

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2837084

СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФТОРА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Матвеева Вера Анатольевна (RU), Поваров Владимир Глебович (RU), Паишкевич Мария Анатольевна (RU), Борисова Дарья Дмитриевна (RU)*

Заявка № 2024128525

Приоритет изобретения 26 сентября 2024 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 25 марта 2025 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 26 сентября 2044 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C02F 1/583 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024128525, 26.09.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.09.2024

Дата регистрации:
25.03.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.09.2024

(45) Опубликовано: 25.03.2025 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО СПбГУ, Патентно-лицензионный
отдел

(72) Автор(ы):

Матвеева Вера Анатольевна (RU),
Поваров Владимир Глебович (RU),
Пашкевич Мария Анатольевна (RU),
Борисова Дарья Дмитриевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 4226710 A1, 07.10.1980. RU
2570467 C2, 10.12.2015. SU 1696398 A1,
07.12.1991. SU 1171433 A1, 07.08.1985. CN
108383206 A, 10.08.2018.

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФТОРА

(57) Реферат:

Изобретение относится к осадительным способам очистки сточных вод от фтора и может быть использовано в горнодобывающей, металлургической, химической и других отраслях промышленности. Способ очистки сточных вод от фтора включает взаимодействие воды с хлоридом кальция и затравочным материалом, связывание фтора в твердую фазу, осаждение фтора из воды и отделение фторидсодержащего осадка от воды. Избыток хлорида кальция в массовом отношении к фторид-иону используют в диапазоне от 5:1 до 10:1. В качестве затравочного материала используют

алюмосиликатную композицию, которую образуют отходы обогащения лопаритовой руды, которую предварительно обрабатывают соляной кислотой до прекращения выделения сероводорода, или алюмосиликатную композицию - пустую породу, которая образуется при добыче лопаритовой руды. При этом для подготовки затравки на поверхность алюмосиликатной композиции наносят фторид кальция в количестве 1 мас. %. Обеспечивается повышение эффективности степени очистки сточных вод от ионов фтора. 1 ил., 1 таб., 8 пр.

RU 2 837 084 C1

RU 2 837 084 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C02F 1/583 (2024.08)

(21)(22) Application: **2024128525, 26.09.2024**

(24) Effective date for property rights:
26.09.2024

Registration date:
25.03.2025

Priority:

(22) Date of filing: **26.09.2024**

(45) Date of publication: **25.03.2025** Bull. № 9

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO SPGU, Patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Matveeva Vera Anatolevna (RU),
Povarov Vladimir Glebovich (RU),
Pashkevich Mariia Anatolevna (RU),
Borisova Daria Dmitrievna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **METHOD OF PURIFYING WASTE WATER FROM FLUORINE**

(57) Abstract:

FIELD: water treatment.

SUBSTANCE: invention relates to precipitation methods of purifying waste water from fluorine and can be used in mining, metallurgy, chemical and other industries. Method of purifying waste water from fluorine involves reacting water with calcium chloride and a seed material, binding fluorine into a solid phase, precipitating fluorine from water and separating the fluoride-containing precipitate from water. Excess calcium chloride in weight ratio to fluoride ion is used in range of 5:1 to 10:1. Inoculating material used is an

aluminosilicate composition which is formed by wastes from enrichment of loparite ore, which is pre-treated with hydrochloric acid until release of hydrogen sulphide ceases, or an aluminosilicate composition – hollow rock, which is formed during extraction of loparite ore. To prepare the inoculum, calcium fluoride is applied on the surface of the aluminosilicate composition in amount of 1 wt.%.

EFFECT: higher efficiency of purification of waste water from fluorine ions.

