовательских целей, а также представляют интерес как источники энергии и сырье для получения других изотопов и элементов.

Уран и его изотопы

На данный момент известно 23 искусственных радиоактивных изотопа урана с
 15 массовыми числами от 217 до 242. Наиболее важные и ценные изотопы урана - уран-233 и уран-235. Уран-233 (^{233}U , $T_{1/2}=1,59 \cdot 10^5$ лет) получается при облучении тория-232 нейтронами и способен к делению под воздействием тепловых нейтронов, что делает его перспективным топливом для ядерных реакторов:

20 $^{232}\text{Th}(n, \gamma) \rightarrow ^{233}\text{Th} (\beta^- \text{-распад}, T_{1/2} = 22,12 \text{ мин.}) \rightarrow ^{233}\text{Pa} (\beta^- \text{-распад}, T_{1/2} = 27 \text{ суток}) \rightarrow ^{233}\text{U}$ но данный процесс чрезвычайно сложен, дорог и экологически опасен. Содержание ценного изотопа урана-235 (^{235}U) в природном уране мало (0,72% от природного урана), а его традиционное отделение от других изотопов урана (например, лазерное
 25 центрифугирование) и выделение сопряжено с большими техническими, экономическими и экологическими сложностями, так как требует больших затрат, дорогостоящего и сложного оборудования, и небезопасно для человека и окружающей среды. Изотоп уран-233 (^{233}U) в природном уране не содержится, а его традиционное получение в
 30 ядерных реакторах сопряжено с аналогичными сложностями и опасностями.

Уран широко распространен в природе. Содержание урана в земной коре составляет
 0,0003% (вес.), концентрация в морской воде 3 мкг/л. Количество урана в слое литосферы
 толщиной 20 км оценивается в $1,3 \cdot 10^{14}$ т. Мировое производство урана в 2009 году
 35 составило 50772 тонн, мировые ресурсы на 2009 год составили 2438100 тонн. Таким образом, мировые запасы урана и мировая добыча природного урана достаточно велики. Проблема в том, что основная доля запасов и добычи (99,27%) приходится на
 природный изотоп урана уран-238 (соответственно процентному содержанию изотопов в природном уране), т.е. на наименее полезный и наименее энергетический изотоп урана. К тому же традиционное разделение изотопов урана друг от друга (в данном случае, урана-235 от урана-238) чрезвычайно сложно, дорого и экологически небезопасно.
 40 Согласно данным ОЭСР, в мире функционирует 440 ядерных реакторов коммерческого назначения, которые потребляют в год 67 тыс. тонн урана. Это означает, что его производство обеспечивает лишь 60% объема его потребления (остальное извлекается из старых ядерных боеголовок). Наиболее ценны в этом случае изотопы урана - уран-233 и уран-235 (ядерное горючее), ради которых и используют повторно после
 45 переработки отработанные ТВЭЛы с АЭС и снятые с боевого дежурства ядерные боеголовки. Ядра ^{238}U делятся при захвате только быстрых нейтронов с энергией не менее 1 Мэв. Ядра ^{235}U и ^{233}U делятся при захвате, как медленных (тепловых), так и быстрых нейтронов, а также делятся спонтанно, что является особенно важным и

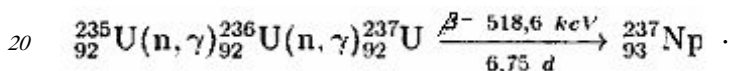
ценным.

Микробиологический способ трансмутации химических элементов позволяет практически в неограниченных количествах получать из природного урана (из изотопа урана-238) редкие и ценные изотопы урана - уран-232, уран-233, уран-234, уран-235, уран-236, а также другие ценные химические элементы и их изотопы: нептуний-236, нептуний-237, нептуний-238, плутоний-236, плутоний-238, америций-241, протактиний-231, протактиний-234, торий-227, торий-228, торий-230, актиний-227, радий-226, радий-228, радон-222, полоний-209, полоний-210. Промышленная, техническая и энергетическая ценность, а также продажная рыночная стоимость данных получаемых элементов гораздо выше исходного элемента - урана-238.

Нептуний

Нептуний встречается на Земле лишь в следовых количествах, он был получен искусственно из урана посредством ядерных реакций.

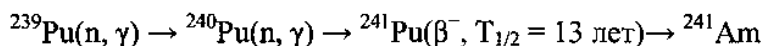
Содержание ^{237}Np в облученном урановом топливе невелико и оценивается величиной, приблизительно равной 0,1-0,3% от образовавшегося плутония или $10^{-4} \cdot 10^{-6}\%$ по массе от содержания урана. При использовании уранового топлива, обогащенного изотопами ^{235}U и ^{236}U , нептуний-237 образуется преимущественно по следующей ядерной реакции:



Путем облучения нейтронами нептуния-237 получают весовые количества изотопно-чистого плутония-238, который используется в малогабаритных радиоизотопных источниках энергии, в РИТЭГах (РИТЭГ - радио-изотопный термоэлектрический генератор), в кардиостимуляторах, в качестве источника тепла в радиоизотопных источниках энергии и источниках нейтронов. Критическая масса нептуния-237 составляет около 57 кг для чистого металла, и таким образом этот изотоп может быть практически использован для производства ядерного оружия.

Америций

Америций-241 получают путем облучения плутония нейтронами:



Америций-241 - ценный редкий химический элемент и изотоп, его традиционное получение в ядерных реакторах сопряжено с обычными для получения актинидов сложностями и дороговизной, в результате америций имеет большую рыночную стоимость, востребован и может применяться в различных областях науки, промышленности и техники.

Микробиологический способ трансмутации химических элементов позволяет получать практически в неограниченных количествах нептуний-236, нептуний-237, нептуний-238, плутоний-236, плутоний-238, америций-241 и другие изотопы нептуния, плутония и америция.

Общепринятые краткие обозначения в нижеприведенных схемах и таблицах:

Уран-238, ^{238}U - здесь - 238 - это относительная атомная масса, то есть, общее число протонов и нейтронов.

P - протон.

N или n - нейтрон.

α - альфа-частица, т.е. два протона и два нейтрона.

($-\alpha$) - альфа частица, испускаемая из атома (из элемента) в наших реакциях, при этом порядковый номер (заряд ядра) уменьшается на две единицы и элемент превращается

в более легкий, расположенный через клетку в периодической таблице элементов Менделеева (сдвиг на две клетки назад). Относительная атомная масса при этом уменьшается на четыре единицы.

5 Бета-распад - превращение, при котором порядковый номер элемента (заряд ядра) меняется на единицу, а относительная атомная масса (общее число протонов и нейтронов) остается постоянной.

($+\beta$) - испускание положительно заряженной частицы позитрона, или захват отрицательно заряженного электрона ядром: в обоих случаях порядковый номер (заряд ядра) элемента уменьшается на единицу.

10 Наблюдаются явления испускания, так называемого, «запаздывающего нейтрона» (чаще одного или двух) после бета-распада. При этом, новый, образованный путем бета-распада химический элемент, после испускания запаздывающего нейтрона (нейтронов) сохраняет свое новое место и клетку в таблице периодической системы элементов, так как сохраняет заряд ядра (число протонов), но теряет в атомной массе, 15 образуя новые, более легкие, изотопы.

(-n) - «запаздывающий нейтрон», нейтрон, испускаемый из атома после бета-распада, при этом атомная масса нового элемента уменьшается на единицу.

(-2n) - два «запаздывающих нейтрона», испускаемые из атома после бета-распада, атомная масса нового элемента уменьшается на две единицы.

20 (α) - «запаздывающая» альфа-частица (вид изотопного распада) испускаемая из атома (элемента) после бета-распада. При этом порядковый номер (заряд ядра) уменьшается на две единицы, а относительная атомная масса элемента уменьшается на 4 единицы.

Происходит очередная трансмутация химического элемента (сдвиг на две клетки назад по таблице периодической системы химических элементов).

25 $T_{1/2}$ или T - период полураспада изотопа элемента.

Авторами проведена серия успешных воспроизводимых экспериментов с различными рудами и сырьем. Сырье, содержащее радиоактивные элементы, обрабатывалось водным раствором бактерий рода *Thiobacillus* в присутствии элементов с переменной валентностью любых s, p, d и f элементов, создающих стандартный окислительно-восстановительный потенциал (например, Sr²⁺, азот N⁵⁺/N³⁻, сера S⁶⁺/S²⁻ мышьяк As⁵⁺/As³⁺, железо Fe³⁺/Fe²⁺, марганец Mn⁴⁺/Mn²⁺, молибден Mo⁶⁺/Mo²⁺, кобальт Co³⁺/Co²⁺, ванадий V⁵⁺/V⁴⁺ и другие). Были использованы различные бактерии рода *Thiobacillus*, железooksисляющие и сероooksисляющие бактерии (термофильные и другие), 35 участвующие в окислительно-восстановительных процессах металлов, всегда достигался положительный эффект. Авторами проведены 2536 экспериментов. Полученные экспериментальные данные статистически обработаны (см. таблицы 1, 2, 3, 4) и отражены в схемах получения микробиологическим способом из урана-238 (238U) и тория-232 различных ценных изотопов урана, протактиния, тория, актиния, радия, полония и 40 других элементов (см. фигуры с 1 по 17, схемы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13). Схемы реакций и изотопных переходов не противоречат, а подтверждают имеющуюся теорию радиоактивных распадов.

Пример 1.

45 Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали сульфидные руды Саудовской Аравии, содержащие уран и торий (таблица 1, фигуры 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Руда Саудовской Аравии, содержала также элементы фосфор, мышьяк, ванадий в основном в окисленной форме (фосфаты, арсенаты, ванадаты), а железо - как в окисленной, так

и в восстановленной форме. Поэтому для создания высокого окислительно-восстановительного потенциала в ферментере сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus acidophilus* штамм DSM-700 в водном растворе элементов с переменной валентностью, находящихся в растворе в восстановленной форме: Mn^{+4} , Co^{+2} , Fe^{+2} , N^{-3} , S^{-2} (в форме солей), в их общей массе 0,01% от массы среды.

При выращивании микроорганизмов *Thiobacillus acidophilus* штамм DSM-700 применяли стандартные питательные среды (например, среды Летена и Ваксмана для *Thiobacillus ferrooxidans*, среду 9К и среды для других железо- и сероокисляющих бактерий). В стандартные питательные среды добавляли элементы переменной валентности - трансэлементы (элементы переносящие электроны, например, Mg, Mn, Co, Mo, Zn, Cu, Fe в форме солей) в их общей массе 0,01% от массы среды, продукты гидролиза органического сырья, например, гидролиза отходов рыбо-, мясо-, или лесопереработки (2% масс, от среды) и сырье (уран- или торий содержащие руды или радиоактивные отходы в количестве 1,5% масс, от среды). В ферментационную среду, содержащую 10% сырья (руды), вносили 10% раствора культуральной среды с факультативно автотрофными микроорганизмами, отобранными в экспоненциальной стадии роста.

Процесс трансмутации проводили в десяти ферментационных качалочных колбах. Регулировали pH раствора 10-ти нормальной серной кислотой, pH раствора в процессе поддерживали в пределах 0,8-1,0. Температура проведения процесса 28-32 градусов по Цельсию. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) в растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии равен 635 мв. Скорость перемешивания 300 оборотов в минуту. Соотношение твердой фазы к жидкой составляло 1:10 (100 грамм руды в одном литре водного раствора). Ежедневно, через каждые 24 часа измеряли pH и Eh раствора, концентрацию химических элементов и изотопов в растворе, а также отслеживали жизнедеятельность микроорганизмов. Процесс проводили в течение девяти суток. Использовали методы анализа водных растворов и руды: для определения содержания элементов использовали рентгено-флуоресцентный метод, тип приборов: СУР-02 «Реном ФВ»; S2 PICOFOX. Также использовали атомно-адсорбционный метод. Изотопный состав определяли масс-спектроскопическим методом. Зарядные характеристики микробиологических клеток определяли по электрофоретической подвижности на автоматическом микроскопе Parmoquant-2. Согласно данным приборов, определяли качественный и количественный состав конечных продуктов. Результаты проведенных и статистически обработанных экспериментов в зависимости от времени проведения процесса приведены в таблице 1. На фиг. 1 приведена спектрограмма исходной руды Саудовской Аравии без микробиологической обработки и без трансформации химических элементов. На фигурах 2, 3, 4, 5, 6, 7 приведены спектрограммы анализов трансмутации химических элементов при микробиологической обработке руды Саудовской Аравии в зависимости от времени проведения процесса через 48 часов (2 суток), 72 часа (3 суток), 120 часов (5 суток), через 120 часов (5 суток), через 168 часов (7 суток), через 192 часа (8 суток) соответственно.

