



(51) МПК
C22B 59/00 (2006.01)
C22B 3/24 (2006.01)
C01F 17/00 (2006.01)
C02F 1/26 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C22B 59/00 (2023.08); *C22B 3/24* (2023.08); *C01F 17/212* (2023.08); *C02F 1/26* (2023.08); *Y02P 10/20* (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023100894, 17.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 17.01.2023

Дата регистрации:
 13.02.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.01.2023

(45) Опубликовано: 13.02.2024 Бюл. № 5

Адрес для переписки:
 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
 Центр интеллектуальной собственности,
 Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Рычков Владимир Николаевич (RU),
 Кириллов Евгений Владимирович (RU),
 Кириллов Сергей Владимирович (RU),
 Буньков Григорий Михайлович (RU),
 Смышляев Денис Валерьевич (RU),
 Боталов Максим Сергеевич (RU),
 Таукин Асланбек Оразбаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Уральский федеральный
 университет имени первого Президента
 России Б.Н. Ельцина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2622201 C1, 13.06.2017.
 RUBERLAN GOMES da SILVA et al. Selective
 removal of impurities from rare earth sulphuric
 liquor using different reagents. Minerals
 Engineering 127(2018), p.238-246. BENGI
 YAGMURLU et al. Effect of Aqueous Media on
 the Recovery of Scandium by Selective
 Precipitation. Metals, 2018, 8, 314, p. 1-13. T. V.
 MOLCHANOVA et al. (см. прод.)

(54) СПОСОБ ПОПУТНОГО ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА СКАНДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ
 ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии цветных металлов, а именно к технологии извлечения скандия из техногенных и продуктивных скандийсодержащих растворов, образующихся при извлечении урана. Способ включает операцию экстракции скандия на твердом экстрагенте ТВЭКС, реэкстракцию скандия. Реэкстрагированный ТВЭКС возвращают на операцию экстракции скандия. Из раствора реэкстракции скандия осаждают фторид тория с получением дезактивированного раствора

реэкстракции скандия. Из полученного дезактивированного раствора осаждают концентрат фторида скандия с получением фильтрата, который насыщают по фтористоводородной кислоте и повторно направляют на операцию реэкстракции скандия, и концентрата фторида скандия и его обработку. Причем осаждение концентрата фторида скандия проводят соединением кальция, при соотношении кальций:скандий=1:20, при этом обрабатывают свежесозаженный концентрат фторида скандия

с получением раствора скандия, из которого осаждают труднорастворимое соединение скандия. Обеспечивается увеличение сквозного

извлечения скандия и снижение его потерь. 2 з.п. ф-лы, 5 ил., 5 пр.

(56) (продолжение):

Ion-Exchange Methods of Scandium Recovery from the Ores of the Tomtor Deposit. Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2019, No. 7, p. 674-679. RU 2417267 C1, 27.04.2011. RU 2685833 C1, 23.04.2019. US 11466342 B1, 11.10.2022.

R U 2 8 1 3 5 9 0 C 1

R U 2 8 1 3 5 9 0 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22B 59/00 (2006.01)
C22B 3/24 (2006.01)
C01F 17/00 (2006.01)
C02F 1/26 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C22B 59/00 (2023.08); *C22B 3/24* (2023.08); *C01F 17/212* (2023.08); *C02F 1/26* (2023.08); *Y02P 10/20* (2023.08)

(21)(22) Application: **2023100894**, 17.01.2023(24) Effective date for property rights:
17.01.2023Registration date:
13.02.2024

Priority:

(22) Date of filing: 17.01.2023

(45) Date of publication: 13.02.2024 Bull. № 5

Mail address:

620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr
intellektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.

(72) Inventor(s):

**Rychkov Vladimir Nikolaevich (RU),
Kirillov Evgenii Vladimirovich (RU),
Kirillov Sergei Vladimirovich (RU),
Bunkov Grigorii Mikhailovich (RU),
Smyshliaev Denis Valerevich (RU),
Botalov Maksim Sergeevich (RU),
Taukin Aslanbek Orazbaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education Ural Federal
University named after the first President of
Russia B.N.Yeltsin (RU)**

(54) METHOD FOR PRODUCING SCANDIUM CONCENTRATE FROM URANIUM LEACHING SOLUTIONS

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy of non-ferrous metals.

