

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2592067

### СПОСОБ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014148202

Приоритет изобретения 28 ноября 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 28 июня 2016 г.

Срок действия патента истекает 28 ноября 2034 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014148202/07, 28.11.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.11.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.06.2016 Бюл. № 17

(45) Опубликовано: 20.07.2016 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2488904 C1, 27.07.2013 . RU2510540 C1, 27.03.2014 . US4971752 A1, 20.11.1990 . JP2000131496 A, 12.05.2000 .

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Мозер Сергей Петрович (RU),  
Ковалев Олег Владимирович (RU),  
Райс Виктор Владимирович (RU),  
Заморкина Юлия Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

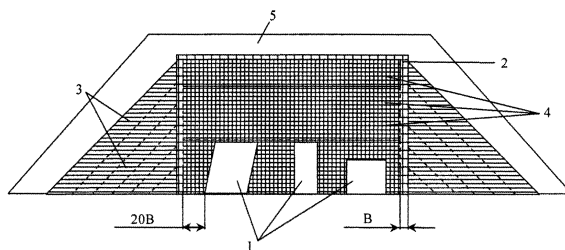
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)

## (54) СПОСОБ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к атомной энергетике, в частности к выводу из эксплуатации выработавших свой ресурс объектов использования атомной энергии и захоронения твердых и отвержденных радиоактивных отходов. В качестве сыпучей массы используют каменную, калийную соли или их смесь, укладываемую послойно с увлажнением каждого слоя водой,

причем отходы складировать перед засыпкой в помещениях на расстоянии от стен и потолка не менее  $10B$ , м, где  $B$  - толщина стенки реактора. Технический результат - исключение возможности миграции отходов из хранилища, повышение механической прочности материала засыпки, повышение безопасности проведения работ. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014148202/07, 28.11.2014

(24) Effective date for property rights:  
28.11.2014

Priority:

(22) Date of filing: 28.11.2014

(43) Application published: 20.06.2016 Bull. № 17

(45) Date of publication: 20.07.2016 Bull. № 20

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VPO "Natsionalnyj mineralno-syrevoj universitet  
"Gornyj", otdel intellektualnoj sobstvennosti i  
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Mozer Sergej Petrovich (RU),  
Kovalev Oleg Vladimirovich (RU),  
Rajs Viktor Vladimirovich (RU),  
Zamorkina YULiya Vladimirovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
professionalnogo obrazovaniya "Natsionalnyj  
mineralno-syrevoj universitet "Gornyj" (RU)**

(54) **METHOD FOR DISPOSAL OF SOLID RADIOACTIVE WASTES**

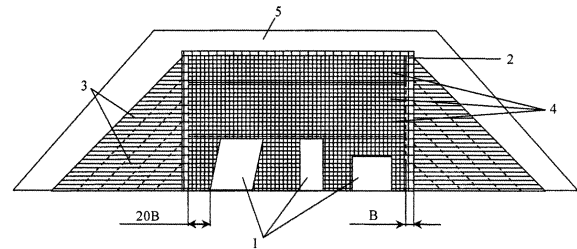
(57) Abstract:

FIELD: nuclear power.

SUBSTANCE: invention relates to decommissioning of objects using nuclear power and disposal of solid and solidified radioactive wastes. Loose mass is represented by rock, potash salt or mixture thereof, stacked in layers with each layer of water, wastes stored before filling in premises at distance from walls and ceiling of not less than 10 V, m, where V is reactor wall thickness.

EFFECT: excluding possibility of migration of wastes from storage, higher mechanical strength of

filling material, higher safety of performance of works.  
1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 592 067 C2

RU 2 592 067 C2

Изобретение относится к атомной энергетике, в частности к выводу из эксплуатации выработавших свой ресурс объектов использования атомной энергии и захоронения твердых и отвержденных радиоактивных отходов.

5 Известен способ захоронения радиоактивных отходов (заявка на патент РФ №2004131045, опубл. 10.04.2006 г.). Способ включает послойное заполнение могильника цементным раствором, согласно изобретению радиоактивные отходы предварительно осушают сухим цементом, выдерживают до образования цементного камня.