Элементы	Период полураспада T _{1/2}	Содержание элементов в 100 г руды, мг	Количество мг элементов в 1 литре раствора на 100 г руды, мг элемента/100 г руды в 1 л раствора. (Руда Саудовской Аравии, массовая доля ²³⁸ U=620г/г; ²³² Th=40г/г)										
			Сутки										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
²³⁸ U	4,5x10 ⁹ Лет	62,0	62,0	43,6	17,2	4,2	0	0	0	0	0	0	0
²³⁴ Th	24,1 суток	0	0	11,01	12,61	8,57	6,23	4,01	2,98	1,27	0	0	0
²³⁴ Pa	6,66 час	0	0	3,08	1,87	1,69	1,38	1,02	0,71	0,23	0	0	0
²³³ Pa	27 сут.	0	0	0	3,23	3,62	3,72	3,54	2,97	1,38	0	0	0
²³² Pa	1,31 суток	0	0	0	5,46	6,63	2,14	0,53	0,28	0,12	0	0	0
²³¹ Pa	3,43 x 10 ⁴ лет	0	0	0	0	5,73	6,85	6,90	7,09	8,21	8,24	8,24	8,24
²³⁴ U	2 x 10 ¹⁶ лет	0	0	0	9,14	8,45	8,26	6,96	6,77	3,20	1,00	0	0
²³³ U	1,62 x 10 ⁵ лет	0	0	0	7,64	7,93	7,73	7,51	6,29	5,97	2,68	0	0
²³² U	8 x 10 ¹⁵ л. 74 г	0	0	0	0	6,14	7,31	6,65	4,03	1,27	0	0	0
²³² Th	1,39 x 10 ¹⁰ лет	4,00	4,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
²²⁸ Ra	6,7 года	0	0	2,80	2,56	0	0	0	0	0	0	0	0
²²⁷ Ac	21,6 год	0	0	5,15	5,37	8,91	12,02	15,11	15,20	20,70	22,87	22,87	22,87
²³⁰ Th	8 x 10 ⁴ лет	0	0	0	0	1,74	2,53	2,01	1,78	0,83	0	0	0
²²⁶ Ra	1617 г	0	0	0	0	0	1,71	1,93	1,09	0,54	0	0	0
²¹⁰ Po	138,4 суток	0	0	0	0	0,20	1,01	2,25	6,25	9,23	9,56	9,56	9,56
²⁰⁹ Po	103 г	0	0	0	0	0	0,61	1,32	2,74	3,17	7,27	7,27	7,27
²⁰⁸ Po	2,93 г	0	0	0	0	0	0,20	1,08	2,73	3,19	7,42	7,42	7,42
⁵⁶ Fe	Стабил.	201,87	201,87	201,71	201,48	201,23	201,01	200,59	200,47	200,23	199,63	199,63	199,63
⁶⁰ Ni	Стабил.	0	0	0,1	0,21	0,34	0,46	0,68	0,75	0,88	1,20	1,20	1,20
⁵⁵ Mn	Стабил.	143	143	143,08	143,19	143,31	143,42	143,63	143,69	143,80	144,10	144,10	144,10
⁷⁵ As	Стабил.	270	270	269,80	269,48	269,16	268,86	268,30	268,12	267,80	267,00	267,00	267,00
⁷⁹ Br	Стабил.	0	0	0,11	0,28	0,45	0,61	0,91	1,00	1,17	1,60	1,60	1,60
⁷¹ Ga	Стабил.	0	0	0,09	0,25	0,40	0,54	0,80	0,89	1,04	1,42	1,42	1,42
¹⁷³ Yb	Стабил.	0,02	0,02	0,01	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0
¹⁷¹ Hf	Стабил.	0	0	0,01	0,015	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
Pt		0	0	0	0	0,26	0,39	0,85	0	0	0	0	0
Hg		0	0	0	0	0	1,01	1,65	1,94	3,07	2,52	2,52	2,52
Au		0	0	0	0	0	0	0,18	0,23	0,29	0,29	0,29	0,29

Таблица 1. Результаты трансмутации химических элементов и превращения изотопов в процессе микробиологической обработки сульфидной руды Саудовской Аравии, содержащей уран-238 и торий-232.

Схема 1. Получение микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U) различных ценных изотопов урана, протактиния, тория, актиния, радия, полония:

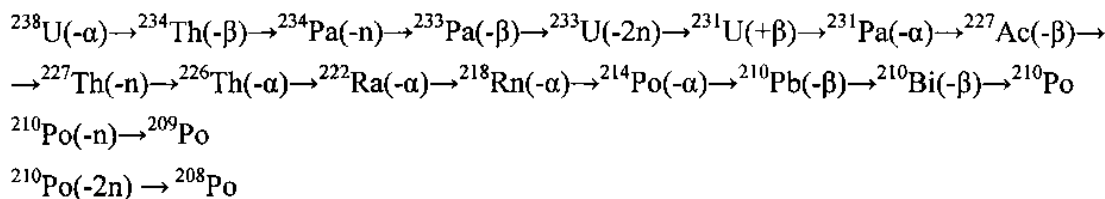


Схема 2. Получение протактиния-231 (²³¹Pa) микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U) различными путями.

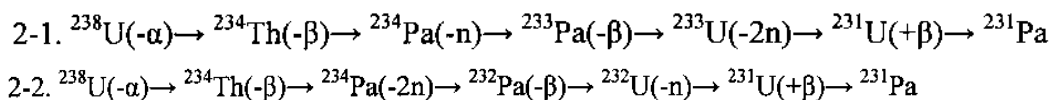
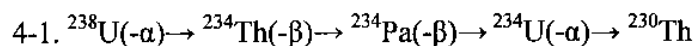


Схема 4. Получение тория-230 (²³⁰Th) микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U).



Далее, процесс или останавливается (и выделяется ²³⁰Th), если торий-230 является конечной целью процесса. Или процесс продолжается до получения ценных и редких радиоактивных изотопов радия (²²⁶Ra), радона, астата, полония, висмута, свинца:

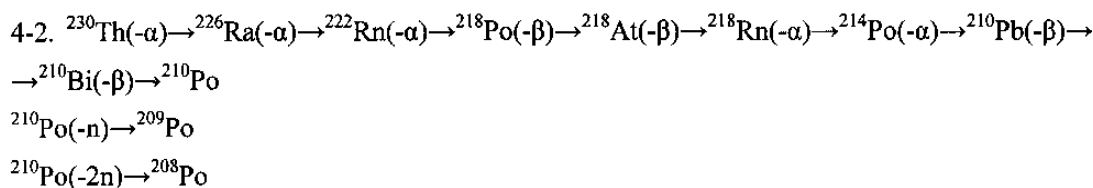
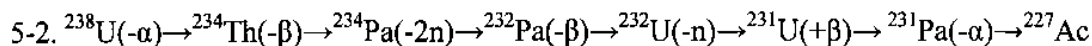
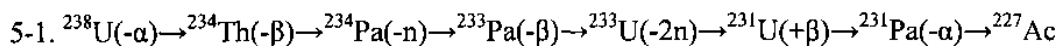
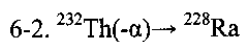
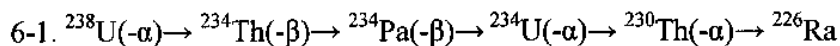


Схема 5. Получение актиния-227 (²²⁷Ac) микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U) различными путями.



5 Схема 6. Получение радия-226 (${}^{226}\text{Ra}$) и радия-228 (${}^{228}\text{Ra}$) микробиологическим способом из урана-238 (${}^{238}\text{U}$) (см. 6-1) и из природного тория-232 (${}^{232}\text{Th}$) (см. 6-2) соответственно:



10 Схема 7. Получение наиболее ценных и стабильных изотопов полония (${}^{210}\text{Po}$, ${}^{209}\text{Po}$, ${}^{208}\text{Po}$) микробиологическим способом из урана-238 (${}^{238}\text{U}$).

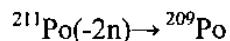
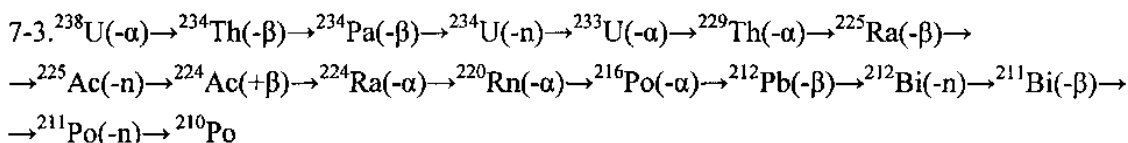
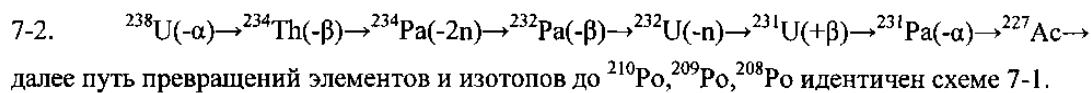
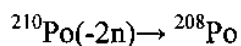
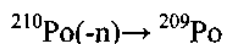
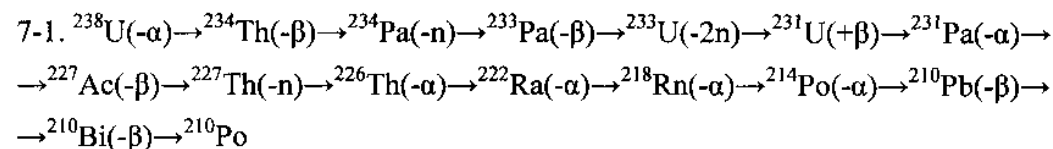
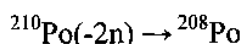
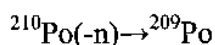
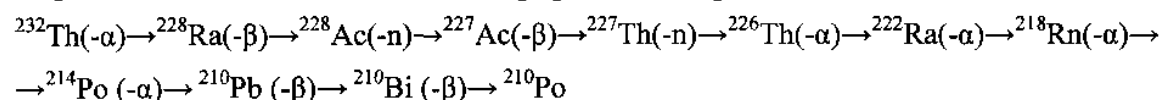


Схема 8. Получение различных изотопов тория, актиния, радия, полония микробиологическим способом из природного тория-232 (${}^{232}\text{Th}$):



35 Пример 2.

Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали урановую руду Северо-Западной Африки, содержащую уран, торий, серу и мышьяк в восстановленной форме (сульфиды металлов, арсениды, сульфоарсениды). Поэтому для создания высокого окислительно-восстановительного потенциала сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus aquaesulis* штамм DSM-4255 в водном растворе элементов с переменной валентностью, находящихся в растворе в окисленной форме: N^{+5} , P^{+5} (в форме фосфатов), As^{+5} , S^{+6} , Fe^{+3} , Mn^{+7} , в их общей массе 0,01% от массы среды. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) в растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии равен 798 мВ. Температура проведения процесса 30-35 градусов по Цельсию, pH среды 2-2,5. Время проведения процесса двадцать суток. Результаты проведенных и статистически

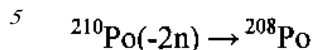
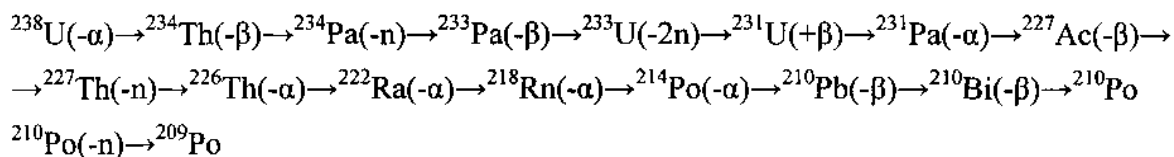
обработанных экспериментов в зависимости от времени проведения процесса приведены в таблице 2. Спектрограммы анализов трансмутации химических элементов при микробиологической обработке урановой руды Северо-Западной Африки в зависимости от времени проведения процесса, через 24 часа (1 сутки), через 144 часа (6 суток), через 168 часов (7 суток), через 192 часа (8 суток), через 480 часов (20 суток) приведены на фигурах 8, 9, 10, 11 соответственно.

Элементы	Период полураспада $T_{1/2}$	Содержание элементов в 100 г руды, мг	Количество мг элементов в 1 литре раствора на 100 г руды, мг элемента/100 г руды в 1 л раствора. (Руда Северо-Западной Африки, массовая доля урана $^{238}\text{U} = 2,8\text{кг/т}$)								
			Сутки								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
^{238}U	$4,5 \times 10^9$ лет	280,0	280,0	250,7	190,12	140,05	102,3	65,88	34,52	26,62	21,57
^{234}Th	24,1 суток	0	0	23,20	22,09	20,99	19,77	18,01	14,91	10,84	8,43
^{234}Pa	6,66 час	0	0	5,60	10,62	10,05	7,87	6,99	6,02	5,53	5,02
^{233}Pa	27 сут.	0	0	0	9,39	8,53	7,46	6,96	6,39	5,79	5,32
^{232}Pa	1,31 суток	0	0	0	12,28	8,00	7,05	6,73	6,05	5,39	4,99
^{231}Pa	$3,43 \times 10^4$ лет	0	0	0	0	20,40	40,02	53,03	97,32	104,05	94,23
^{227}Ac	21,6 год	0	0	0	0	0	31,32	69,99	70,49	78,24	86,51
^{234}U	2×10^{16} лет	0	0	0	27,92	19,49	12,06	8,11	6,18	6,08	6,08
^{233}U	$1,62 \times 10^5$ лет	0	0	0	5,89	16,27	20,47	16,19	10,90	6,79	6,10
^{232}U	8×10^{13} лет, 74 г	0	0	0	0	25,72	20,65	16,55	15,64	15,23	11,09
^{230}Th	8×10^4 лет	0	0	0	0	4,62	4,43	3,49	3,13	2,92	2,16
^{226}Ra	1617 г	0	0	0	0	2,67	2,14	1,71	0,48	0,41	0,36
^{210}Po	138,4 суток	0	0	0	0	0	0	0	0	6,99	7,51
^{209}Po	103 г	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,74
^{208}Po	2,93 г	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,61

Таблица 2. Результаты трансмутации химических элементов и превращения изотопов в процессе микробиологической обработки урановой руды Северо-Западной Африки.

Элементы	Продолжение таблицы 2										
	Количество мг элементов в 1 литре раствора на 100 г руды, мг элемента/100 г руды в 1 л раствора. (Руда Северо-Западной Африки, массовая доля урана $^{238}\text{U} = 2,8\text{кг/т}$)										
	Сутки										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
^{238}U	14,65	8,39	4,08	2,61	0	0	0	0	0	0	0
^{234}Th	6,22	4,05	1,99	1,09	0,49	0	0	0	0	0	0
^{234}Pa	4,54	3,96	3,44	2,85	2,36	1,47	0	0	0	0	0
^{233}Pa	4,81	3,96	3,40	3,04	2,61	1,77	0,99	0,51	0	0	0
^{232}Pa	4,61	3,72	3,07	2,76	1,97	1,00	0,68	0	0	0	0
^{231}Pa	80,27	50,11	29,12	17,48	11,96	9,23	0,58	0,38	0,09	0	0
^{227}Ac	110,77	151,77	180,18	193,61	201,27	206,78	215,81	215,44	216,12	216,73	214,46
^{234}U	6,00	5,68	4,73	3,86	3,07	2,29	1,58	0,81	0,39	0	0
^{233}U	4,70	1,67	1,35	0,95	0,60	0,26	0,12	0,08	0,04	0	0
^{232}U	8,06	6,97	4,24	3,85	3,46	2,66	1,68	0,83	0	0	0
^{230}Th	2,13	1,62	1,07	0,60	0,18	0,14	0,08	0,05	0	0	0
^{226}Ra	0,33	0,29	0,25	0,19	0,15	0,13	0,11	0,047	0,028	0	0
^{210}Po	8,63	10,53	12,75	14,86	16,81	18,55	19,78	21,32	21,40	21,55	22,08
^{209}Po	5,53	6,39	7,05	7,75	8,45	9,16	10,21	10,77	11,18	11,41	12,30
^{208}Po	5,25	6,03	7,32	8,28	9,74	9,14	10,40	11,46	12,27	11,74	12,25

Схема 1. Получение микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U) различных ценных изотопов урана, протактиния, тория, актиния, радия, полония:



5
Схема 2. Получение урана-233 (^{233}U) микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U) различными путями.