1 cl, 1 dwg, 1 tbl, 8 ex

RU 2 837 084 C1

RU 2 837 084 C1

Изобретение относится к осадительным способам очистки сточных вод от фтора и может быть использовано в горнодобывающей, металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Известен способ очистки сточных вод от фтора (патент RU №2228911, опубл. 20.05.2004), согласно которому сточные воды обрабатывают водорастворимым сульфатным соединением титана в виде титанилсульфата моногидрата, при этом рН образующейся пульпы поддерживают в пределах 3,0-5,5, преимущественно 3,5-5,0, а отделенную твердую фазу, насыщенную фтором, обрабатывают 55,0-93,5% серной кислотой при 120-130°C с получением фтористого водорода и регенерированного сульфатного соединения титана. Если очищаемая сточная вода содержит повышенное (более 12,5 мг/л) количество фтора, ее предварительно обрабатывают гидроксидом кальция в количестве не менее 1,5 мг оксида кальция на 1 мг фтора, сернокислотную обработку твердой фазы ведут 75,0-93,5% серной кислотой при 170-180°C, а образующийся спек выщелачивают водой с получением раствора регенерированного сульфатного соединения титана и осадка сульфата кальция.

Недостатком данного способа является необходимость поддержания рН пульпы в пределах 3,5-5,0 и проведения регенерации отделенной твердой фазы. Помимо этого при обработке стоков с концентрацией фтора выше 12,5 мг/дм³ требуется внедрение предварительной обработки гидроксидом кальция.

Известен способ очистки сточных вод от фтора (патент SU №1244103, опубл. 15.07.1986), включающий обработку воды с величиной рН = 3 и содержанием фтора 150 мг/дм³ известковым молоком до рН = 9, последующее добавление в образовавшуюся суспензию отработанного травильного раствора двухвалентного железа от проката черных металлов в количестве, превышающем стехиометрическое содержание железа к фтору в 1,3 раза до рН = 3. После установления данного рН в суспензию вновь вводят известковое молоко до рН = 9. После этого суспензию отстаивают. Продолжительность очистки 30 мин. Остаточное содержание фтора в очищенной воде 0,5 мг/дм³.

Недостатком данного способа является чрезмерное использование осаждающего реагента, возможность вторичного загрязнения очищаемой воды тяжелыми металлами, присутствующими в травильном растворе, сложность в утилизации получаемого в результате очистки экологически опасного осадка.

Известен способ очистки сточных вод от фтора (патент RU №2036844, опубл. 09.06.1995), заключающийся во введении в подлежащие очистке сточные воды адсорбента - предварительно нейтрализованного белого шлама, получаемого при автоклавном удалении кремния из алюминатных растворов глиноземного производства, с последующим перемешиванием и разделением жидкой и твердой фаз. Адсорбент вводят в массовом соотношении (10-12):1 к количеству фторида натрия, содержащегося в сточных водах.

Недостатком данного способа является необходимость применения реагентной обработки адсорбционных материалов с использованием щелочи, в том числе с высокой концентрации.

Известен способ очистки сточных вод от фтора (патент SU №617381, опубл. 30.07.1978), включающий обработку кальцийсодержащим реагентом и последующую фильтрацию через адсорбент, предварительно обработанный известковым молоком, в качестве которого используют материал, выбранный из группы, содержащий вулканический туф, горючий сланец, перлит или вулканическую пемзу. Воду, содержащую ионы фтора, подают в реактор-нейтрализатор, куда одновременно вводят

известковое молоко. После осаждения ионов фтора в виде фторида кальция отстоявшуюся воду подают на вторую стадию очистки в адсорбционную колонну. В адсорбционной колонне на развитой поверхности адсорбентов происходит сорбция ионов фтора до предельно допустимой концентрации. При достижении концентрации фтора в очищенной воде до $1,5 \text{ мг/дм}^3$ и выше адсорбент подвергают обработке известковым молоком. Промывочную воду после регенерации адсорбента направляют на первую стадию очистки.

Недостатком данного способа является низкая эффективность процесса ввиду многостадийности процесса регенерации адсорбента.