SUBSTANCE: invention relates namely to the technology for extracting scandium from technogenic and productive scandium-containing solutions formed during the extraction of uranium. The method includes the operation of extracting scandium using the solid extractant and re-extracting scandium. The re-extracted solid extractant is returned to the scandium extraction operation. Thorium fluoride is precipitated from the scandium strip solution to obtain a deactivated scandium strip solution. From the resulting deactivated solution, a scandium fluoride concentrate is precipitated to obtain

a filtrate, which is saturated with hydrofluoric acid and re-sent to the scandium re-extraction operation, and the scandium fluoride concentrate and its processing. Moreover, the precipitation of the scandium fluoride concentrate is carried out with a calcium compound, with a calcium:scandium ratio of 1:20, while the freshly precipitated scandium fluoride concentrate is processed to obtain a scandium solution, from which the sparingly soluble scandium compound is precipitated.

EFFECT: ensures an increase in end-to-end extraction of scandium and a reduction in its losses.

3 cl, 5 dwg, 5 ex

RU 2 813 590 C1

RU 2 813 590 C1

Изобретение относится к металлургии цветных металлов, а именно к технологии извлечения скандия из техногенных и продуктивных скандийсодержащих растворов, образующихся при извлечении урана.

В виду того, что скандий не имеет своих минералов, технология его концентрирования и извлечения всегда связана с попутным выделением при переработке руд редких и цветных металлов. Незначительные концентрации скандия в таких технологических растворах ($0,1 \div 10$ мг/дм³) на фоне значительных концентраций макрокомпонентов определили в качестве наиболее эффективных методов первичного избирательного концентрирования – сорбционные методы.

В настоящее время в гидрометаллургии наметилась устойчивая тенденция замены универсальных сорбционных материалов более прогрессивными экстракционно-хроматографическими. Среди экстракционно-хроматографических сорбентов наибольший интерес, прежде всего благодаря своей доступности, представляют комплексообразующие сорбенты, в которых в качестве неподвижной фазы используются эффективные комплексообразующие органические соединения, нековалентным образом закрепленные на поверхности полимерного носителя (так называемые импрегнированные сорбенты или твердые экстрагенты - ТВЭКС). Всестороннее изучение таких сорбционных материалов позволило в последнее время внедрить их в технологию скандия, в частности, в технологию его попутного извлечения при переработке урановых руд.

Так, известен способ извлечения скандия из скандийсодержащего раствора на твердом экстрагенте (ТВЭКС) включающий экстракцию скандия из продуктивного сернокислого раствора, в который перед экстракцией добавляют щелочной агент и доводят его кислотность до рН, равного $2,5 \div 3,0$. Затем проводят реэкстракцию скандия из ТВЭКСа путем его обработки раствором фтористоводородной кислоты $2 \div 4$ моль/дм³ при соотношении 1:3 водной и органической фаз с последующим осаждением фторида скандия и промывку ТВЭКСа.

Однако описанный способ малорентабелен из-за высокого попутного извлечения макрокомпонентов и радиоактивных элементов при рН= $2,5 \div 3,0$, а также высокой технологической сложности последующей переработки радиоактивных фторидных концентратов скандия.

Из известных аналогов наиболее близким к заявленному изобретению по совокупности признаков и назначению является способ («Способ переработки сбросных скандийсодержащих растворов уранового производства», RU2622201С от 28.03.2016 г.), включающий операцию экстракции скандия на твердом экстрагенте (ТВЭКС) реэкстракцию скандия, возвращение реэкстрагированного ТВЭКС на операцию экстракции скандия, осаждение фторида тория из раствора реэкстракции скандия, осаждение концентрата фторида скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия с получением фильтрата, который насыщают по фтористоводородной кислоте и повторно направляют на операцию реэкстракции скандия, обработку концентрата фторида скандия с получением труднорастворимого соединения скандия, которое направляют на получение алюмо-скандиевой лигатуры или оксида скандия.