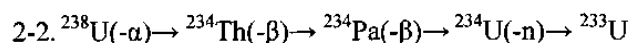
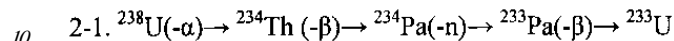


Схема 3. Получение протактиния-231 (^{231}Pa) микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U) различными путями.

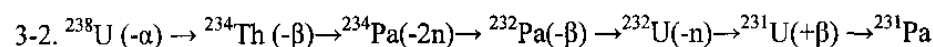
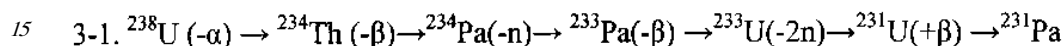
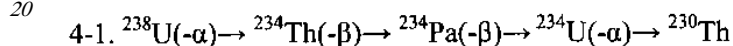


Схема 4. Получение тория-230 (^{230}Th) микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U).



Далее, процесс или останавливается (и выделяется ^{230}Th), если торий-230 является конечной целью процесса. Или процесс продолжается до получения ценных и редких радиоактивных изотопов радия (^{226}Ra), радона, астата, полония, висмута, свинца:

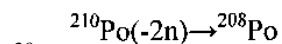
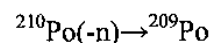
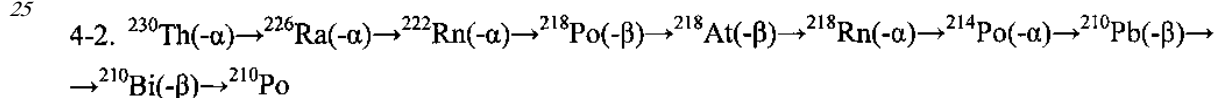


Схема 5. Получение актиния-227 (^{227}Ac) микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U) различными путями.

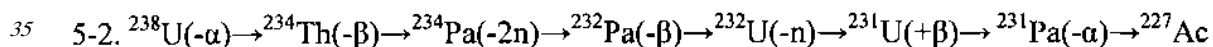
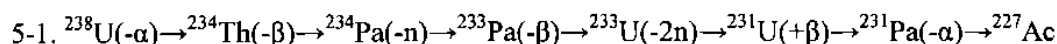
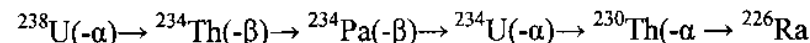
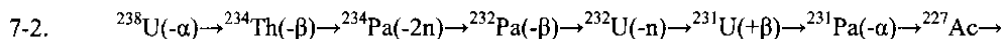
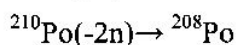
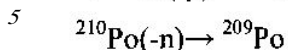
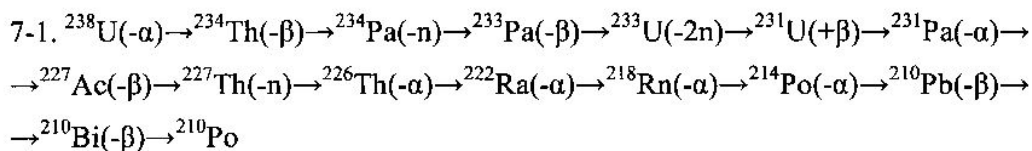


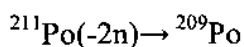
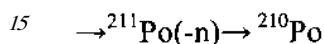
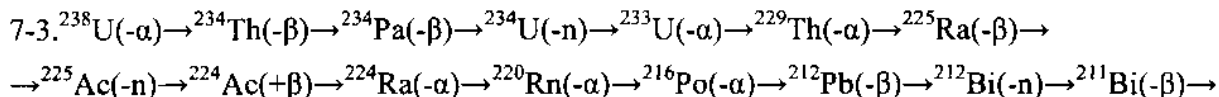
Схема 6-1. Получение радия-226 (^{226}Ra) микробиологическим способом из урана-238:



40
Схема 7. Получение наиболее ценных и стабильных изотопов полония (^{210}Po , ^{209}Po , ^{208}Po) микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U).



10 далее путь превращений элементов и изотопов до ${}^{210}\text{Po}$, ${}^{209}\text{Po}$, ${}^{208}\text{Po}$ идентичен схеме 7-1.



Пример 3.

20 Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали урановую руду Иордании, содержащую элементы уран, торий, фосфор, мышьяк, железо, ванадий как в окисленной форме (фосфаты, арсенаты, ванадаты), так и в восстановленной форме. Поэтому для создания высокого окислительно-восстановительного потенциала сырье обрабатывалось

25 микроорганизмами *Thiobacillus halophilus* штамм DSM-6132 в водном растворе элементов с переменной валентностью, обладающих окислительно-восстановительной способностью: Rb^{+1} , Sr^{+2} , S^0/S^{-2} , $\text{Re}^{+4}/\text{Re}^{+7}$, $\text{As}^{+3}/\text{As}^{+5}$, $\text{Mn}^{+4}/\text{Mn}^{+7}$, $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$, $\text{N}^{-3}/\text{N}^{+5}$, P^{+5} , $\text{S}^{-2}/\text{S}^{+6}$ в их общей массе 0,01% от массы среды. Окислительно-восстановительный

30 потенциал (Eh) в растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии равен 753 мВ. Температура проведения процесса 28-32 градуса по Цельсию, pH среды 2,0-2,5. Время проведения процесса двадцать суток. Результаты проведенных и статистически обработанных экспериментов в зависимости от времени проведения процесса приведены в таблице 3. Спектрограммы анализов трансмутации химических элементов при

35 микробиологической обработке урановой руды Иордании в зависимости от времени проведения процесса, через 24 часа (1 сутки), через 120 часов (пять суток), через 192 часа (8 суток), приведены на фигурах 12, 13, 14 соответственно.

40

45

Элементы	Период полу-распада T _{1/2}	Содержание элементов в 100 г руды, мг	Количество мг элементов в 1 литре раствора на 100 г руды, мг элемента/100 г руды в 1 л раствора. (Руда Иордании, массовая доля ²³⁸ U=387,5г/т)									
			Сутки									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
²³⁸ U	4,5x10 ⁹ , Лет	38,78	38,78	27,25	10,75	2,62	0	0	0	0	0	
²³⁴ Th	24,1 суток	0	0	6,87	10,38	7,37	0	0	0	0	0	
²³⁴ Pa	6,66 час	0	0	4,48	1,16	0	0	0	0	0	0	
²³⁵ Pa	27 сут.	0	0	0	2,00	2,25	2,32	0	0	0	0	
²³² Pa	1,31 суток	0	0	0	3,41	4,14	1,25	0	0	0	0	
²³¹ Pa	3,43 x 10 ⁴ лет	0	0	0	0	6,37	12,64	17,74	11,87	6,06	5,49	
²³⁴ U	2 x 10 ¹⁶ лет	0	0	0	5,71	6,28	4,16	3,97	3,86	2,87	1,32	
²³³ U	1,62 x 10 ⁵ лет	0	0	0	4,77	4,95	3,83	0	0	0	0	
²³² U	8x10 ¹³ лет, 74г	0	0	0	0	2,84	3,03	0	0	0	0	
²²⁷ Ac	21,6 год	0	0	0	0	0	9,80	10,32	13,37	19,74	21,58	
²³⁰ Th	8 x 10 ⁴ лет	0	0	0	0	1,09	0	0	0	0	0	
²²⁶ Ra	1617 г	0	0	0	0	0	0,37	0,42	0,51	0,59	0,67	
²¹⁰ Po	138,4 суток	0	0	0	0	0	0	0,72	2,49	3,01	6,74	
²⁰⁹ Po	103 г	0	0	0	0	0	0	0,49	1,59	1,92	4,23	
²⁰⁸ Po	2,93 г	0	0	0	0	0	0	0,27	0,39	0,56	1,7	

Таблица 3. Результаты трансмутации химических элементов и превращения изотопов в процессе микробиологической обработки урановой руды Иордании.

Схема 3. Получение протактиния-231 (²³¹Pa) микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U) различными путями.

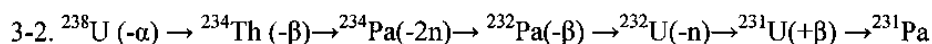
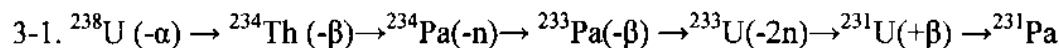
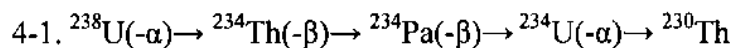


Схема 4. Получение тория-230 (²³⁰Th) микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U).



Далее, процесс или останавливается (и выделяется ²³⁰Th), если торий-230 является конечной целью процесса. Или процесс продолжается до получения ценных и редких радиоактивных изотопов радия (²²⁶Ra), радона, астата, полония, висмута, свинца:

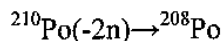
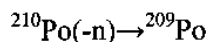
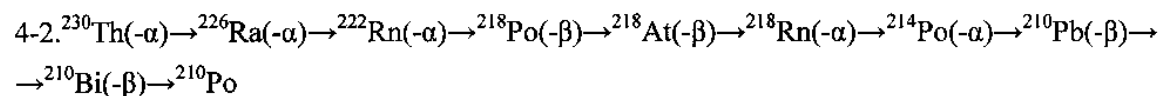


Схема 5. Получение актиния-227 (²²⁷Ac) микробиологическим способом из урана-238 (²³⁸U) различными путями.

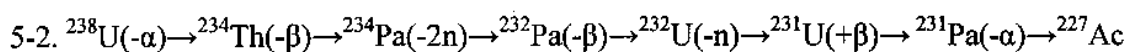
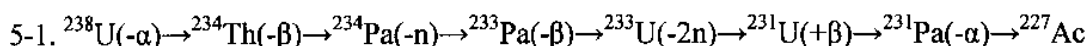


Схема 6-1. Получение радия-226 (²²⁶Ra) микробиологическим способом из урана-238:

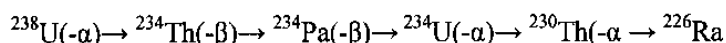
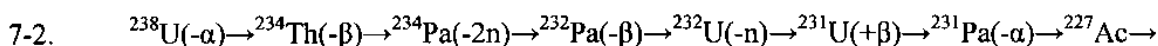
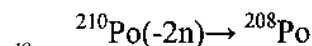
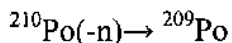
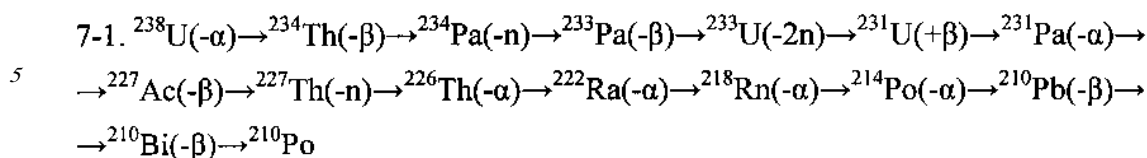
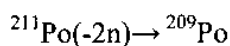
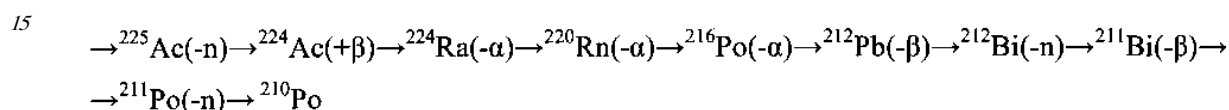
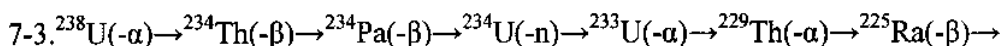


Схема 7. Получение наиболее ценных и стабильных изотопов полония (^{210}Po , ^{209}Po , ^{208}Po) микробиологическим способом из урана-238 (^{238}U).



далее путь превращений элементов и изотопов до ^{210}Po , ^{209}Po , ^{208}Po идентичен схеме 7-1.



20 Пример 4.

Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали монацитовый торий содержащий песок побережья Индийского океана, содержащий элементы торий, фосфор, мышьяк, кремний, алюминий, а также церий и другие лантаноиды в основном в восстановленной форме. Поэтому для создания высокого окислительно-восстановительного потенциала сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus ferrooxidans* штамм DSM-14882 в водном растворе элементов с переменной валентностью, находящихся в растворе в окисленной форме: N^{+5} , P^{+5} , As^{+5} , S^{+6} , Fe^{+3} , Mn^{+7} , в их общей массе 0,01% от массы среды.

30 Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) в растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии равен 717 мВ. Температура проведения процесса 28-32 градуса по Цельсию, pH среды 1,0-1,5. Время проведения процесса десять суток. Результаты проведенных и статистически обработанных экспериментов в зависимости от времени проведения процесса приведены в таблице 4. Спектрограммы анализов трансмутации химических элементов при микробиологической обработке торий содержащего песка побережья Индийского океана в зависимости от времени проведения процесса, через 24 часа (1 сутки), через 120 часов (пять суток), через 240 часов (десять суток) приведены на фигурах 15, 16, 17 соответственно.