Известен способ очистки вод, содержащих фторид-ион (патент US №4226710, опубл. 07.10.1980), принятый за прототип, включающий взаимодействие воды с кальций- и фосфатсодержащим реагентом и затравочным материалом, связывание фтора в твердую фазу и осаждение фтора из воды в виде фторапатита. рН раствора должен быть в диапазоне от 6-6,5 до 9-11,3 ед. Ион фтора удаляется в виде фторапатита при наличии достаточного количества доступного кальция (не менее 5 молей) на каждый моль фтора, и доступного фосфата (не менее 3 молей) на каждый моль фтора. Доступный кальций может быть добавлен в виде хлорида кальция, гидроксида кальция и карбоната кальция. Наиболее желательной фосфатной композицией является фосфорная кислота, поскольку ее добавление, как правило, автоматически снижает рН сточных вод до уровня ниже примерно 11,5, что необходимо для предотвращения образования гидроксиапатита, а не фторапатита. Фторапатит преимущественно образуется, когда фторапатит диспергируется в сточных водах до образования осадка. Дисперсный фторапатит действует как затравочный материал, заставляя фторид выпадать в осадок быстрее. Точно так же и фторид кальция действует как затравочный материал, на котором образуется фторапатит. Затравочный материал состоит из слоя частиц, псевдооживленных при движении очищаемого потока вверх. Затем фторидсодержащий осадок отделяется от воды.

Недостатком данного способа является необходимость постоянного контроля стабильности гидродинамического режима в псевдооживленном слое в условиях постоянного выпадения осадка и регулировки рН раствора.

Техническим результатом является повышение эффективности степени очистки сточных вод от ионов фтора.

Технический результат достигается тем, что сначала определяют содержание фторид-иона в очищаемой сточной воде потенциометрическим методом при помощи анализатора жидкости, при этом избыток хлорида кальция в массовом отношении к фторид-иону используют в диапазоне от 5:1 до 10:1, в качестве затравочного материала используют алюмосиликатную композицию, которую образуют отходы обогащения лопаритовой руды, фазовый состав которой содержит эгирин ($\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$), нефелин ($(\text{Na,K})\text{AlSiO}_4$), анортотлаз ($(\text{Na,K})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$), альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), санидин ($(\text{K,Na})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$), которую предварительно обрабатывают соляной кислотой до прекращения выделения сероводорода или алюмосиликатную композицию - пустую породу, которая образуется при добыче лопаритовой руды, фазовый состав которой содержит альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), натролит ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$), нефелиновый сиенит (NaAlSiO_4), при этом для подготовки затравки на поверхность алюмосиликатной композиции наносят фторид кальция в количестве 1 мас. %, для чего навеску алюмосиликатной композиции помещают в емкость и выдерживают в течение 1 часа в растворе фторида калия, после чего в емкость с алюмосиликатной композицией и раствором фторида калия добавляют

избыток хлорида кальция и выдерживают не менее 1 часа, в емкость с очищаемой водой добавляют раствор хлорида кальция и затравку, перемешивают и фильтруют с получением твердой фазы - фторида кальция, который отправляют на повторный цикл очистки новой порции сточной воды и жидкой фазы - очищенной воды, в которой определяют остаточные содержания фторид-иона, а затем направляют на сброс в водный объект.

Способ очистки сточных вод от ионов фтора поясняется следующей фигурой:

фигура - график снижения концентрации фторид-иона при добавлении различных количеств осаждающего реагента в форме хлорида кальция и затравки.

Способ осуществляется следующим образом. Определяют содержание фторид-иона в очищаемой сточной воде потенциометрическим методом при помощи анализатора жидкости. Готовят раствор хлорида кальция в отдельной емкости следующим образом: навеску сухого реактива для растворения в дистиллированной воде берут из расчета так, чтобы избыток хлорида кальция в массовом отношении к фторид-иону был в диапазоне от 5:1 до 10:1. Концентрацию раствора хлорида кальция определяют по формуле:

$$\frac{C(F) \cdot V \cdot k}{V(Ca)} = C(Ca), \text{ где:}$$

C (F) - концентрация фторид-иона в очищаемой сточной воде, мг/дм³;

V - объем очищаемой сточной воды, дм³;

k - коэффициент превышения концентрации хлорида кальция над концентрацией фторид-иона;

V (Ca) - объем воды, используемый для растворения хлорида кальция, дм³. При этом минимальное значение V (Ca) для формулы определяется растворимостью хлорида кальция и составляет 740 г на 1 кг воды. Используют минимально возможный объем хлорида кальция во избежание дополнительного разбавления очищаемой сточной воды и, как следствие, снижения эффективности очистки.