Преимуществом способа является то, что в результате его реализации конечным продуктом – труднорастворимым соединением скандия – является фторид скандия, из которого без промежуточных операций можно получать алюмоскандиевую лигатуру. При этом, в качестве недостатков способа можно отметить, что при циклическом использовании фильтрата, во время проведения операции осаждение концентрата фторида скандия, за счет использования кристаллического щелочного агента, в нем

копится щелочной металл (натрий или калий). Повышение концентрации щелочного металла в фильтрате снижает степень реэкстракции скандия и, соответственно, снижает сквозную степень извлечения скандия.

5 В основу изобретения положена задача, обеспечивающая разработку способа попутного получения концентрата скандия из растворов выщелачивания урана, позволяющего повысить сквозную степень извлечения скандия.

При этом, техническим результатом заявляемого изобретения является увеличение сквозного извлечения скандия за счет применения более эффективных реагентов, снижающих потери скандия.

10 Технический результат достигается тем, что способ попутного получения концентрата скандия из растворов выщелачивания урана, включающий операцию экстракции скандия на твердом экстрагенте (ТВЭКС), реэкстракцию скандия, возвращение реэкстрагированного ТВЭКС на операцию экстракции скандия, осаждение фторида тория из раствора реэкстракции скандия, осаждение концентрата фторида скандия из 15 дезактивированного раствора реэкстракции скандия с получением фильтрата, который насыщают по фтористоводородной кислоте и повторно направляют на операцию реэкстракции скандия, и концентрата фторида скандия, который обрабатывают с получением труднорастворимого соединения скандия, отличается тем, что осаждение концентрата фторида скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия 20 проводят соединением кальция, при соотношении кальций:скандий = $1 \div 20$, а обработку концентрата фторида скандия проводят раствором серной кислоты с концентрацией $10 \div 200$ г/дм³ или раствором с концентрацией карбоната натрия $50 \div 200$ г/дм³ с получением раствора скандия из которого осаждают труднорастворимое соединение скандия.

25 Использование кристаллического щелочного агента на операции осаждения концентрата фторида скандия приводит к накоплению щелочного металла в оборотном фильтрате. Увеличение концентрации щелочного металла приводит к увеличению концентрации скандия в оборотном фильтрате вследствие неполного осаждения его кристаллическим щелочным агентом на операции осаждения концентрата фторида 30 скандия за счет образования устойчивого в растворе комплексного соединения – фторскандиата щелочного металла. Повышенная концентрация скандия в оборотном фильтрате, насыщенном по фтористоводородной кислоте, приводит к снижению степени реэкстракции скандия из насыщенного по скандию ТВЭКС, за счет уменьшения движущей силы процесса перехода скандия из фазы ТВЭКС в фазу раствора 35 реэкстракции скандия.

С целью исключения использования кристаллического щелочного агента на операции осаждения концентрата фторида скандия, предлагается использовать соединение кальция. Соединение кальция, попадая в раствор, содержащий фторид ионы, образует труднорастворимый фторид кальция, который являются селективными соосадителем 40 ионов скандия. Оптимальной дозировкой соединения кальция является соотношение кальций:скандий = $1:20$. Использование соединения кальция на операции осаждения концентрата фторида скандия в количестве, менее соотношения кальций:скандий = 1 , приводит к неполному осаждению скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия. Изменение данного соотношения в сторону увеличения 45 содержания кальция до соотношения кальций:скандий = более 20 , степень осаждения скандия не увеличивается, а приводит к перерасходу соединения кальция и потенциально к перерасходу фтористоводородной кислоты, т.к свободная фтористоводородная кислота будет нейтрализовываться соединением кальция и выводится из системы в виде

труднорастворимого фторида кальция вместе с концентратом фторида скандия.

Обработка концентрата фторида скандия, полученного по способу, не возможна в соответствии с прототипом, т.к. обработка щелочным агентом не позволит отделиться от основного количества соосадителя – соединения кальция, ввиду того, что и кальций и скандий конвертируются в гидроксиды и останутся в осадке.