Недостатком данного способа являются высокий расход цемента.

10 Известен способ захоронения токсичных промышленных отходов (патент РФ №2271881, опубл. 20.03.2006 г.), способ заключается в последовательной укладке и уплотнении водонепроницаемого экрана в виде предварительного обезвоженного до остаточной влажности 5-30% бурового шлама и отходов. Последние покрывают водонепроницаемым экраном, уплотняют и засыпают его слоем почвенно-растительного грунта с последующей посадкой растений. Обезвоживание до остаточной  
15 влажности осуществляют путем испарения на открытом воздухе.

Недостатком данного способа являются большая длительность процесса выпаривания на открытом воздухе.

Известен способ захоронения супертоксичных промышленных отходов (патент РФ №2317160, В09В 1/00, G21F 9/00, опубл. 2008.02.20). Способ захоронения супертоксичных  
20 промышленных отходов включает последовательную укладку водонепроницаемого экрана, уплотнение его, укладку и уплотнение отходов, покрытие отходов вторым водонепроницаемым экраном, уплотнение и засыпку его слоем почвенно-растительного грунта с последующей посадкой растений. В качестве водонепроницаемого экрана используют изолирующий материал ИМ-1, содержащий нефтяной шлам, известняк в  
25 мелкокусковой форме, отходы бурения, глинистые породы, биопрепараты, пропитанные жидким битумом или гудроном. Перед укладкой из супертоксичных отходов формуют во влажной среде при 40-60°C в течение 1-3 суток зацементированные блоки, включающие: супертоксичные отходы, портландцемент, речной песок, изолирующий материал ИМ-1 при следующем соотношении компонентов, мас.ч.: супертоксичные  
30 отходы - 1 мас.ч., портландцемент - 0,1-0,3 мас.ч., речной песок - 0,1-0,3 мас.ч., изолирующий материал ИМ-1 - 0,05-0,1 мас.ч., которые покрывают жидким битумом или гудроном в течение 3-5 мин, затем охлаждают и направляют на укладку.

Недостатком данного способа является высокая трудоемкость и высокий расход материалов.

35 Известен способ захоронения твердых радиоактивных отходов в приповерхностные могильники (патент РФ №2366011, опубл. 27.08.2009). При захоронении отходов производят обваловывание могильника снизу и с боков слоем от 0,5 до 1,5 м уплотненной смеси глины с бокситовым шламом. После заполнения могильника отходами производят обваловывание сверху так, чтобы вертикальная планировка  
40 этого гидроизолирующего слоя обеспечивала сток атмосферных осадков. Бокситовый шлам получают при обжиге бокситовой руды совместно с известью и содой и последующей промывке водой от растворимых натриевых соединений.

Недостатком данного способа являются наличие специфичных ингредиентов и высокая трудоемкость процессов по использованию способа.

45 Известно железобетонное хранилище радиоактивных отходов (патент РФ №2242813, опубл. 20.12.2004 г.). Сущность изобретения: железобетонное хранилище радиоактивных отходов включает окруженную дренажной канавой, выполненную в грунтовом массиве, сужающуюся сверху вниз емкость с плоским днищем. На днище расположен



железобетонный, разделенный на отсеки резервуар со стенками, днищем и крышкой, образованными плитами перекрытия. Причем внутренняя поверхность стенок и днища железобетонного, разделенного на отсеки резервуара покрыта водонепроницаемой облицовкой (изолирующим материалом). Железобетонный, разделенный на отсеки резервуар расположен ниже поверхности грунтового массива. Над железобетонным, разделенным на отсеки резервуаром расположен слой песка, над нижней поверхностью которого установлены горизонтальные парожидкостные термосифоны. По верхней и боковым поверхностям слоя песка расположен теплоизолятор, а по периметру слоя песка - дренажная канава. Пространство между стенками сужающейся сверху вниз емкости и стенками железобетонного, разделенного на отсеки резервуара, а также между крышкой железобетонного, разделенного на отсеки резервуара и поверхностью сужающейся сверху вниз емкости заполнено дисперсным грунтом.