40

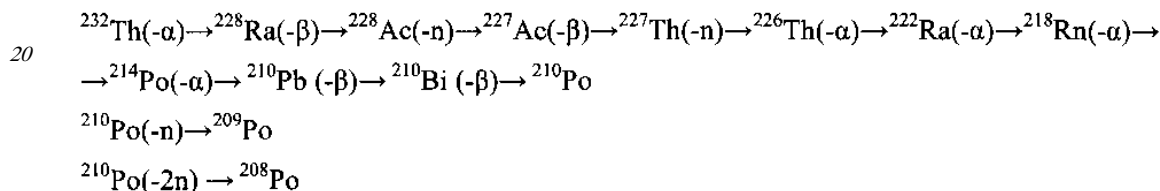
45

Элементы	Содержание элементов в 100 г руды, мг	Количество мг элементов в 1 литре раствора на 100 г руды, мг элемента/100 г руды в 1 л раствора. (монацитовый песок побережья Индийского океана, массовая доля тория $^{232}\text{Th} = 440\text{г/г}$)									
		Сутки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
^{232}Th	44	44	42,4	33,92	20,88	17,08	8,80	6,08	1,92	1,44	0
^{228}Ra	0	0	1,57	3,18	4,37	6,00	4,00	2,93	2,03	1,56	0
^{227}Ac	0	0	0	6,71	18,33	16,62	25,60	28,03	28,57	28,78	29,31
^{210}Po	0	0	0	0	0	3,33	3,30	2,53	2,33	2,19	2,15
^{209}Po	0	0	0	0	0	0	0,27	0,83	3,57	4,01	4,41
^{208}Po	0	0	0	0	0	0	0	1,22	2,65	2,92	1,61
	0						0	0,53	0,32	0,26	0,10
	0						0	0	0,27	0,44	0,75

Таблица 4. Результаты трансмутации химических элементов и превращения изотопов в процессе микробиологической обработки монацитового торий-содержащего песка побережья Индийского океана.

5
15
Схема 6-2. Получение радия-228 (^{228}Ra) микробиологическим способом из природного тория-232: $^{232}\text{Th}(-\alpha) \rightarrow ^{228}\text{Ra}$

Схема 8. Получение различных изотопов тория, актиния, радия, полония микробиологическим способом из природного тория-232 (^{232}Th):

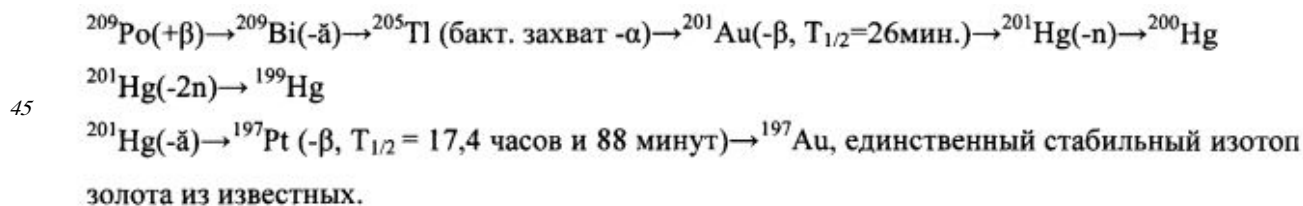


Пример 5.

25
30
35
Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали полоний-209, полученный в нашем процессе из актинидов, превращающийся (распадающийся) далее в изотопы ртути, золота и платины (схема 10). Сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus aquaesulis* штамм DSM-4255 в водном растворе элементов с переменной валентностью, обладающих окислительно-восстановительной способностью: Rb^{+1} , Sr^{+2} , S^0/S^{-2} , $\text{Re}^{+4}/\text{Re}^{+7}$, $\text{As}^{+3}/\text{As}^{+5}$, $\text{Mn}^{+4}/\text{Mn}^{+7}$, $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$, $\text{N}^{-3}/\text{N}^{+5}$, P^{+5} , $\text{S}^{-2}/\text{S}^{+6}$ в их общей массе 0,01% от массы среды. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) в растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии равен 698 мВ. Температура проведения процесса 28-32 градуса по Цельсию, pH среды 2,0-2,5. Время проведения процесса двадцать суток.

На основании полученных экспериментальных и статистически обработанных данных авторами выведена следующая схема:

40
Схема 10. Получение стабильных изотопов ртути и золота (^{197}Au) микробиологическим способом с иницированием и ускорением реакций из полония-209 (^{209}Po):

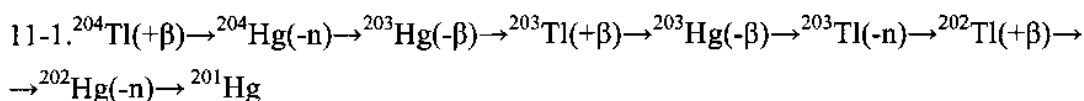


Пример 6.

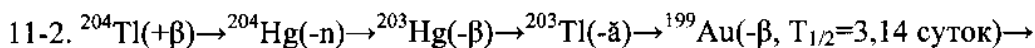
Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали полоний-208, полученный в нашем процессе из актинидов, превращающийся (распадающийся) далее в изотопы ртути, золота и платины (схема 11). Сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus ferrooxidans* штамм DSM-14882 в водном растворе элементов с переменной валентностью, обладающих окислительно-восстановительной способностью: Rb^{+1} , Sr^{+2} , S^0/S^{-2} , Re^{+4}/Re^{+7} , As^{+3}/As^{+5} , Mn^{+4}/Mn^{+7} , Fe^{+2}/Fe^{+3} , N^{-3}/N^{+5} , P^{+5} , S^{-2}/S^{+6} в их общей массе 0,01% от массы среды. В растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии $Eh=753$ мВ. Применяли микроорганизмы Температура проведения процесса 28-32 градуса по Цельсию, pH среды 1,0-1,5. Время проведения процесса двадцать суток. На основании полученных экспериментальных и статистически обработанных данных авторами выведена следующая схема:

Схема 11. Получение стабильных изотопов ртути, таллия, платины (^{195}Pt) и золота (^{197}Au) микробиологическим способом с иницированием и ускорением реакций из полония-208:

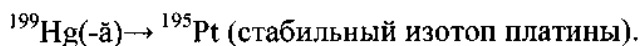
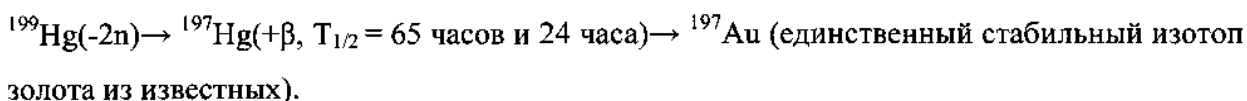
$^{208}Po(+\beta) \rightarrow ^{208}Bi(-\alpha) \rightarrow ^{204}Tl(+\beta, -\beta, T_{1/2}=3,56 \text{ лет}) \rightarrow$ бактериальное иницирование и ускорение:



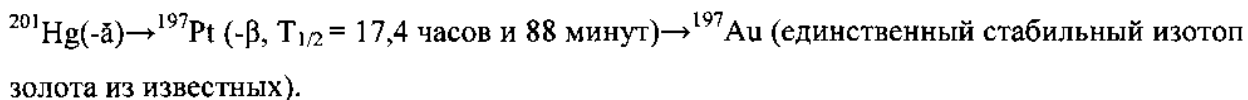
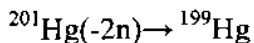
$^{202}Hg(-2n) \rightarrow ^{200}Hg.$



$\rightarrow ^{199}Hg(-n) \rightarrow ^{198}Hg$



11-3. $^{204}Tl(-\beta) \rightarrow ^{204}Pb(-n) \rightarrow ^{203}Pb(+\beta) \rightarrow ^{203}Tl(-2n) \rightarrow ^{201}Tl(+\beta, T_{1/2}=72 \text{ ч, } 5 \text{ мс}) \rightarrow ^{201}Hg(-n) \rightarrow ^{200}Hg$

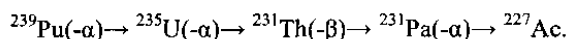


Пример 7.

Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали образцы плутония с целью превращения плутония-239 в уран-235, протактиний-231 и актиний-227 (схема 12). Сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus thioararus* штамм DSM-505 в водном растворе элементов с переменной валентностью, обладающих окислительно-восстановительной способностью: Rb^{+1} , Sr^{+2} , S^0/S^{-2} , Re^{+4}/Re^{+7} , As^{+3}/As^{+5} , Mn^{+4}/Mn^{+7} ,

Fe^{+2}/Fe^{+3} , N^{-3}/N^{+5} , P^{+5} , S^{-2}/S^{+6} в их общей массе 0,01% от массы среды. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) в растворе процесса трансмутации в логарифмической стадии процесса трансмутации Eh=759 мв. Температура проведения процесса 28-32 градуса по Цельсию, pH среды 2,0-2,5. Время проведения процесса двадцать суток. На основании полученных экспериментальных и статистически обработанных данных авторами выведена следующая схема:

Схема 12. Получение урана-235, тория-231, протактиния-231 и актиния-227 микробиологическим способом с ускорением реакций распада из плутония-239 (может, использоваться оружейный плутоний, или плутоний - побочный продукт ядерного сгорания ТВЭЛОВ АЭС, подлежащий утилизации):

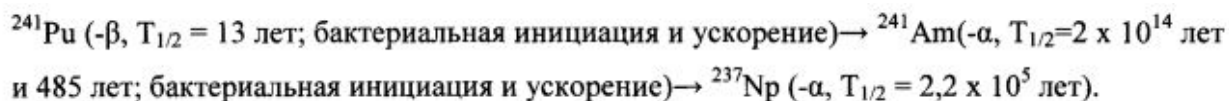


Можно остановить процесс на любом этапе, с получением ^{235}U , или ^{231}Th , или ^{231}Pa , или ^{227}Ac , или их смеси в различных соотношениях. Или можно продолжить процесс превращения элементов и изотопов из актиния-227 до ^{210}Po , ^{209}Po , ^{208}Po , с получением промежуточных элементов, по схеме 7-1.

Пример 8.

Способ проведения процесса такой же, как и в примере 1. Для трансмутации химических элементов и получения новых элементов и изотопов в качестве сырья для микробиологической обработки использовали образцы плутония с целью превращения плутония-241 в америций-241 и нептуний-237 (схема 13). ^{241}Pu - побочный продукт ядерных реакций при сгорании ТВЭЛОВ АЭС, подлежащий утилизации, взят как ядерный отход и побочный продукт промышленного сгорания урана. Сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus tepidarius* штамм DSM-3134 в водном растворе элементов с переменной валентностью, обладающих окислительно-восстановительной способностью: Rb^{+1} , Sr^{+2} , S^0/S^{-2} , Re^{+4}/Re^{+7} , As^{+3}/As^{+5} , Mn^{+4}/Mn^{+7} , Fe^{+2}/Fe^{+3} , N^{-3}/N^{+5} , P^{+5} , S^{-2}/S^{+6} в их общей массе 0,01% от массы среды. Eh=736 мв. Температура проведения процесса 28-32 градуса по Цельсию, pH среды 2,0-2,5.

Схема 13. Получение америция-241 (^{241}Am) и нептуния-237 (^{237}Np) микробиологическим способом из плутония-241 с инициацией и ускорением реакций распада:



Процесс можно остановить или замедлить на этапе получения америция-241 с отбором последнего. Пример 9.

В данном примере показана интенсификация процесса трансмутации химических элементов при ее замедлении при лимитирующих факторах. Способ проведения процесса и сырье такие же, как и в примере 2. Контрольный вариант: В качестве сырья также использовалась урановая руда Северо-Западной Африки, но отличие от примера 2 состояло в большем содержании руды в растворе: соотношение твердой фазы (руды) к жидкой фазе составляло 1:3 (100 грамм руды в 300 мл водного раствора). Сырье обрабатывалось микроорганизмами *Thiobacillus aquaesulis* штамм DSM-4255 в водном растворе элементов с переменной валентностью, находящихся в растворе в окисленной форме: N^{+5} , P^{+5} (в форме фосфатов), As^{+5} , S^{+6} , Fe^{+3} , Mn^{+7} , в их общей массе 0,01% от

массы среды, как в примере 2. Eh=410 мв. Температура проведения процесса 30-35 градусов по Цельсию, рН среды 2,0-2,5. Время проведения процесса двадцать суток. Заряд бактерий близок к нулевому значению. Электрофоретическая подвижность (ЭФП)

5 микробных клеток равна $0,01 \text{ V}^{-1} \times \text{см}^2 \times \text{сек}^{-1}$. Изначальное содержание урана-238 в среде было 280 г/л. На пятые сутки процесса содержание урана-238 упало до 200,52 мг/л, но протактиний-231, актиний-227 и изотопы полония в среде не обнаружены, при этом обнаружены изотопы торий-234, протактиний-234, протактиний-233, уран-234 (первичные продукты трансмутации урана-238). Процессы трансмутации урана-238 и образования новых элементов и изотопов были замедлены во времени по сравнению с примером 2, в котором соотношение твердой фазы (руды) к жидкой фазе составляло 1:10 (100 грамм руды в 1000 мл водного раствора). Замедление процесса связано с повышенной концентрацией ионов металлов в растворе при малом количестве воды на руду. Опытный вариант: В такой же раствор, лимитированный по воде, в котором соотношение твердой фазы (руды) к жидкой фазе составляло 1:3 (100 грамм руды в 300 мл водного раствора), дополнительно ввели 0,001 г/л полиамфолита - полиакриловой кислоты капролактама (соотношение акриловой кислоты к капролактаму 9:1).

10 Электрофоретическая подвижность (ЭФП) микробных клеток равна $0,89 \text{ V}^{-1} \times \text{см}^2 \times \text{сек}^{-1}$, заряд микроорганизмов сдвинулся от изоэлектрической точки, в отрицательную сторону. Eh=792 мв На пятые сутки содержание в растворе урана-238 стало равно 149,40 мг/л, появились изотопы - продукты дальнейшего распада: уран-232, уран-233, протактиний-231, актиний-227, радий-226, полоний-210, 209 и 208 - все в большом количестве. Произошло ускорение процесса. На основании экспериментальных данных получена общая схема различных направлений и цепочек распада урана-238 при 15 получении из него микробиологическим способом различных ценных изотопов урана, протактиния, тория, актиния, радия, полония и других элементов (фигура 18).