Обработку, в соответствии со способом, концентрата фторида скандия, предлагается проводить раствором серной кислоты с концентрацией $10 \div 200 \text{ г/дм}^3$. При этом обязательным условием является обработка свежесажденного концентрата фторида скандия т.к. скандий удерживается на поверхности фторида кальция первое время за счет электростатических сил. При «старении» осадка проходят процессы сокристаллизации скандия в структуру фторида кальция, после чего избирательное выделение скандия из такого концентрата затруднительно. После обработки концентрата фторида скандия, полученного в соответствии с предлагаемым способом, будут образовываться два продукта: сернокислый раствор скандия из которого можно осадить труднорастворимое соединение скандия (например оксалат скандия) и сульфат кальция (гипс). Использование раствора для обработки концентрата фторида скандия с концентрацией серной кислоты менее 10 г/дм^3 не позволит полностью выделить скандий в раствор, более 200 г/дм^3 будет приводить к перерасходу серной кислоты без видимого увеличения перевода скандия в сернокислый раствор.

Альтернативным вариантом обработки свежесажденного, в соответствии со способом, концентрата фторида скандия, является вариант обработки с использованием раствора карбоната натрия с концентрацией $25 \div 200 \text{ г/дм}^3$. После обработки концентрата фторида скандия, полученного в соответствии с предлагаемым способом, будут образовываться два продукта: карбонатный раствор скандия из которого можно осадить труднорастворимое соединение скандия (например гидроксид скандия) и гидроксид кальция, который можно повторно использовать на операции осаждения концентрата фторида скандия. Использование раствора для обработки концентрата фторида скандия с концентрацией карбоната натрия менее 25 г/дм^3 не позволит полностью выделить скандий в раствор. Раствор с концентрацией карбоната натрия 200 г/дм^3 представляет из себя практически насыщенный раствор карбоната натрия, дальнейшее увеличение концентрации практически не возможно.

Сущность изобретения поясняется фигурами, на которых изображено:

- фиг. 1 - таблица, показывает влияние соотношения кальций:скандий на степень осаждения скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия;
- фиг. 2 - таблица, показывает зависимость степени осаждения скандия от типа соединения кальция из дезактивированного раствора реэкстракции скандия;
- фиг. 3 - таблица, показывает изменение сквозной степени извлечения скандия в концентрат фторида скандия в зависимости от количества циклов;
- фиг. 4 - таблица, показывает влияние концентрации серной кислоты в растворе для обработки концентрата фторида скандия на степень выделения скандия в сернокислый раствор;
- фиг. 5 - таблица, показывает влияние концентрации карбоната натрия в растворе для обработки концентрата фторида скандия на степень выделения скандия в карбонатный раствор.

Осуществление заявляемого способа подтверждается следующими примерами.

Пример 1. Пять одинаковых партий ТВЭКС, поместили в однотипные сорбционные

колонки и насытили скандием из раствора выщелачивания урана. Далее провели операцию реэкстракцию скандия в каждой из колонок. В каждом из полученных пяти растворов реэкстракции скандия осадил фторид скандия. Полученные пять суспензий отфильтровали. В растворы после фильтрации (дезактивированные растворы

5 реэкстракции скандия) добавили соединение кальция в виде насыщенной суспензии гидроксида кальция до соотношения кальций:скандий 0,5 (в первый), 1 (во второй), 10 (в третий), 20 (в четвертый), 30 (в пятый). Полученные пять суспензий отфильтровали с получением фильтратов. По разнице содержания скандия в дезактивированном растворе реэкстракции скандия и в фильтрате рассчитали степень осаждения скандия.

10 Из данных, представленных на Фиг. 1 видно, что использование соединения кальция на операции осаждения концентрата фторида скандия в количестве, менее соотношения кальций:скандий = 1, приводит к неполному осаждению скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия. Изменение данного соотношения в сторону увеличения содержания кальция до соотношения кальций:скандий = более 20, степень осаждения

15 скандия не увеличивается, а приводит к перерасходу соединения кальция и потенциально к перерасходу фтористоводородной кислоты, т.к свободная фтористоводородная кислота будет нейтрализовываться гидроксидом кальция и выводится из системы в виде труднорастворимого фторида кальция вместе с концентратом фторида скандия.