Недостатками данного способа являются сложность конструкции и высокая трудоемкость создания.

Известен способ захоронения твердых радиоактивных отходов (патент РФ №2488904, опубл. 27.07.2013), принятый за прототип. Отходы складировать в хранилище, пустоты в хранилище засыпают кварцевым песком (засыпкой), а затем снаружи на хранилище возводят укрытие курганного типа из различных материалов, при этом в качестве хранилища используют здание реактора, отходы и строительные конструкции складировать в помещениях здания, песок снаружи здания и внутри здания подают одновременно, снаружи до образования естественного угла откоса, а внутри, начиная с нижнего этажа, до заполнения всех пустот в каждом помещении, причем во все помещения каждого этажа песок также подают одновременно по крайней мере двумя струями с радиальной скоростью до касания с каждой стеной каждого помещения, при этом струи вращают в одной и той же горизонтальной плоскости у потолка в центре каждого помещения.

Недостатками данного способа являются высокая вероятность проникновения и последующей миграции флюидов из созданного хранилища, а также низкая механическая прочность материала засыпки.

Техническим результатом изобретения является исключение возможности миграции отходов из хранилища и повышение механической прочности материала засыпки.

Технический результат достигается тем, что в способе захоронения твердых радиоактивных отходов, включающем их складирование в здание реактора, засыпку пустот, остающихся между размещенными в хранилище отходами и строительными конструкциями, причем засыпку снаружи подают до образования естественного угла откоса, внутри - до заполнения всех пустот в каждом помещении, а затем снаружи на хранилище возводят послойное покрытие курганного типа, согласно изобретению для засыпки используют каменную соль, или кристаллогидраты искусственных минеральных солей, или смесь кристаллогидратов искусственных минеральных солей, или калийную соль, или смесь калийной и каменной соли укладываемую послойно с увлажнением каждого слоя водой, причем отходы складировать перед засыпкой в помещениях на расстоянии от стен и потолка не менее 10 В, где В - минимальная толщина стенки реактора, м.

Способ захоронения твердых радиоактивных отходов поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - вертикальный разрез хранилища отходов, где:

1 - твердые или отвержденные радиоактивные отходы;

2 - здание реактора;

3 - внешняя засыпка из увлажненных слоев каменной, или калийной соли, или их смеси, кристаллогидраты искусственных минеральных солей или их смесь;

4 - внутренняя засыпка из увлажненных слоев каменной или калийной соли или их смеси, или из кристаллогидратов искусственных минеральных солей, или смеси кристаллогидратов искусственных минеральных солей;

5 - послойное многофункциональное покрытие курганного типа из различных материалов с учетом геологических и природно-климатических особенностей площадки расположения хранилища;

В - минимальная толщина стенок реактора.

10 Фиг. 2 - кристаллогидраты неорганических солей.

Способ захоронения твердых радиоактивных отходов осуществляют следующим способом. Отходы 1 складывают в здание реактора 2, отработавшего свой ресурс, с соблюдением необходимых минимальных зазоров 10 В, м, между ними и стенками реактора 2. Пустоты, остающиеся между размещенными в здании реактора 2 отходами 1 и строительными конструкциями реактора 2, засыпают вместо кварцевого песка засыпкой 4, например, из слоев каменной или калийной соли или их смеси, или из кристаллогидратов искусственных минеральных солей, или смеси кристаллогидратов искусственных минеральных солей. Каждый слой по мере отсыпки увлажняют водой для получения консолидированной массы. Толщину слоя, а также объемы воды для увлажнения слоя засыпки 3 и 4 определяют аналитическим, экспериментально-аналитическим или экспериментальным путем исходя из условия образования консолидированной массы повышенной прочности. Сыпучую массу 4 и 5 снаружи здания и внутри здания подают до образования естественного угла откоса, до максимального заполнения всех пустот в каждом помещении, а затем снаружи на хранилище возводят послойное многофункциональное покрытие 5 курганного типа из различных материалов с учетом геологических и природно-климатических особенностей площадки расположения хранилища. Использование в качестве засыпки каменной, калийной солей или их смеси с увлажнением каждого слоя водой позволит создать консолидированный соляной массив повышенной прочности с полным повторением свойств естественного массива. Складирование отходов перед засыпкой в помещениях на расстоянии от стен и потолка не менее 10 В, где В - минимальная толщина стенки реактора, м, позволяет создать соляной массив, непроницаемый для проникновения флюидов к отходам, так и принципиально возможной миграции жидкой части отходов из здания реактора. Меньшая величина зазора не позволит этого гарантировать.