Энергия электронного перехода (keV), по которой определяли химические элементы рентгено-флуоресцентным методом (фигуры с 1 по 17), приведены в таблице 5.

30

35

40

45

Таблица 5. Значения энергии электронного перехода (keV)

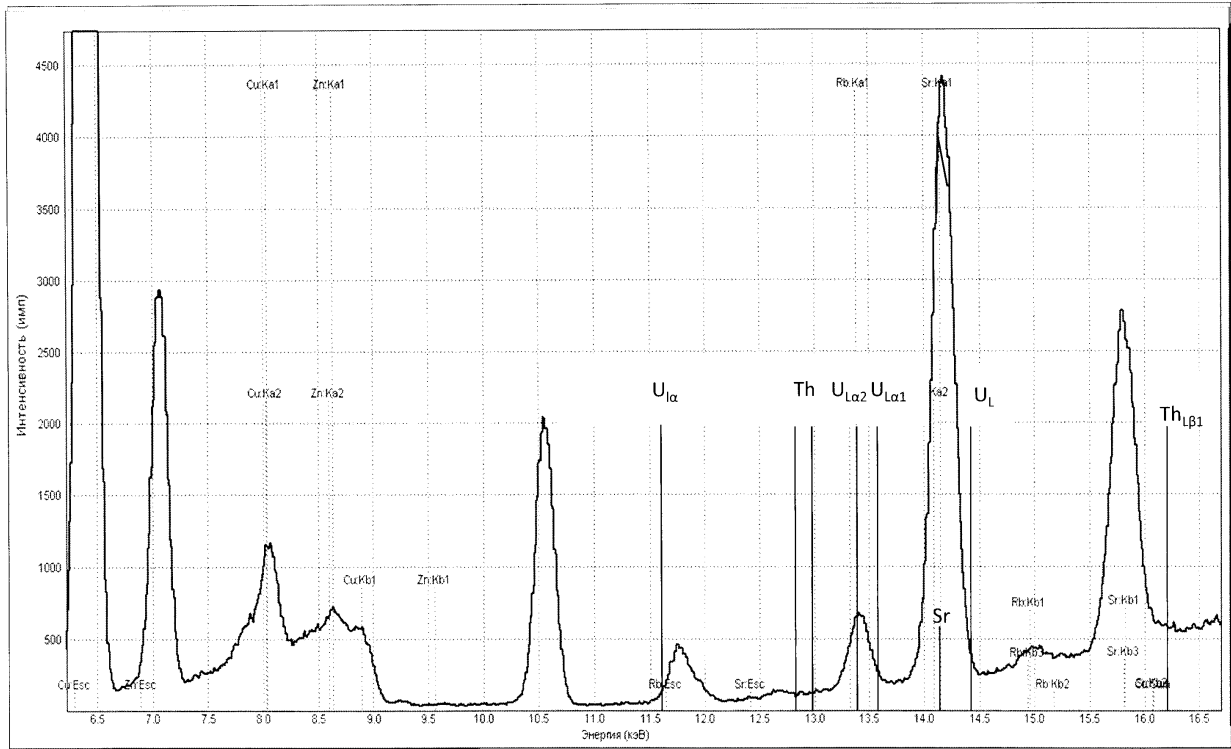
Элементы	keV								
	L _{α1}	L _{α2}	L _{α3}	L _{α4}	L _{β1}	L _{β2}	K _{α1}	K _{α2}	K _{β1}
Am	14,62	14,41			18,86				
Pu	14,28	14,09			18,30				
Np	13,95	13,76			17,75				
U	13,61	13,44					14,40	11,62	
Pa	13,29	13,12			16,70	15,99			
Th	12,97	12,81			16,20				
Ac	12,65	12,50			15,71				
Ra	12,34	12,20			15,24				
Fr	12,03	11,90			14,77				
Po	11,13	11,016			13,45				
Hg	9,99				1,82				
Au	9,71	9,63			11,44				
Pt	9,44	9,36			11,07				
Hf	7,90	7,84			9,02				
Yb	7,42	7,37			8,40				
Zr							15,77	15,69	17,67
Y							14,96		16,70
Sr							14,16	14,10	15,83
Rb							13,40	13,34	14,96
Br							11,92	11,88	13,29
As							10,54		11,73
Ga							9,25		10,27
Ni							7,48		8,27
Fe							6,40		7,06

Формула изобретения

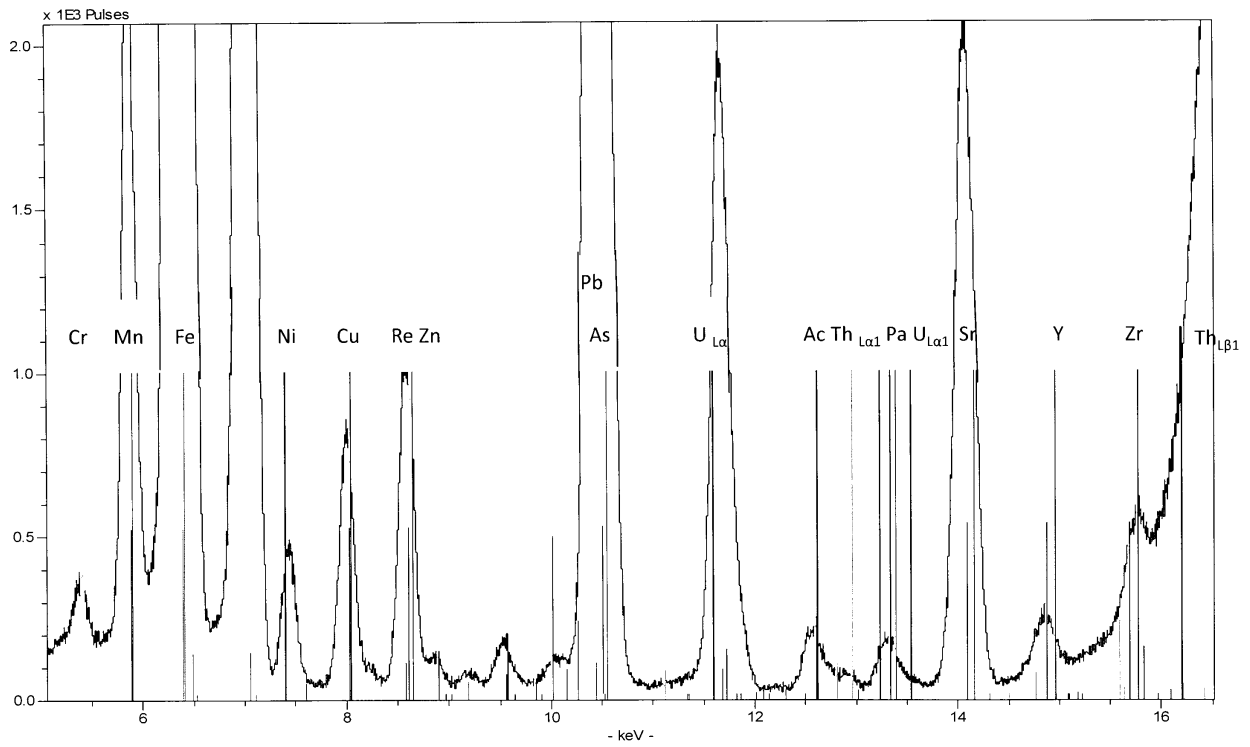
1. Микробиологический способ трансмутации химических элементов и превращения изотопов химических элементов, характеризующийся тем, что радиоактивное сырье, содержащее радиоактивные химические элементы или их изотопы, обрабатывают водной суспензией бактерий рода *Thiobacillus* в присутствии элементов с переменной валентностью.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что способ ведут с получением полония, радона, франция, радия, актиния, тория, протактиния, урана, нептуния, америция, никеля, марганца, брома, гафния, иттербия, ртути, золота, платины и их изотопов.

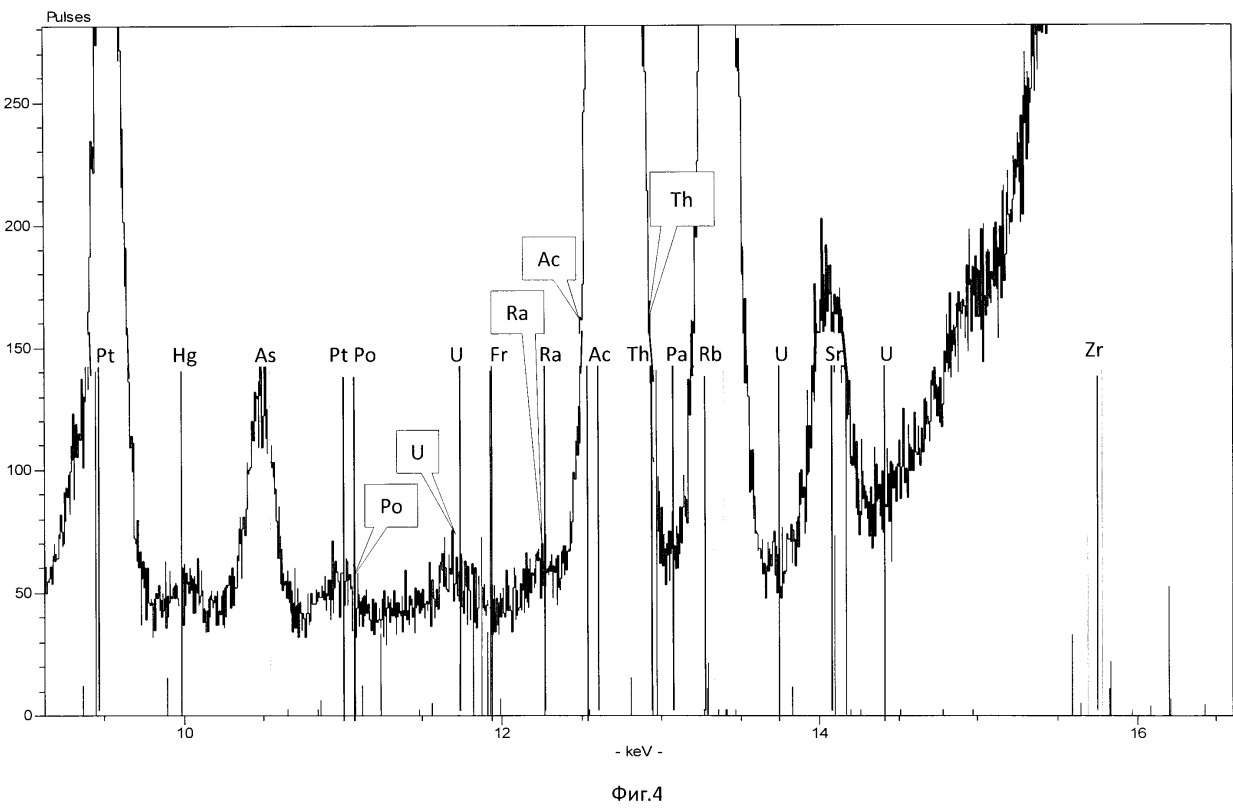
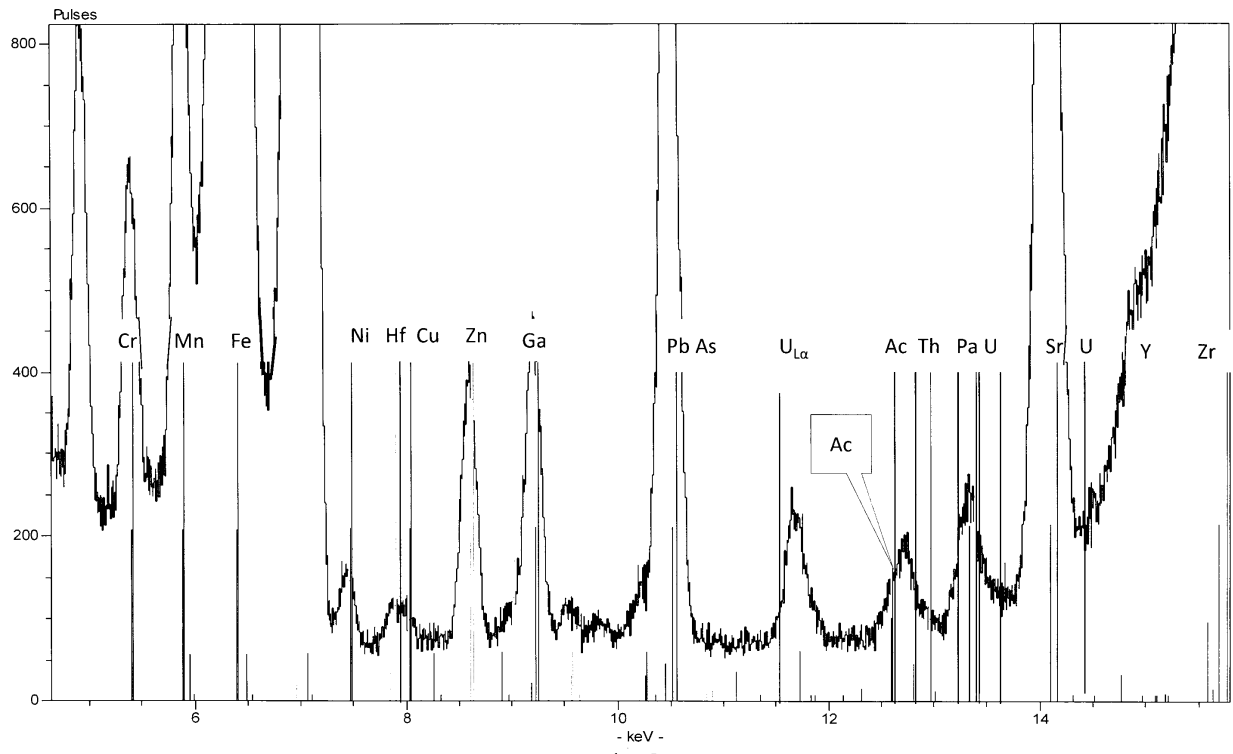
3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что в качестве радиоактивного сырья, содержащего радиоактивные химические элементы, используют руды или радиоактивные отходы ядерных циклов.