Пример 2. Восемь одинаковых партий ТВЭКС, поместили в однотипные сорбционные

20 колонки и насытили скандием из раствора выщелачивания урана. Далее провели операцию реэкстракцию скандия в каждой из колонок. В каждом из полученных восьми растворов реэкстракции скандия осадил фторид скандия. Полученные восемь суспензий отфильтровали. В растворы после фильтрации (дезактивированные растворы

25 реэкстракции скандия) добавили соединение кальция до соотношения кальций:скандий 20 в виде насыщенной суспензии гидроксида кальция (в первый), насыщенной суспензии оксида кальция (во второй), насыщенной суспензии карбоната кальция (в третий), насыщенного раствора хлорида кальция (в четвертый), насыщенного раствора нитрата кальция (в пятый), насыщенной суспензии сульфата кальция (в шестой), насыщенной суспензии фторида кальция (в седьмой), насыщенной суспензии фторида кальция,

30 полученной предварительным смешиванием гидроксида кальция и фтористоводородной кислоты (в восьмой). Полученные восемь суспензий отфильтровали с получением фильтратов. По разнице содержания скандия в дезактивированном растворе реэкстракции скандия и в фильтрате, рассчитали степень осаждения скандия.

Из данных, представленных на Фиг. 2 видно, что использование соединений кальция

35 в виде насыщенной суспензии сульфата кальция или насыщенной суспензии фторида кальция, приводит к неполному осаждению скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия. Приготовление свежей насыщенной суспензии фторида кальция, путем смешивания гидроксида кальция и фтористоводородной кислоты позволяет так же, практически полностью, осадить скандий вследствие того, что свежесаженный

40 фторид кальция имеет необходимый заряд поверхности, за счет чего и происходит избирательный захват из раствора (соосаждение) ионов скандия.

Пример 3. Две одинаковые партии ТВЭКС, поместили в однотипные сорбционные колонки и насытили скандием из раствора выщелачивания урана. Далее провели

45 последовательность операций с каждой партией ТВЭКС до получения концентрата фторида скандия и фильтрата, для первой партии в соответствии со способом, а для второй партии в соответствии с прототипом. Так, с каждой партией ТВЭКС провели по шесть циклов, каждый раз добавляя в фильтрат свежую фтористоводородную кислоту до необходимого первоначального количества. По завершению очередного цикла,

полученный концентрат фторида скандия взвешивали и определяли в нем содержание скандия. По результатам анализа рассчитывали сквозную степень извлечения скандия.

Из данных, представленных на Фиг.3 видно, что реализация процесса в соответствии с прототипом демонстрирует снижение сквозной степени извлечения скандия от цикла к циклу, что связано, при сохранении всех остальных параметров неизменными, с эффектом накопления щелочного металла в оборотном фильтрате, приводящим к снижению степени реэкстракции скандия. В случае реализации процесса по предлагаемому способу весь кальций выводится из оборотного фильтрата с концентратом фторида скандия и никак негативно не влияют на операцию реэкстракции скандия.

Пример 4. Пять одинаковых партий ТВЭКС, поместили в однотипные сорбционные колонки и насытили скандием из раствора выщелачивания урана. Далее провели операцию реэкстракции скандия в каждой из колонок. В каждом из полученных восьми растворов реэкстракции скандия осадили фторид скандия. Полученные пять суспензий отфильтровали. В растворы после фильтрации (дезактивированные растворы реэкстракции скандия) добавили соединение кальция до соотношения кальций:скандий равном 1, в виде насыщенной суспензии гидроксида кальция. Полученные пять суспензий отфильтровали с получением фильтратов и концентратов фторида скандия. Полученные пять концентратов фторида скандия обработали раствором с концентрацией серной кислоты 5 г/дм³ (первый), 10 г/дм³ (второй), 100 г/дм³ (третий), 200 г/дм³ (четвертый), 300 г/дм³ (пятый). Полученные суспензии отфильтровали и сернокислые растворы после фильтрации проанализировали на скандий. По содержанию скандия в сернокислом растворе рассчитали степень выделения скандия.