В качестве варианта засыпки возможно использование кристаллогидратов искусственных минеральных солей или их смесей, которые обладают способностью дополнительно иммобилизовать радионуклиды. В качестве сыпучей массы можно использовать смесь кристаллогидратов искусственных минеральных солей. Для отверждения отходов, в том числе радиоактивных, возможно использование искусственных минеральных солей, обладающих фазовыми превращениями (твердое-жидкое) в интервале температур от 20 до 122°C. На фиг. 2 в качестве примера приведен класс соединений (фосфаты, бораты, силикаты, сульфаты, нитраты), позволяющий использовать их тепловые и физико-химические свойства для быстрой и многократно воспроизводимой изоляции жидких и твердых отходов.

При заполнении засыпкой здания реактора 2 кристаллогидратами для повышения эффективности заполнения пространства между отходами 1 и зданием реактора возможно предварительное плавление кристаллогидратов. Сущность технологии



заключается в том, что используемые химические соединения (одно или смесь нескольких) нагревают до температуры их плавления и далее заливают в здание реактора 2, в котором они после охлаждения твердеют. При охлаждении весь объем расплава превращается в прочный соляной блок. Литье кристаллогидратов искусственных минеральных солей особенно упрощается в случае стабильного (при некотором перегреве) плавления кристаллогидрата в собственной кристаллизационной воде, то есть при образовании расплава того же состава, что и твердый кристаллогидрат (без выделения низшего кристаллогидрата или безводной соли). При охлаждении весь объем расплава превращается обратно в твердый кристаллогидрат (агрегат кристаллов) без осложнения, которое может возникать при обратной гидратации низшего кристаллогидрата или безводной формы. Случай полурасплавленной массы кристаллогидрата указанного свойства не вносит осложнений, так как после заполнения формы текучей массой пульпы обратная картина образования кристаллогидрата подобна заключительной стадии отвердевания истинного расплава: отвердевание происходит в межкристаллических порах, состав межкристалльного расплава идентичен составу твердых кристаллов. Приведенный выше класс неорганических соединений (фиг. 2), способных образовывать кристаллогидраты, может быть использован для перевода жидких радиоактивных отходов и других опасных отходов в твердое состояние в виде искусственных соляных блоков. При этом данные безводные минеральные соли поглощают по весу от 50 и более процентов жидких отходов с образованием кристаллогидратов. Минеральную соль, используемую в качестве наполнителя-отвердителя, подбирают таким образом, чтобы температура ее плавления превышала температуру изолируемого источника тепла (например, радиоактивных отходов).

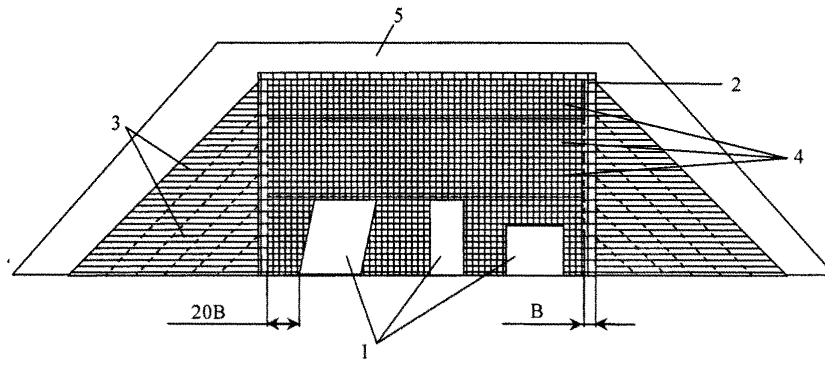
Применение данного способа захоронения твердых радиоактивных отходов обеспечивает следующие преимущества:

- исключение возможности миграции отходов из хранилища;
- повышение механической прочности материала засыпки;
- снижение трудоемкости проведения работ;
- повышение безопасности проведения работ.

