

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2838819

СПОСОБ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

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

Авторы: *Матвеева Вера Анатольевна (RU), Чукаева Мария Алексеевна (RU), Данилов Александр Сергеевич (RU)*

Заявка № 2024131231

Приоритет изобретения 17 октября 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 22 апреля 2025 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 17 октября 2044 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C02F 1/66 (2025.01); C02F 1/62 (2025.01); C02F 1/64 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024131231, 17.10.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.10.2024

Дата регистрации:
22.04.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.10.2024

(45) Опубликовано: 22.04.2025 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГУ,
патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Матвеева Вера Анатольевна (RU),
Чукаева Мария Алексеевна (RU),
Данилов Александр Сергеевич (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: RU 2174107 C1, 27.09.2001. RU
2207324 C2, 27.06.2003. RU 2438999 C1,
10.01.2012. RU 2397959 C2, 27.08.2010. SU
1740326 A1, 15.06.1992. US 7883626 B2,
08.02.2011.

(54) СПОСОБ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

(57) Реферат:

Изобретение относится к области очистки сточных вод, в частности к способу нейтрализации и очистки промышленных сточных вод от ионов цветных металлов и железа с высокой концентрацией. Способ нейтрализации и очистки сточных вод включает внесение электросталеплавильного шлака фракцией менее 0,1 мм в соотношении Т:Ж = 1:5 при перемешивании в течение не менее 60 мин до

достижения рН 4,45-5,33. Далее отделяют осадок и вносят в фильтрат известковое молоко при перемешивании до достижения рН 9,7-10,2. После отстаивания получают очищенную воду и шлам, который вместе с осадком направляют в шламонакопитель. Обеспечивается нейтрализация сточных вод и повышение эффективности их очистки от металлов. 2 ил., 6 табл., 4 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)

2 838 819 ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
C02F 1/66 (2006.01)
C02F 1/62 (2006.01)
C02F 1/64 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C02F 1/66 (2025.01); C02F 1/62 (2025.01); C02F 1/64 (2025.01)

(21)(22) Application: **2024131231, 17.10.2024**

(24) Effective date for property rights:
17.10.2024

Registration date:
22.04.2025

Priority:

(22) Date of filing: **17.10.2024**

(45) Date of publication: **22.04.2025** Bull. № 12

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO Sankt-Peterburgskij GU, patentno-
litsenzyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

- **(RU),
Chukaeva Mariia Alekseevna (RU),
Danilov Aleksandr Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD OF NEUTRALIZING AND PURIFYING WASTE WATER**

(57) Abstract:

FIELD: water treatment.

SUBSTANCE: invention relates to waste water treatment, particularly to a method of neutralizing and purifying industrial waste water from nonferrous metal ions and high-concentration iron. Method of neutralizing and purifying waste water involves adding electric steel-smelting slag with a fraction smaller than 0.1 mm in ratio S:L = 1:5 while stirring for not less than 60

minutes until achieving pH 4.45-5.33. Further, the precipitate is separated and lime milk is added to the filtrate while stirring until achieving pH 9.7-10.2. After settling, purified water and sludge are obtained, which together with the residue is fed into a sludge collector.

EFFECT: neutralization of waste water and high efficiency of its purification from metals are ensured.

1 cl, 2 dwg, 6 tbl, 4 ex

RU 2 838 819 C1

RU 2 838 819 C1

Изобретение относится к области очистки сточных вод, в частности к способу нейтрализации и очистки промышленных сточных вод от ионов цветных металлов и железа с высокой концентрацией.

Известен способ нейтрализации отработанных травильных азотно-плавиковых растворов (патент RU №2064528, опубл. 27.07.1996), включающий последовательную двухстадийную обработку разбавленного 1:1 раствора конверсионным мелом - отходом производства азотосодержащих удобрений, содержащим карбонат кальция, в избыточном количестве до pH 5 и щелочным компонентом - гидроксидом Na и K до pH 6-8 с последующим отделением осадка.

К недостаткам способа относится вторичное загрязнение очищенных вод нитратами и фосфатами в результате использования на первой стадии конверсионного мела, содержащего не менее 10% примесей аммиачного азота и P_2O_5 , а также необходимость использования токсичных реагентов, гидроксидов Na и K, на второй стадии.