На следующем этапе раствор хлорида кальция помещают в емкость с очищаемой сточной водой, а затем добавляют навеску затравки. Сырьем для изготовления затравки может являться: алюмосиликатная композиция, которая образуется в качестве отходов в процессе обогащения лопаритовой руды, которую предварительно обрабатывают соляной кислотой до прекращения выделения сероводорода. Композиция представляет собой низкопористые частицы размером меньше 0,5 мм, фазовый состав которых представлен такими алюмосиликатами так: (NaFeSi₂O₆) эгирин, ((Na,K)AlSiO₄) нефелин, ((Na,K)(Si₃Al)O₈) анортоклаз, (NaAlSi₃O₈) альбит, ((K,Na)(Si₃Al)O₈) санидин или алюмосиликатная композиция, образующаяся при проходке горных выработок при добыче лопаритовой руды, то есть пустая порода. Композиция представляет собой низкопористые частицы размером меньше 0,5 мм, фазовый состав которых представлен такими алюмосиликатами так: (NaAlSi₃O₈) альбит (Na₂Al₂Si₃O₁₀) натролит (NaAlSiO₄) нефелиновый сиенит.

Затравку готовят следующим образом берут навеску алюмосиликатной композиции помещается в емкость, на поверхность алюмосиликатной композиции наносится фторид кальция в количестве 1 массовый %. Для нанесения навеску алюмосиликатной композиции выдерживают в течение 1 часа в растворе фторида калия, содержащем необходимое количество фторид-иона. При этом происходит процесс физической сорбции фторид-ионов на поверхности композиции. После чего в емкость с

алюмосиликатной композицией и раствором фторида калия добавляют избыток хлорида кальция и выдерживают не менее 1 часа. При этом образуются микрокристаллы фторида кальция на той же самой поверхности. Добавление фторида кальция ускоряет процесс осаждения фторид-иона, при этом использование алюмосиликатной композиции

увеличивает поверхность контакта затравочного материала с очищаемым раствором.

После добавления в емкость с очищаемой водой раствора хлорида кальция и затравки процесс осаждения фторид-ионов проводят при перемешивании при комнатной температуре в течение от 120 до 200 минут, значение рН среды поддерживается на уровне не ниже 6 ед. После прекращения перемешивания образуется жидкая фаза -

очищенная вода и твердая фаза - фторид кальция на затравочном материале.

Фильтрованием отделяют твердую фазу осадка фторида кальция на затравке и отправляют на повторный цикл очистки новой порции сточной воды. В жидкой фазе определяют остаточные содержания фторид-иона, и очищенная сточная вода направляется на сброс в водный объект.

Способ поясняется следующими примерами, в которых варьируются концентрации затравки, хлорида кальция и фторид-иона, а также время осаждения.

В качестве реальных примеров затравок использовались следующие порошкообразные материалы: исходный фторид кальция; отходы процесса обогащения лопаритовой руды, обработанные соляной кислотой с нанесенным фторидом кальция 1% по массе; фторид кальция, нанесенный на пустую породу 1% по массе; хвосты обогащения без нанесения фторида кальция; пустая порода без нанесения фторида кальция.

В табл. 1 представлены данные по относительной эффективности использованных затравочных материалов.

Таблица 1 - относительная эффективность затравочных материалов

Затравка	Активность*
CaF ₂ исх.	1,000
Отходы процесса обогащения лопаритовой руды, обработанные HCl и 1% CaF ₂	0,912
Пустая порода и 1 % CaF ₂	0,973
Отходы процесса обогащения лопаритовой руды без CaF ₂	0,903
Пустая порода без CaF ₂	0,827

* Указаны значения активности затравки относительно активности исходного фторида кальция.

Пример 1. Концентрация фторид-иона 50 мг/дм³, отношение количества затравки к фтору 4:1, отношение концентрации хлорида кальция к фтору 5:1

Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов F⁻ = 50 мг/дм³, раствор осадитель с концентрацией 250 мг/дм³. Добавлялся затравочный материал в количестве 200 мг/дм³.

За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 6,8 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 86,4%. За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 4,8 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 90,4%. Кривая убыли концентрации фторид-иона показана на фиг. 1 ряд 1.