#### Формула изобретения

Способ захоронения твердых радиоактивных отходов, включающий их складирование в здание реактора, засыпку пустот, остающихся между размещенными в хранилище отходами и строительными конструкциями, причем засыпку снаружи подают до образования естественного угла откоса, внутри - до заполнения всех пустот в каждом помещении, а затем снаружи на хранилище возводят послойное покрытие курганного типа, отличающийся тем, что для засыпки используют каменную соль или кристаллогидраты искусственных минеральных солей, или смесь кристаллогидратов искусственных минеральных солей или калийную соль, или смесь калийной и каменной соли, укладываемую послойно с увлажнением каждого слоя водой, причем отходы складировать перед засыпкой в помещениях на расстоянии от стен и потолка не менее 10 В, где В - минимальная толщина стенки реактора, м.

Способ захоронения твердых радиоактивных отходов



Фиг. 1



## Способ захоронения твердых радиоактивных отходов

Наименование кристаллогидрата	Химическая формула	$t_{\text{плавления}}, ^\circ\text{C}$
1.Тетраборат натрия (бура)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	75
2.Ацетат натрия	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	58.5
3.Карбонат натрия (сода)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	32
4.Метасиликат натрия	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	47
5.Сульфид натрия	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	49
6.Сульфит натрия	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	33.4
7.Хромат натрия	$\text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	23-30
8.Нитрат меди	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	26.4
9.Сульфат меди	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	96.110
10.Хлорид магния (бишофит)	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	118.7
11.Нитрат кальция	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	42.6
12.Хлорид кальция	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30.2
13.Нитрат цинка	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	36.1
14.Сульфат цинка	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	39
15.Сульфат цинка	$\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	51.5
16.Сульфат алюминия	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	86.5
17.Нитрат марганца	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	25.8
18.Сульфат железа (закисного)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	64
19.Нитрат кобальта	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	57
20.Нитрат никеля	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	56.7
21.Нитрат лития	$\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	30
22.Фосфат натрия двузамещенный	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	35
23.Тиосульфат натрия	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	48
24.Сульфат натрия (мирабилит)	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	32.4
25.Нитрат магния	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	89.9
26.Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	-
27.Квасцы алюмонатриевые	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	61
28.Квасцы алюмокалиевые	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	92
29.Квасцы алюморубидиевые	$\text{Rb}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	109
30.Квасцы алюмоцезиевые	$\text{Cs}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	122
31.Квасцы алюмоталлиевые	$\text{Tl}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	91
32.Квасцы алюмоаммонийные	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	93.5
33.Квасцы алюможелезные	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	-
34.Квасцы хромонатриевые	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	100
35.Квасцы хромокалиевые	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	89
36.Квасцы хроморубидиевые	$\text{Pb}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	107
37.Квасцы хромоцезиевые	$\text{Cs}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	116
38.Квасцы хромоталлиевые	$\text{Tl}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	92
39.Квасцы хромоаммонийные	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	94
40.Квасцы марганцевые	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Mn}(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	-
41.Квасцы марганцевые	$\text{Rb}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Mn}(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	20
42.Квасцы марганцевые	$\text{Cs}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Mn}(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	40
43.Квасцы марганцевые	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Mn}(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	-
44.Квасцы железокалиевые	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	33
45.Квасцы железорубидиевые	$\text{Rb}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	53
46.Квасцы железоцезиевые	$\text{Cs}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	71
47.Квасцы железозинковые	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	-
48.Квасцы железомангниеые	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	-
49.Квасцы железоталлиевые	$\text{Tl}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	37
50.Квасцы железо-аммонийные	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	40

Фиг. 2