Известен способ очистки кислых сточных вод от сульфатов тяжелых металлов (патент RU №2448054, опубл. 20.04.2012), включающий двухстадийную обработку с использованием на первой стадии известкового молока с последующим отделением нейтрализованной до pH 7,5-8 воды от осадка, причем на второй стадии для удаления содержащегося в осветленной воде сульфата кальция вводят карбонат бария и выдерживают полученную суспензию до завершения обменной реакции.

Недостатком способа является ограниченный перечень очищаемых веществ, что вызвано низким достигаемым значением pH 7,5-8.

Известен способ нейтрализации кислых сульфатсодержащих сточных вод (патент RU №2438998, опубл. 10.01.2012), включающий нейтрализацию известковым молоком и осаждение образовавшихся взвешенных частиц в присутствии анионного флокулянта, а нейтрализацию проводят в несколько ступеней, при этом на первой ступени нейтрализацию проводят до pH 4,5-5,0 и осаждение проводят в отстойнике без применения флокулянта, образовавшийся осадок, содержащий гипс и гидроксиды трехвалентного железа, частично за счет рециркуляции возвращают в отстойник, на второй ступени нейтрализацию проводят до pH 6,0-7,0 и осаждают гидроксиды двухвалентной меди в присутствии анионного флокулянта, на третьей ступени нейтрализацию проводят до pH 7,2-8,0 и осаждают гидроксиды двухвалентного цинка в присутствии анионного флокулянта, на четвертой ступени нейтрализацию проводят до pH 8,5-9,2 и осаждают гидроксиды двухвалентного железа в присутствии анионного флокулянта, на пятой ступени нейтрализацию проводят до pH 9,5-10,5 и осаждают гидроксиды двухвалентного марганца в присутствии анионного флокулянта, причем осадки двухвалентных металлов размещают индивидуально в отдельных секциях шламовых площадок, а очищенную воду подвергают доочистке фильтрованием в зернистых материалах и очистке в биологических прудах.

К недостаткам способа относится длительность процесса очистки, и получению большого количества разных типов отходов после завершения очистки.

Известен способ утилизации отработанного сернокислого раствора травления металлов (патент RU №2747666, опубл. 11.05.2021), включающий его нейтрализацию с помощью отсева электросталеплавильного шлака в соотношении 74-76 к 24-26 мас. % соответственно, при повышении температуры до 80-90 °C и pH 7,0-7,5 с получением суспензии, содержащей сульфаты кальция, магния и гидроксида железа, которую охлаждают до 20 °C, передают в вакуум-кристаллизатор и при температуре 110 °C получают кристаллогидраты сульфатов кальция, магния, которые совместно с непрореагировавшими оксидами кремния, алюминия, кальция упомянутого отсева

электросталеплавильного шлака и гидроксидом железа отделяют центрифугой.

К недостаткам способа относится необходимость постоянного поддержания температурных условий и реализации трудоемкого процесса вакуум-кристаллизации.

Известен способ очистки кислых растворов от ионов цветных металлов и железа (патент RU №2768871, опубл. 25.03.2022), включающий обработку раствора термоактивированным реагентом в виде серпентинсодержащей породы, содержащей 80-95 мас. % серпентиновых минералов, с изменением величины рН и осаждением металлов, причем термоактивирование серпентинсодержащего реагента ведут при температуре 650-750 °С, перед обработкой раствора серпентинсодержащий реагент гранулируют до крупности гранул 1-3 мм, а обработку раствора ведут стадийно путем введения новой порции реагента при Т:Ж=1-2:10 на каждой стадии с образованием и отделением поликомпонентного осадка, обогащенного преимущественно по одному из металлов, при этом на первой стадии раствор обрабатывают реагентом до обеспечения рН 3,1-3,9 с образованием железосодержащего осадка, на второй стадии - до рН 7,2-7,9 с образованием алюминийсодержащего осадка, а на третьей стадии - до рН 9,0-9,2 с образованием цинксодержащего осадка.

Недостатком данного способа является потребность в проведении термического активирования реагента при высоких температурах.