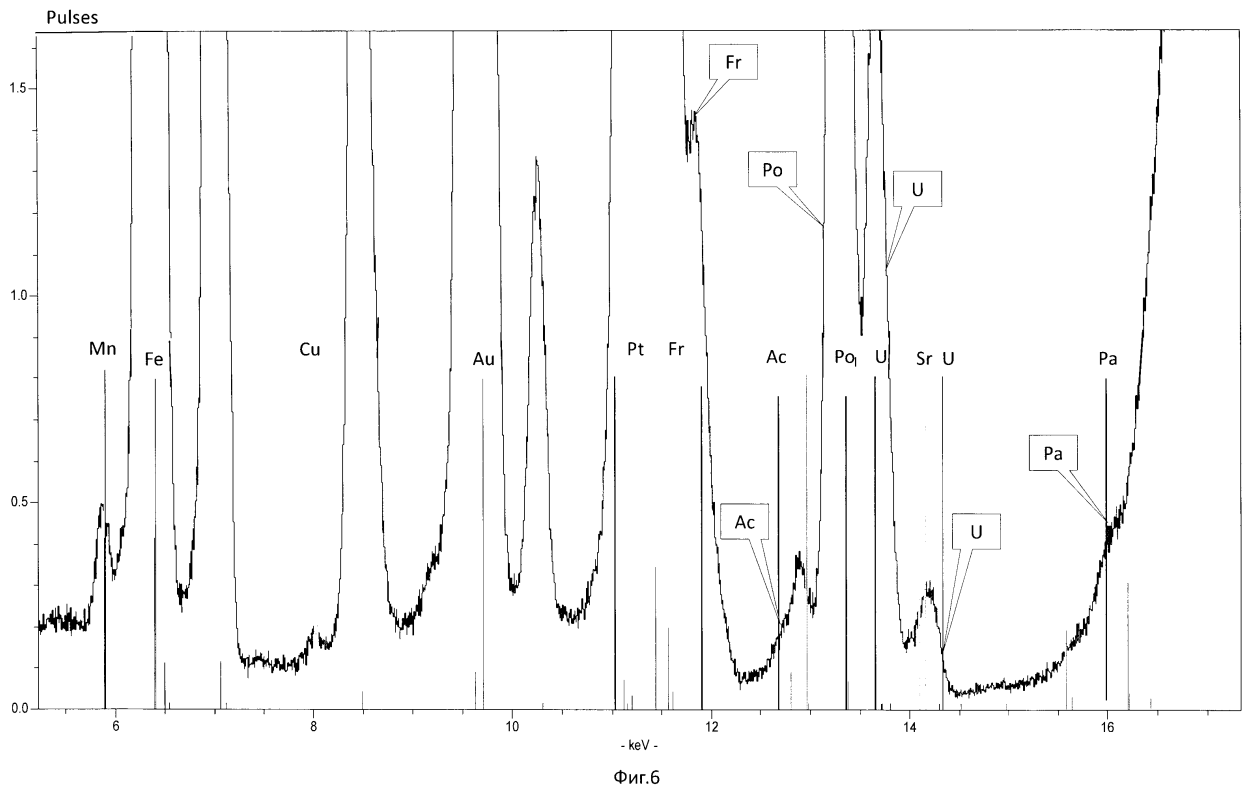
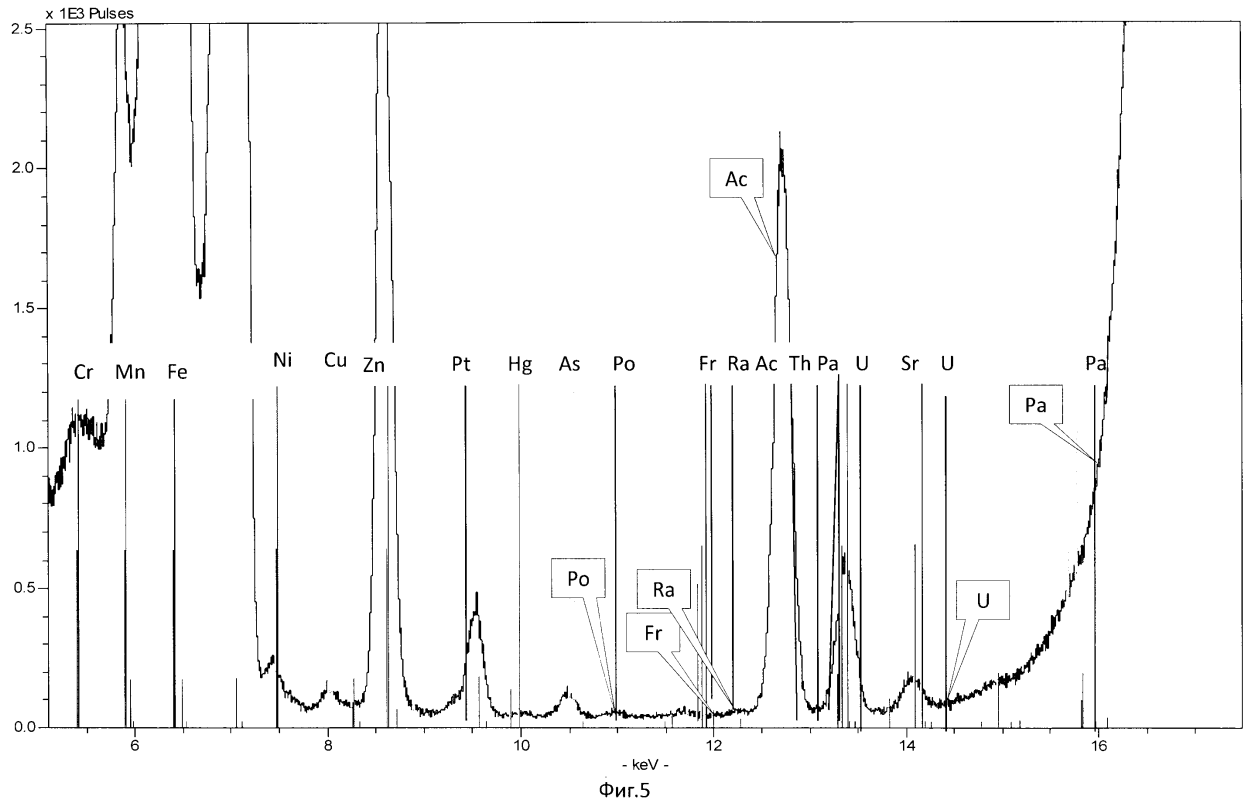