Из данных, представленных на Фиг.4 видно, что использование раствора для обработки концентрата фторида скандия с концентрацией серной кислоты менее 10 г/дм³ не позволит полностью выделить скандий в раствор, более 200 г/дм³ будет приводить к перерасходу серной кислоты без видимого увеличения перевода скандия в сернокислый раствор.

Пример 5. Четыре одинаковых партии ТВЭКС, поместили в однотипные сорбционные колонки и насытили скандием из раствора выщелачивания урана. Далее провели операцию реэкстракции скандия в каждой из колонок. В каждый из полученных пяти растворов реэкстракции скандия добавили кристаллический щелочной агент. Полученные пять суспензий отфильтровали. В растворы после фильтрации (дезактивированные растворы реэкстракции скандия) добавили соединение кальция до соотношения кальций:скандий равном 1, в виде насыщенной суспензии гидроксида кальция. Полученные четыре суспензии отфильтровали с получением фильтратов и концентратов фторида скандия. Полученные четыре концентрата фторида скандия обработали раствором с концентрацией карбоната натрия 10 г/дм³ (первый), 25 г/дм³ (второй), 100 г/дм³ (третий), 200 г/дм³ (четвертый). Полученные суспензии отфильтровали и карбонатные после фильтрации проанализировали на скандий. По содержанию скандия в карбонатном растворе рассчитали степень выделения скандия.

Из данных, представленных на Фиг.5 видно, что использование раствора для обработки концентрата фторида скандия с концентрацией карбоната натрия менее 10 г/дм³ не позволит полностью выделить скандий в раствор. Раствор с концентрацией карбоната натрия 200 г/дм³ представляет из себя практически насыщенный раствор карбоната натрия, дальнейшее увеличение концентрации практически не возможно.

(57) Формула изобретения

1. Способ переработки сбросного скандийсодержащего раствора уранового производства, включающий операцию экстракции скандия на твердом экстрагенте ТВЭКС, реэкстракцию скандия, возвращение реэкстрагированного ТВЭКС на операцию экстракции скандия, осаждение фторида тория из раствора реэкстракции скандия с получением дезактивированного раствора реэкстракции скандия, из которого осаждают концентрат фторида скандия с получением фильтрата, который насыщают по фтористоводородной кислоте и повторно направляют на операцию реэкстракции скандия, и концентрата фторида скандия и его обработку, отличающийся тем, что осаждение концентрата фторида скандия из дезактивированного раствора реэкстракции скандия проводят соединением кальция, при соотношении кальций:скандий=1:20, при этом обрабатывают свежесосажденный концентрат фторида скандия с получением раствора скандия, из которого осаждают труднорастворимое соединение скандия.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что концентрат фторида скандия обрабатывают раствором с концентрацией серной кислоты 10-200 г/дм³.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что концентрат фторида скандия обрабатывают раствором с концентрацией карбоната натрия 25-200 г/дм³.

Соотношение кальций:скандий	Степень осаждения скандия, %
0,5	25
1	95
10	96
20	95
30	97

Фиг.1

Тип соединения кальция	Степень осаждения скандия, %
Гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$	96
Оксид кальция CaO	92
Карбонат кальция CaCO_3	97
Хлорид кальция CaCl_2	90
Нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	91
Сульфат кальция $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_3$	45
Фторид кальция CaF_2	37
Свежеосажденный фторид кальция CaF_2	92

Фиг.2

Количество циклов	Сквозная степень извлечения скандия в концентрат фторида скандия (прототип), %	Концентрация натрия в оборотном фильтрате, мг/дм ³	Концентрация скандия в оборотном фильтрате, мг/дм ³	Сквозная степень извлечения скандия в концентрат фторида скандия (способ), %
1	84	1500	53	87
2	78	4350	76	84
3	77	6270	112	86
4	72	7560	134	85
5	68	7670	132	87
6	65	7945	146	84

Фиг.3

Концентрация серной кислоты в растворе для обработки концентрата фторида скандия	Степень выделения скандия в сернокислый раствор, %
1	22
10	85
100	95
200	96
300	97

Фиг. 4

Концентрация карбоната натрия в растворе для обработки концентрата фторида скандия	Степень выделения скандия в карбонатный раствор, %
10	14
25	87
100	94
200	88

Фиг. 5