Известен способ нейтрализации и очистки сточных вод путем их обработки щелочным реагентом (патент RU №2174107, опубл. 27.09.2001), принятый за прототип, в котором очистку сточных вод проводят в два этапа, при этом на первом этапе сточные воды обрабатывают торфощелочным реагентом при массовом соотношении ионов тяжелых металлов одного вида к торфощелочному реагенту как 1:1-1,3, в котором торфощелочной реагент представляет собой фильтрованный раствор едкого натра, пропущенный через гранулы торфа, далее обработанные сточные воды перемешивают и отстаивают до рН 6,4-6,95, а на втором этапе их обрабатывают известковым молоком до рН 8,75-9,25, при перемешивании и отстаивании с отделением образовавшегося осадка и с последующим обесцвечиванием.

Недостатком способа является очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов только одного вида, а также необходимость предварительной подготовки торфа с использованием токсичных реагентов - соляной кислоты и едкого натра.

Техническим результатом является нейтрализация сточных вод и повышение эффективности их очистки от металлов.

Технический результат достигается тем, реактор-нейтрализатор с механическим перемешиванием помещают сточную воду, в качестве которой используют серноокислые отработанные растворы травления, с содержанием Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Mg, Al, Zn, и значением рН от 0,1 до 0,5 и шлак - отход электросталеплавильного производства, который включает CaO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, MgO, Cr₂O₃, Na₂O, K₂O, CuO, ZnO, при этом шлак предварительно измельчают в шаровой мельнице до крупности менее 1,0 мм, массовое соотношение шлака и сточной воды составляет 1:5, при этом сточная вода измерена в см³, а шлак - в граммах, перемешивание проводят в течение не менее 60 мин до достижения диапазона рН от 4,45 до 5,33, затем фильтруют с получением фильтрата и осадка, фильтрат направляют в реактор-нейтрализатор с механическим перемешиванием, в который добавляют известковое молоко до достижения диапазона рН от 9,7 до 10,2, после отстаивания получают очищенную воду и шлам, который вместе с осадком направляют в шламонакопитель.

Способ нейтрализации и очистки сточных вод поясняется следующими фигурами: фиг. 1 - график зависимости значения рН сточных вод от массы и фракции шлака;

фиг. 2 - график зависимости значения pH сточных вод от времени контакта со шлаком.

Способ осуществляется следующим образом. В реактор-нейтрализатор с механическим перемешиванием помещают сточную воду и шлак. Сточная вода представлена сернокислым отработанным раствором травления стали прокатных предприятий, характеризуется значением pH от 0,1 до 0,5 и содержит следующие металлы: Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Mg, Al, Zn. Шлак является отходом электросталеплавильного производства и состоит из следующих основных компонентов: CaO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, MgO, Cr₂O₃, Na₂O, K₂O, CuO, ZnO. Шлак предварительно измельчают в шаровой мельнице до крупности менее 1,0 мм. Массовое соотношение шлака и сточной воды составляет 1:5, при этом сточная вода измерена в см³, а шлак - в граммах, перемешивание проводят в течение не менее 60 мин до достижения диапазона pH от 4,45 до 5,33 с контролем конечного значения pH-метром. После чего проводят отделение твёрдой части в механических аппаратах осадительного типа с получением осадка и фильтрата. Полученный фильтрат и известковое молоко помещают в реактор-нейтрализатор с механическим перемешиванием до достижения диапазона pH от 9,7 до 10,2. После этого проводят отделение твёрдой части в механических аппаратах осадительного типа с получением очищенной воды и шлама. Шлам и осадок совместно направляют в шламонакопитель.

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. Нейтрализацию и очистку сернокислых отработанных растворов травления проводили электросталеплавильным шлаком. Значение pH сточных вод составляло 0,13 ед. pH. Состав шлака представлен в таблице 1.