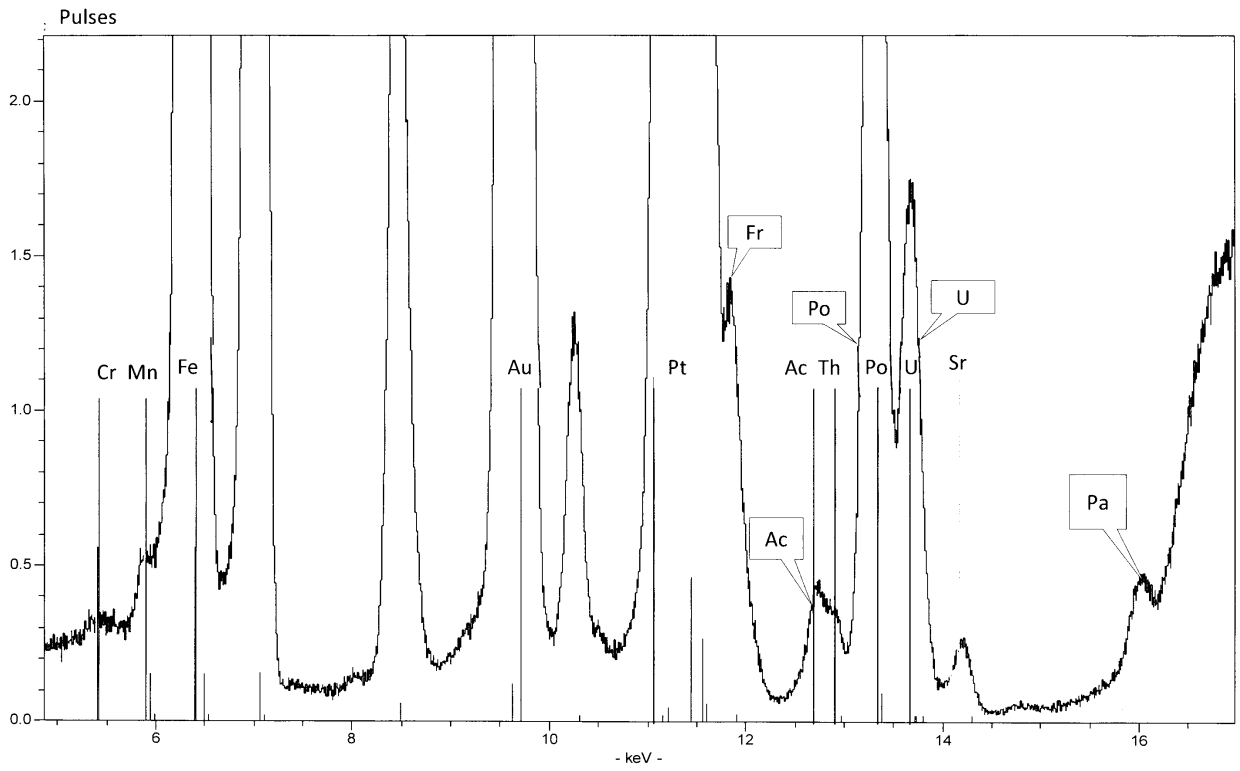
Фиг.1



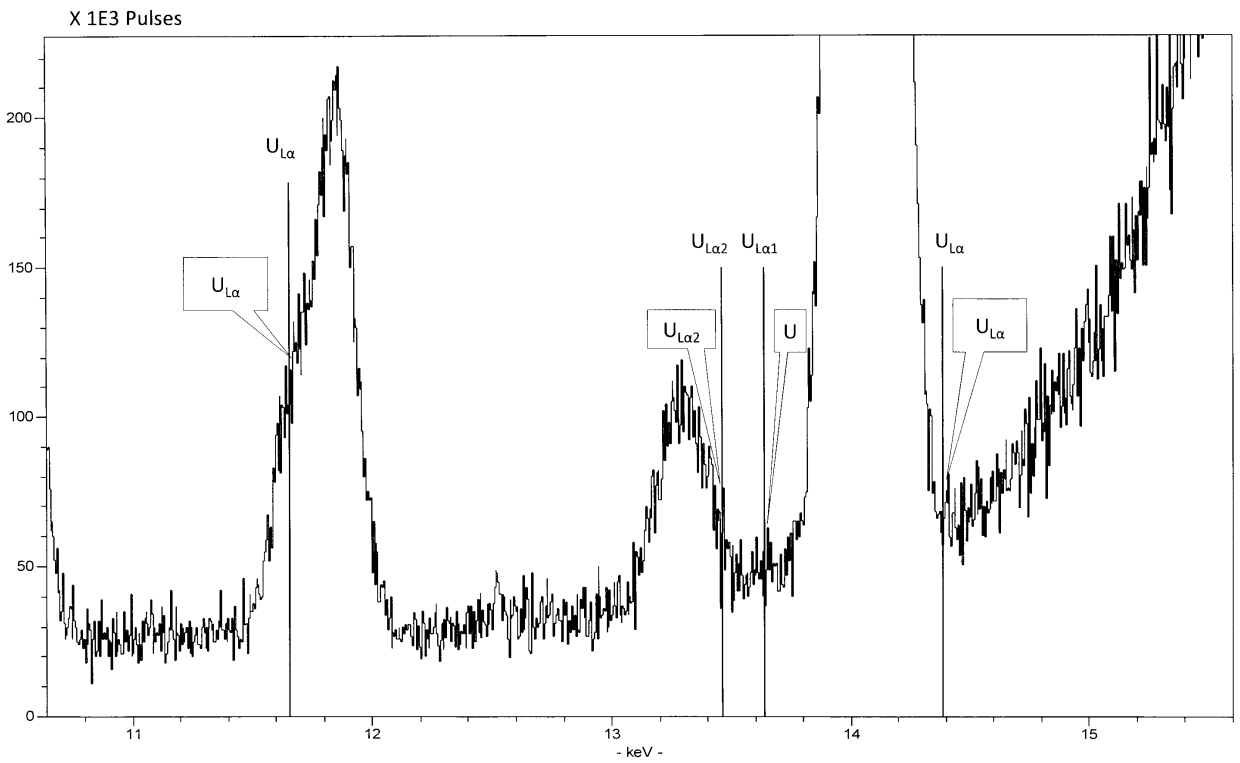
Фиг. 2



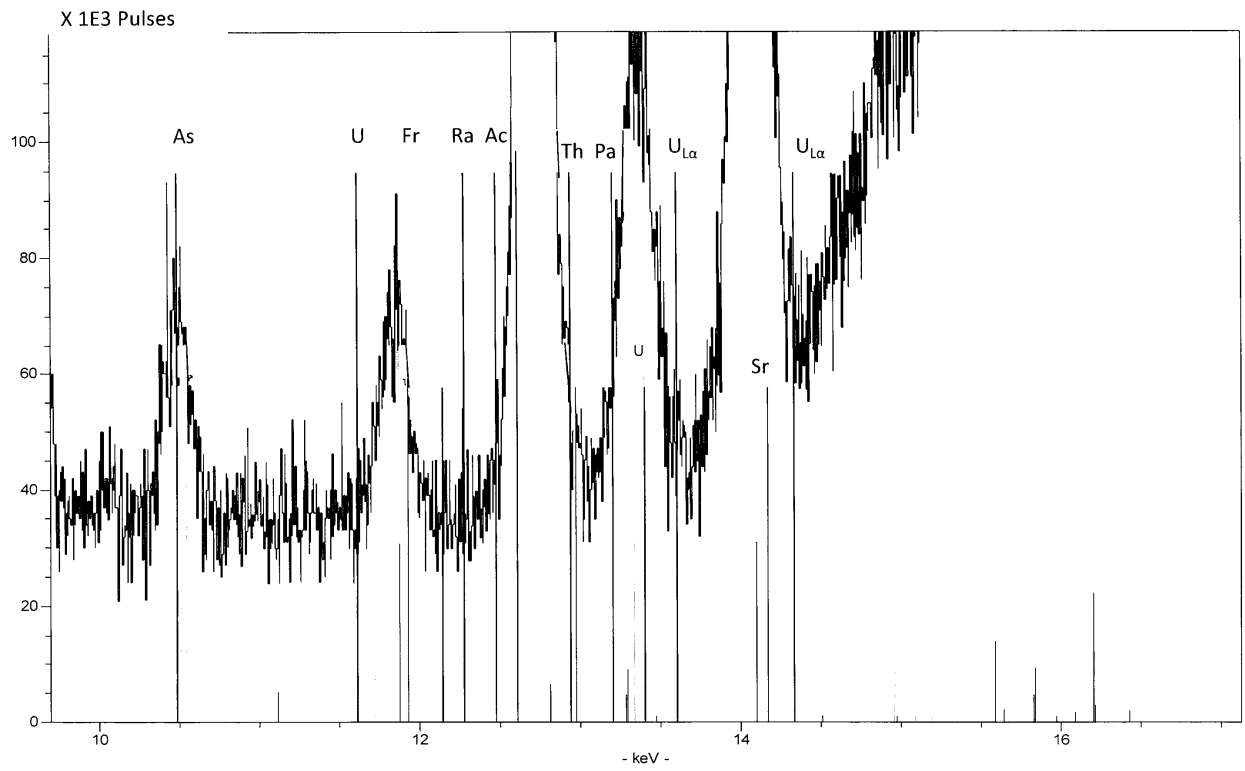




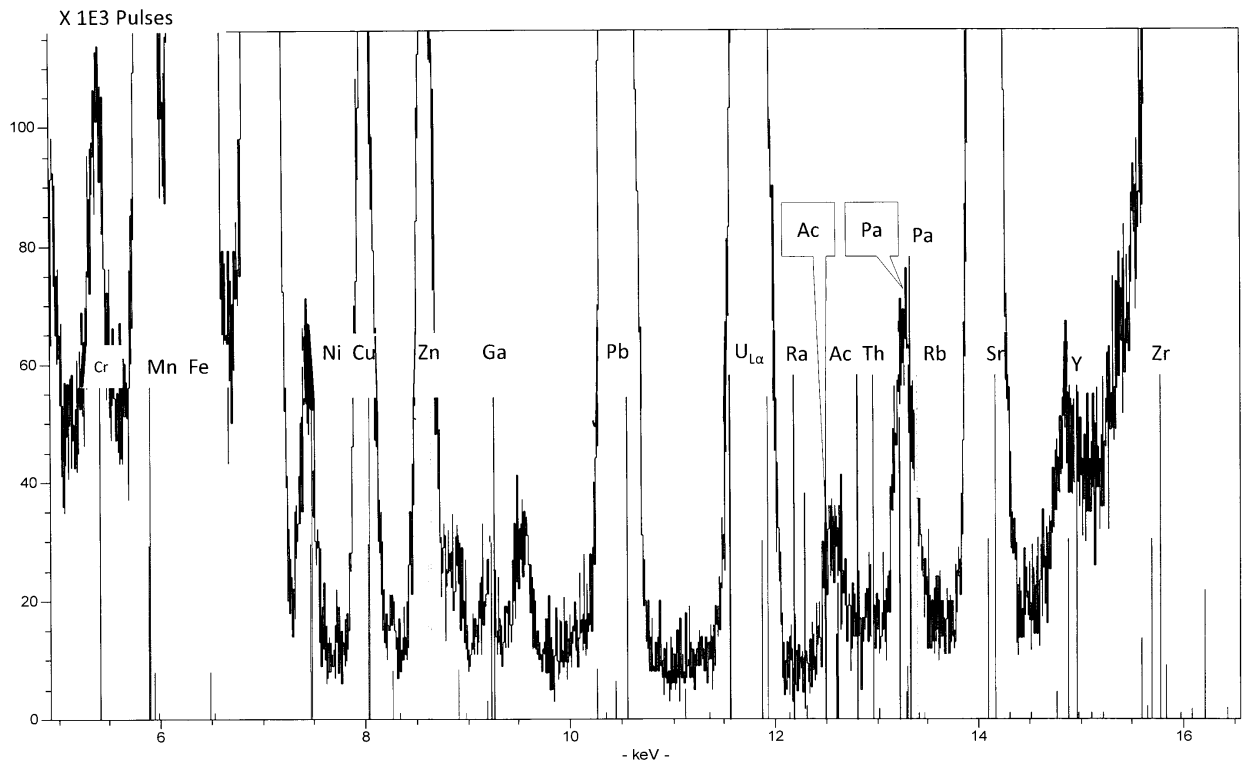
Фиг.7



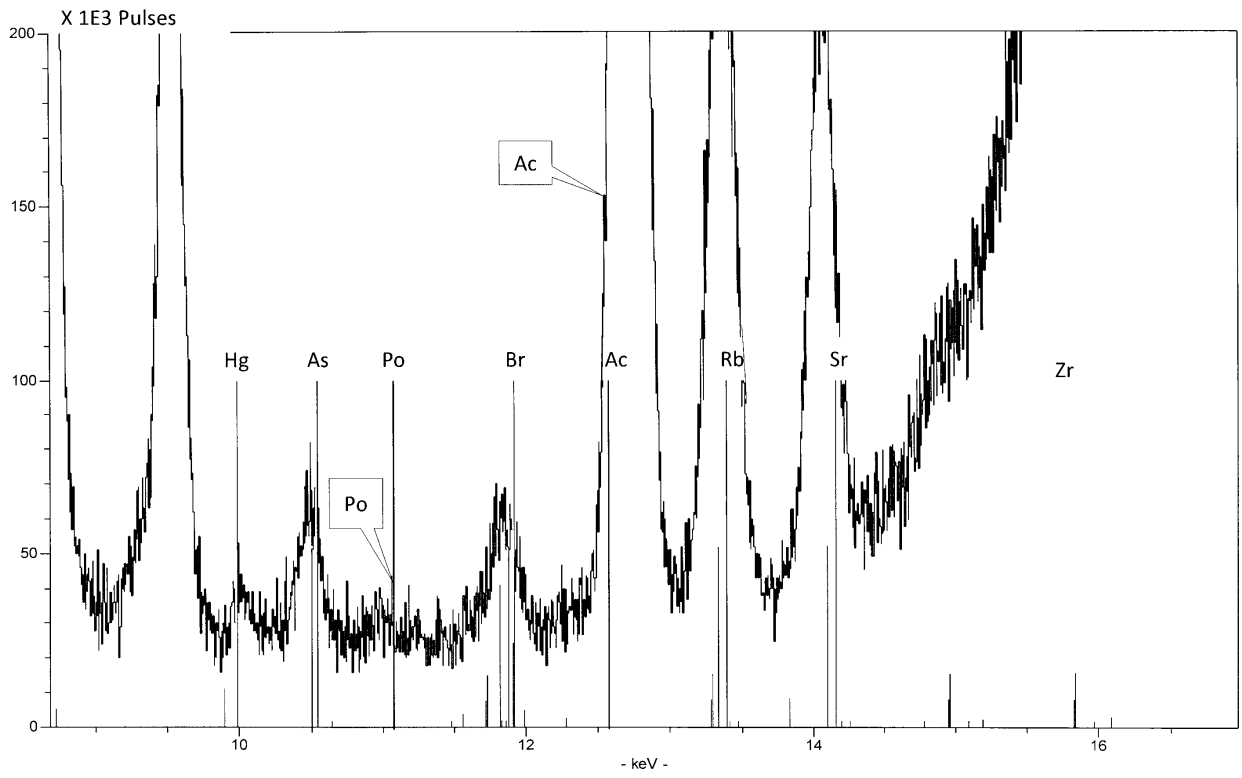
Фиг.8



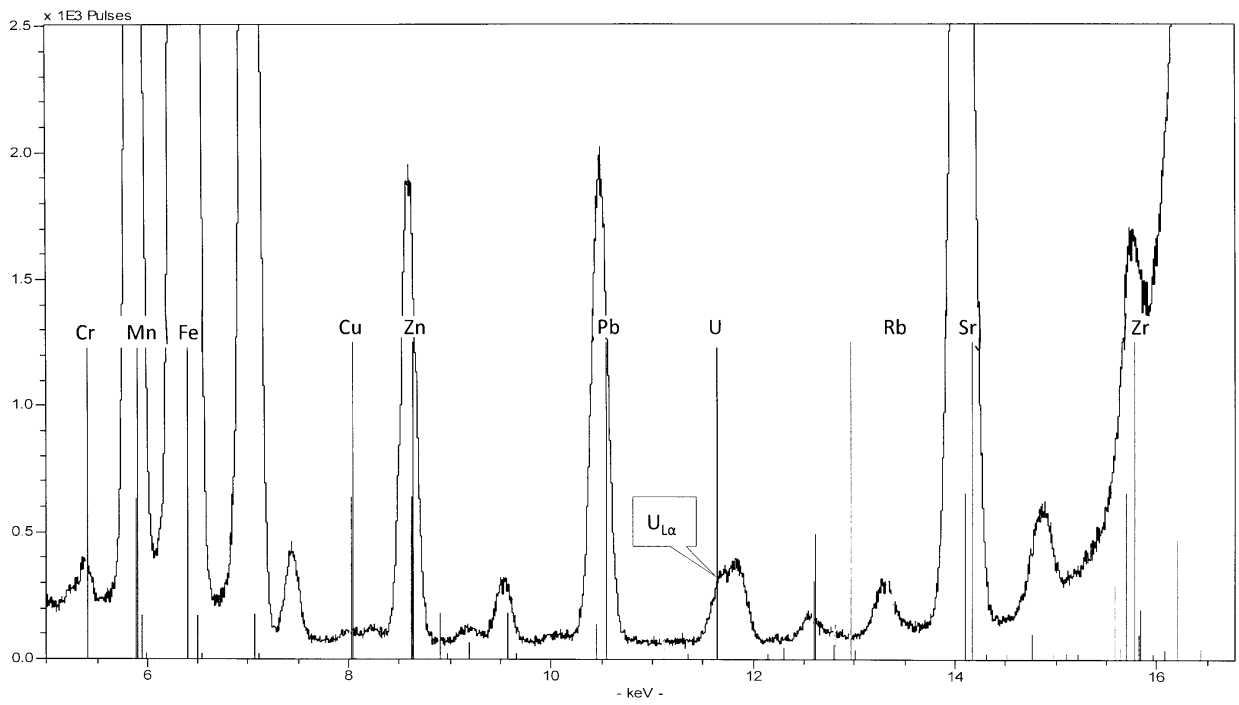
Фиг. 9



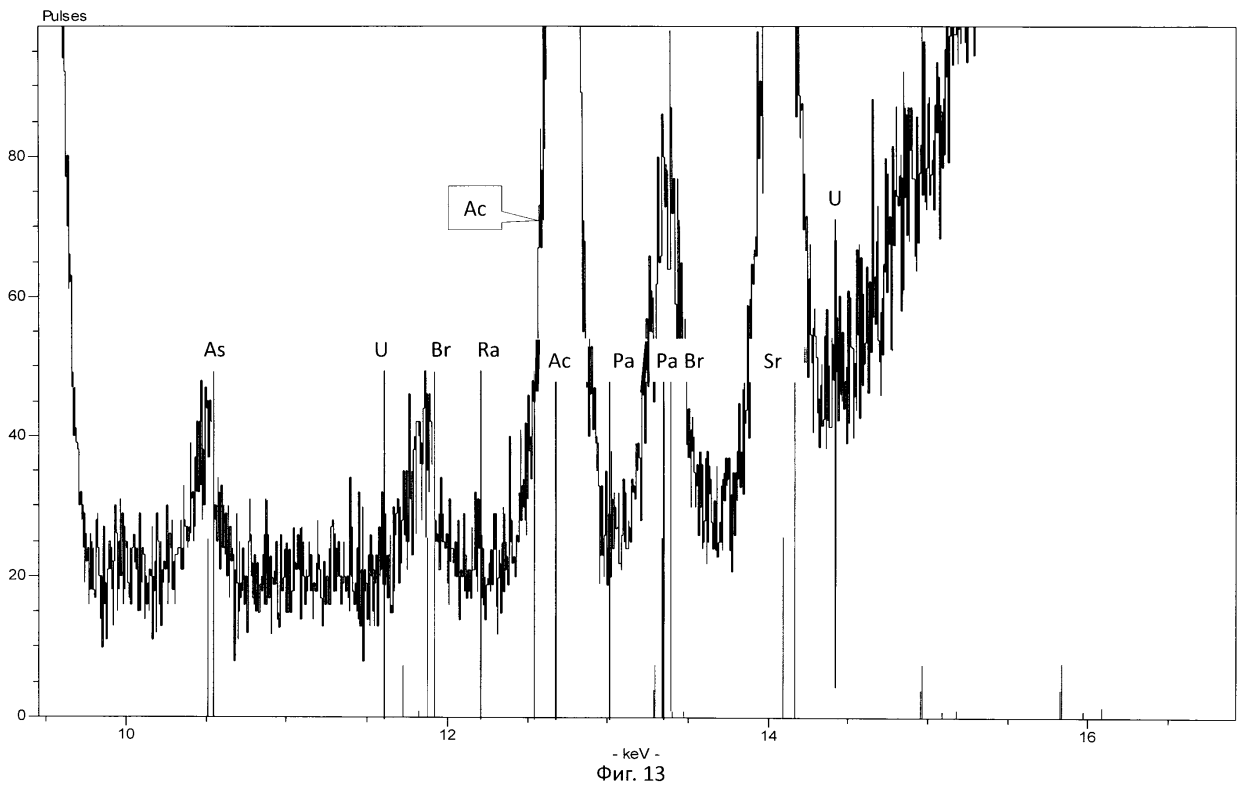