Пример 2. Концентрация фторид-иона 50 мг/дм³, отношение количества затравки к фтору 10:1, отношение концентрации хлорида кальция к фтору 5:1

Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов F⁻ = 50 мг/дм³,

раствор осадитель с концентрацией 250 мг/дм^3 . Добавлялся затравочный материал в количестве 500 мг/дм^3 .

5 За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $4,3 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $91,4\%$.

За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $3,8 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $92,4\%$. Кривая убыли концентрации фторид-иона показана на фиг. 1 ряд 2.

10 Пример 3. Концентрация фторид-иона 50 мг/дм^3 , отношение количества затравки к фтору $4:1$, отношение концентрации хлорида кальция к фтору $10:1$

15 Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов $F^- = 50 \text{ мг/дм}^3$, раствор осадитель с концентрацией 500 мг/дм^3 . Добавлялся затравочный материал в количестве 200 мг/дм^3 .

За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $3,1 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $93,8\%$.

20 За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $2,3 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $95,4\%$.

Пример 4. Концентрация фторид-иона 50 мг/дм^3 , отношение количества затравки к фтору $10:1$, отношение концентрации хлорида кальция к фтору $10:1$

25 Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов $F^- = 50 \text{ мг/дм}^3$, раствор хлорида кальция с концентрацией 500 мг/дм^3 . Добавлялся затравочный материал в количестве 500 мг/дм^3 .

За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $2,2 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $95,6\%$.

30 За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $2,2 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $95,6\%$. Кривая убыли концентрации фторид-иона показана на фиг. 1 ряд 3.

Пример 5. Концентрация фторид-иона 300 мг/дм^3 , отношение количества затравки к количеству фторид-иона $4:1$, отношение концентрации хлорида кальция к фтору $5:1$

35 Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов $F^- = 300 \text{ мг/дм}^3$, отношение концентрации хлорида кальция к концентрации ионов фтора $5:1$. Отношение концентрации затравочного материала к концентрации фторид-иона $4:1$.

40 За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $1,7 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $99,4\%$.

За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до $1,7 \text{ мг/дм}^3$. Степень конверсии фторид-иона $99,4\%$.

45 Пример 6. Концентрация фторид-иона 300 мг/дм^3 , отношение количества затравки к фтору $10:1$, отношение концентрации хлорида кальция к фтору $5:1$

Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов $F^- = 300 \text{ мг/дм}^3$, раствор осадитель с концентрацией 1500 мг/дм^3 . Добавлялся затравочный материал в количестве 3000 мг/дм^3 .

За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 1,6 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 99,5%.

За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 1,6 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 99,5%. Кривая убыли концентрации фторид-иона показана на фиг. 1 ряд 4.

Пример 7. Концентрация фторид-иона 300 мг/дм³, отношение количества затравки к фтору 4:1, отношение концентрации хлорида кальция к фтору 10:1

Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов F⁻ = 300 мг/дм³, раствор осадитель с концентрацией 3000 мг/дм³. Добавлялся затравочный материал в количестве 1200 мг/дм³.

За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 0,9 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 99,7%.

За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 0,9 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 99,7%. Кривая убыли концентрации фторид-иона показана на фиг. 1 ряд 5.

Пример 8. Концентрация фторид-иона 300 мг/дм³, отношение количества затравки к фтору 10:1, отношение концентрации хлорида кальция к фтору 10:1

Готовился модельный раствор фторида калия с концентрацией ионов F⁻ = 300 мг/дм³, раствор осадитель с концентрацией 3000 мг/дм³. Добавлялся затравочный материал в количестве 3000 мг/дм³.

За 100 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 0,8 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 99,7%.

За 200 минут процесса очистки концентрация фторид-иона снизилась до 0,8 мг/дм³. Степень конверсии фторид-иона 99,7%.

Из приведенных выше примеров видно, что предлагаемый способ очистки сточных вод от фтора, согласно изобретению, позволяет обеспечить глубокую очистку сточных вод от фторид-иона.

На эффективность процесса очистки оказывают влияние следующие факторы: исходная концентрация фторид-иона в очищаемой сточной воде, концентрация затравочного материала, хлорида кальция. Затравка ускоряет процесс, выполняет роль катализатора, но не увеличивает предельную степень очистки. Способ позволяет повторно использовать затравочные материалы для дальнейшей очистки сточных вод.