Фиг. 10



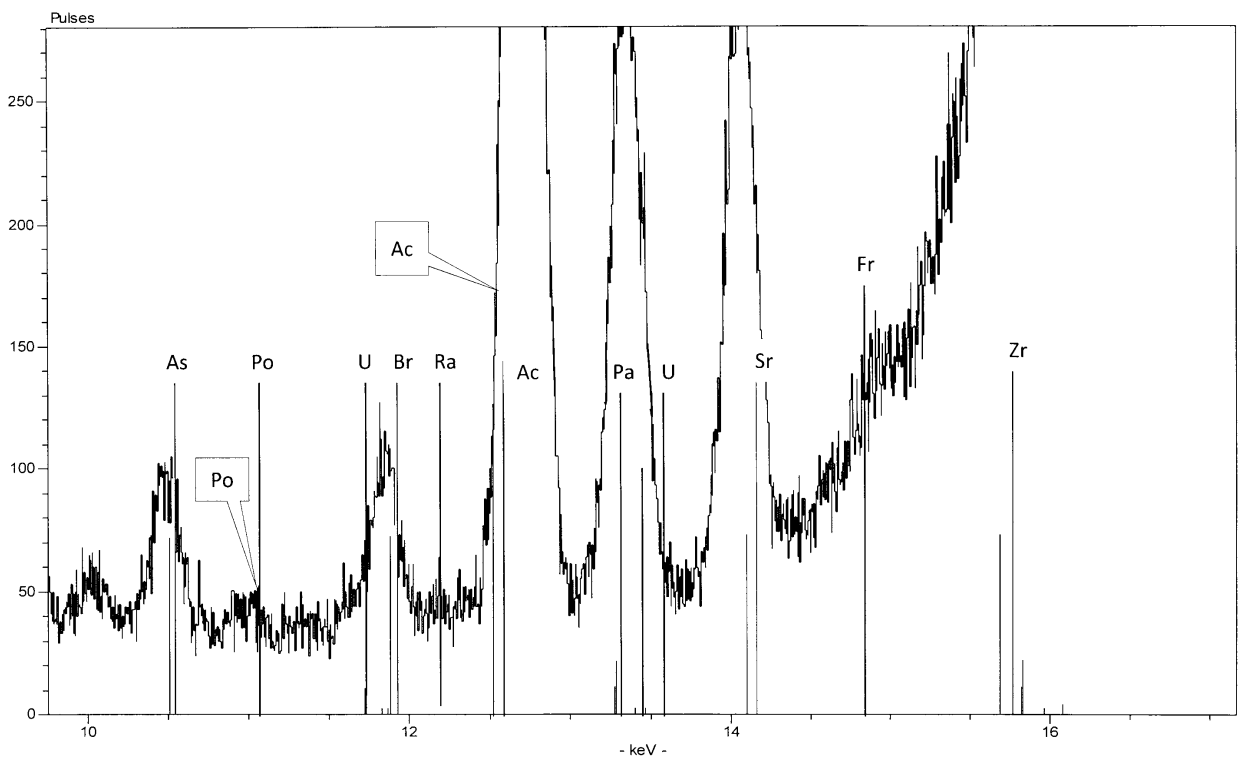
Фиг. 11



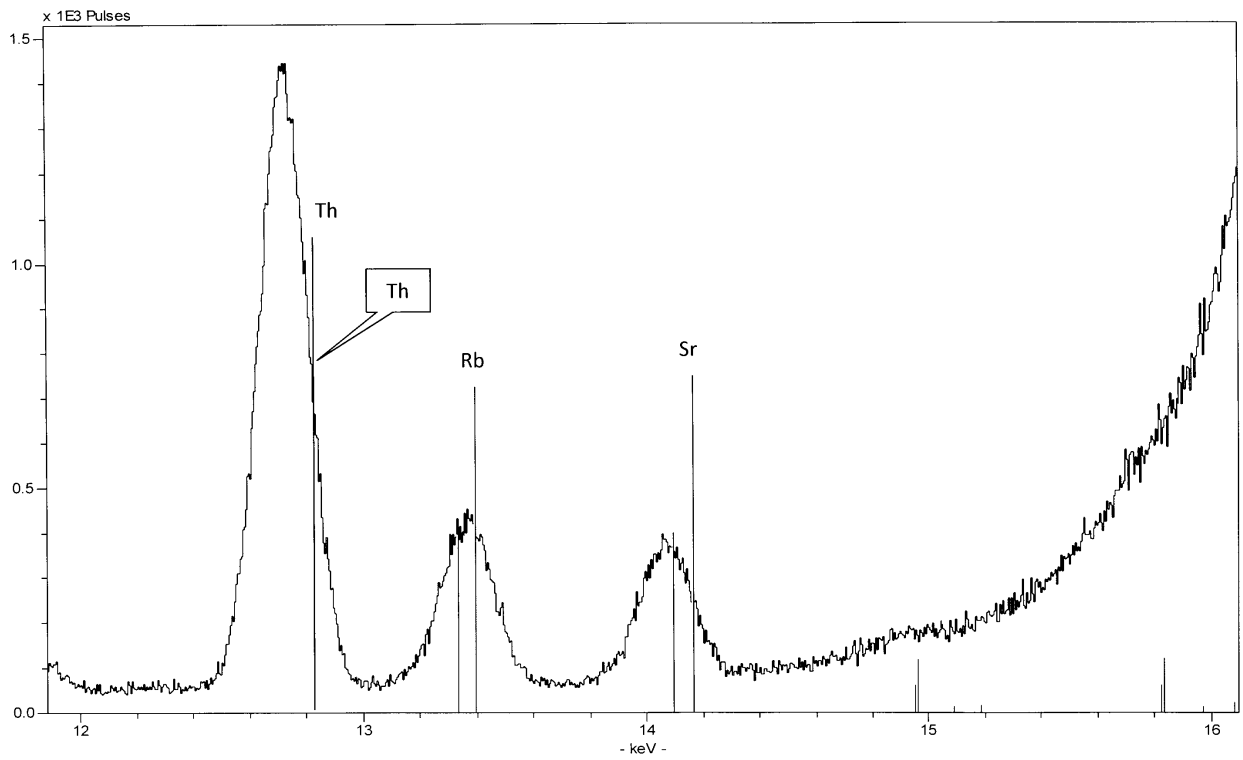
Фиг.12



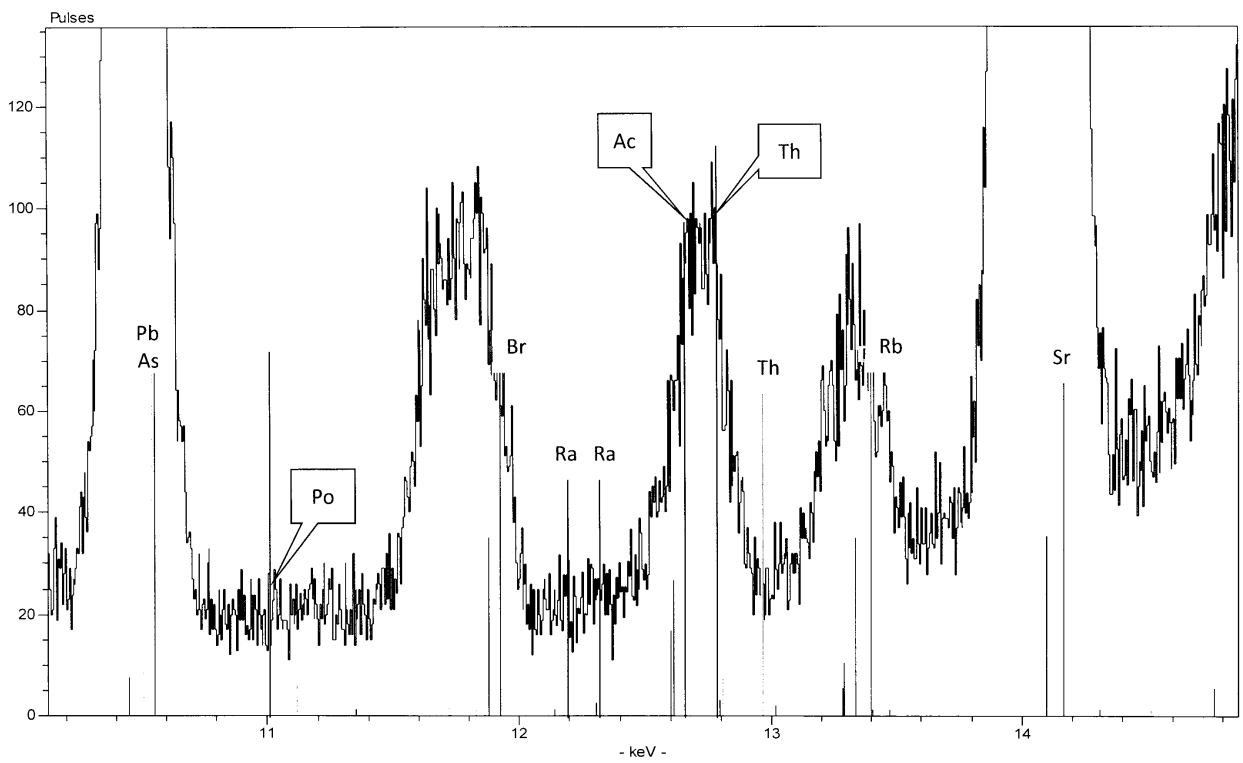
Фиг. 13



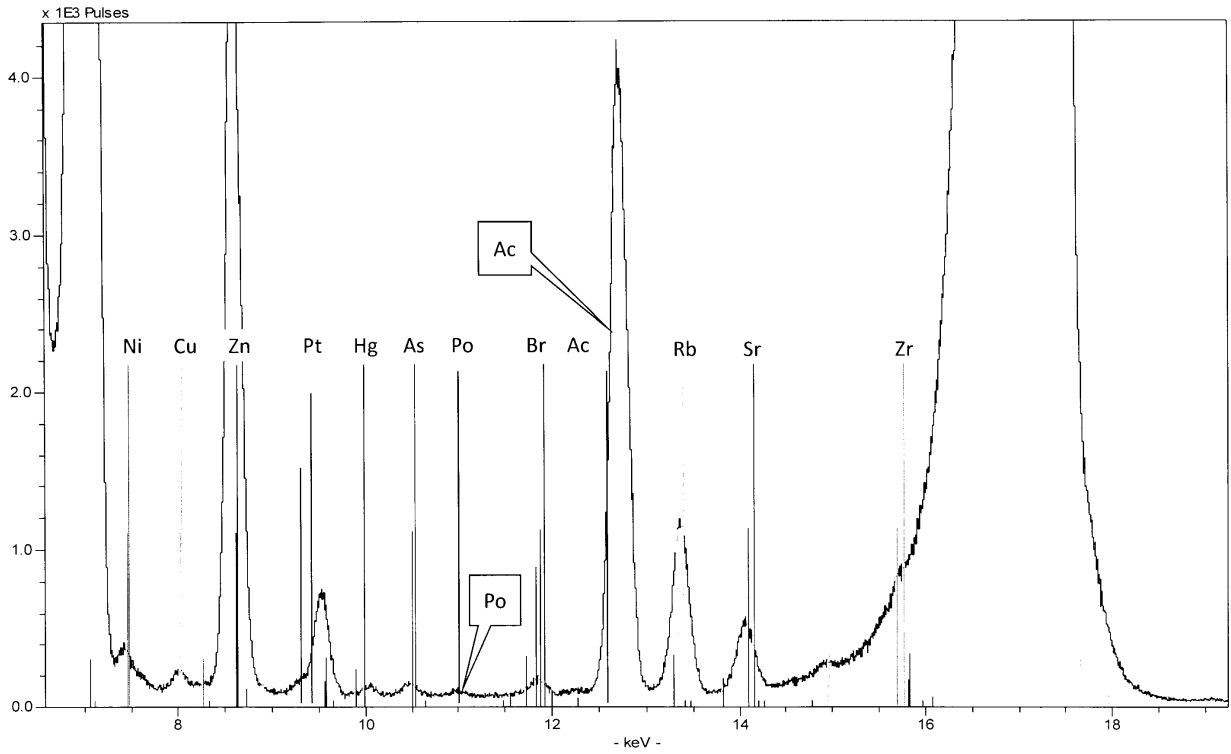
Фиг. 14



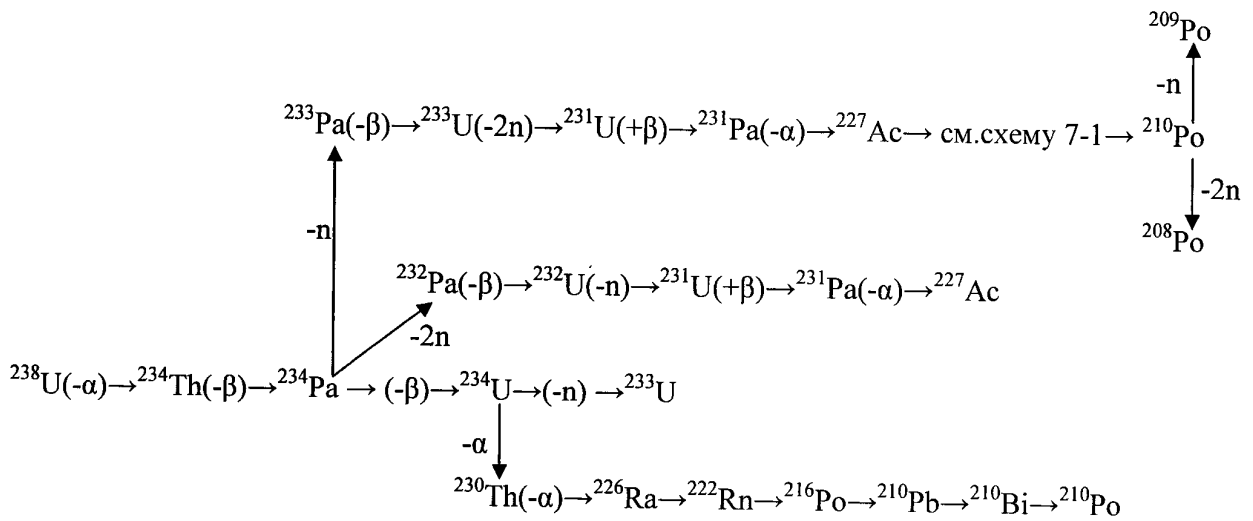
Фиг.15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18