(57) Формула изобретения

Способ очистки сточных вод от фтора, включающий взаимодействие воды с хлоридом кальция и затравочным материалом, связывание фтора в твердую фазу, осаждение фтора из воды и отделение фторидсодержащего осадка от воды, отличающийся тем, что сначала определяют содержание фторид-иона в очищаемой сточной воде потенциометрическим методом при помощи анализатора жидкости, при этом избыток хлорида кальция в массовом отношении к фторид-иону используют в диапазоне от 5:1 до 10:1, в качестве затравочного материала используют алюмосиликатную композицию, которую образуют отходы обогащения лопаритовой руды, фазовый состав которой содержит эгирин (NaFeSi₂O₆), нефелин ((Na,K)AlSiO₄), анортотлаз ((Na,K)(Si₃Al)O₈),

альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), санидин ($(\text{K},\text{Na})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$), которую предварительно обрабатывают соляной кислотой до прекращения выделения сероводорода, или алюмосиликатную композицию - пустую породу, которая образуется при добыче лопаритовой руды, фазовый состав которой содержит альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), натролит ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$),
5 нефелиновый сиенит (NaAlSiO_4), при этом для подготовки затравки на поверхность алюмосиликатной композиции наносят фторид кальция в количестве 1 мас. %, для чего навеску алюмосиликатной композиции помещают в емкость и выдерживают в течение 1 часа в растворе фторида калия, после чего в емкость с алюмосиликатной композицией
10 и раствором фторида калия добавляют избыток хлорида кальция и выдерживают не менее 1 часа, в емкость с очищаемой водой добавляют раствор хлорида кальция и затравку, перемешивают и фильтруют с получением твердой фазы - фторида кальция, который отправляют на повторный цикл очистки новой порции сточной воды и жидкой фазы - очищенной воды, в которой определяют остаточные содержания фторид-иона,
15 а затем направляют на сброс в водный объект.

20

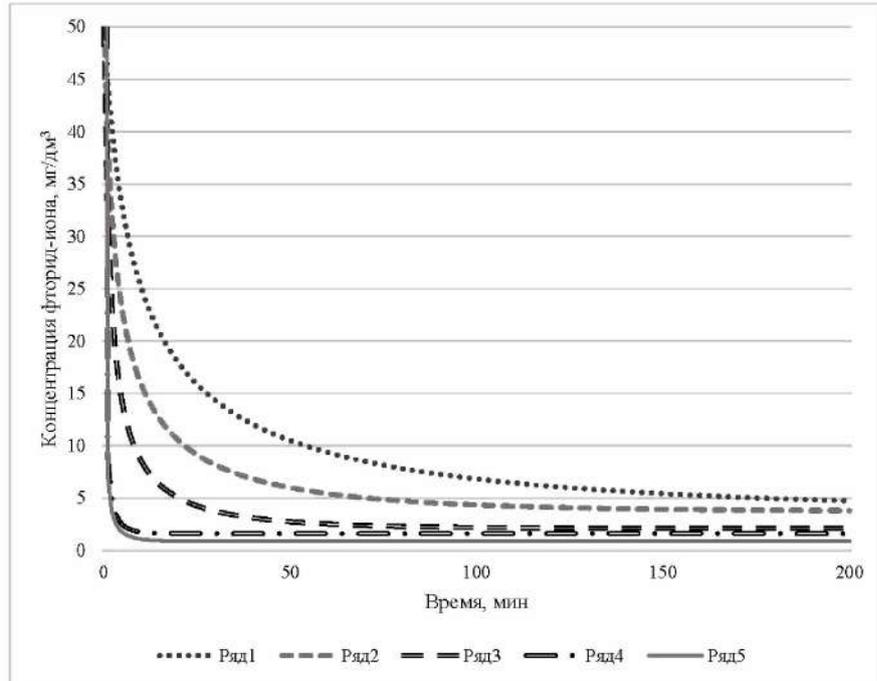
25

30

35

40

45



Фиг. 1