Таблица 1 - содержание оксидов основных элементов входящих в состав шлака, %

Оксид	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	Cr ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CuO	ZnO
%	32	30	16	8,3	6,3	4,5	1,6	0,52	0,20	0,14	0,13

В лабораторные стаканы приливали 300 см³ сточных вод и вносили навески измельчённого электросталеплавильного шлака крупностью: от 5,0 до 10,0 мм, от 2,5 до 5,0 мм, от 1,0 до 2,5 мм и менее 1,0 мм. Массы навесок каждой фракции составляли 100 г, 60 г и 30 г, что обеспечивало соотношение твёрдой и жидкой фаз, равное 1:3; 1:5 и 1:10, соответственно. Сточную воду со шлаком перемешивали в течение 60 минут, отделяли осадок фильтрованием и определяли pH в фильтрате. Зависимость pH нейтрализованных сточных вод от фракции и количества вносимого шлака представлена на фиг.1.

Сначала из раствора удаляют алюминий и железо, для этого необходимо достигнуть диапазона значений pH, в котором происходит осаждение их гидроксидов. Согласно теоретическим сведениям полное осаждение гидроксида алюминия наблюдается при pH, равном 4,8, гидроксида железа - при pH, равном 4,1. Однако известно, что при их совместном присутствии в растворе полное осаждение может происходить при более низких значениях pH. Гидроксиды остальных металлов имеют более высокие значения pH осаждения, поэтому будут удаляться на второй стадии при добавлении известкового молока.

В результате, pH свыше 4,8 был достигнут только при использовании шлака с фракцией менее 1,0 мм в соотношении Т:Ж = 1:3. Однако с учетом того, что соосаждение гидроксидов алюминия и железа может происходить при более низких значениях pH, определение содержания металлов провели также в фильтратах после нейтрализации шлаком с фракцией менее 1,0 мм в соотношении Т:Ж = 1:5 и шлаком с фракцией от 1,0

до 2,5 мм в соотношении Т:Ж = 1:3 и Т:Ж = 1:5, в которых были достигнуты значения рН, равные 4,45, 4,48 и 3,62, соответственно. Измерения проводили методом ИСП-АЭС, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - содержание металлов в фильтрате после нейтрализации шлаком в зависимости от рН фильтрата

Образец	Концентрация, мг/дм ³							
	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Mg	Al	Zn
Сточная вода (рН 0,13)	35900	229	227	106	29	15	5,8	3,3
Фильтрат первой стадии очистки (рН 3,62)	15645	2041	213	101	31	2815	4128	8,1
Фильтрат первой стадии очистки (рН 4,45)	1500	1940	198	99	25	2710	0,018	7,5
Фильтрат первой стадии очистки (рН 4,48)	1475	2000	201	92	26	2685	0,018	7,4
Фильтрат первой стадии очистки (рН 5,33)	1102	1980	196	95	22	2670	0,013	6,2

Как видно из таблицы 2, при рН, равном 3,62, удаление алюминия из раствора не происходит, а наоборот наблюдается значительный рост его концентрации в фильтрате в результате перехода из шлака в раствор. При рН, равном 4,45 и более происходит практически полное удаление алюминия из раствора, а также удаление большей части железа. Растворение гидроксида алюминия начинается при рН равном 7,8, гидроксида железа - при рН равном 14, поэтому оставшаяся часть железа может быть удалена из раствора на второй стадии при добавлении известкового молока.

Массовое соотношение Т:Ж = 1:3 было выбрано исходя из минимально необходимого объема жидкой фазы для осуществления перемешивания со шлаком в лабораторных условиях. Однако при таком соотношении разделение твёрдой и жидкой фаз после очистки возможно только в лабораторных условиях. Поэтому для реализации первой стадии нейтрализации было принято решение использовать шлак с фракцией менее 1,0 мм и соотношение Т:Ж = 1:5. Для выбранного варианта фильтрата проводили вторую стадию нейтрализации и очистки. Для этого в лабораторный стакан помещали 200 см³ фильтрата и приливали 0,25 см³ 10% известкового молока, перемешивали и измеряли рН. Значение рН составило 9,82 ед. рН, что лежит в требуемом диапазоне рН от 9,7 до 10,2. После этого отделяли осадок фильтрованием и в фильтрате определяли содержание металлов методом ИСП-АЭС, рассчитывали эффективность очистки. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 - эффективность нейтрализации и очистки сточных вод

Образец	Концентрация, мг/дм ³							
	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Mg	Al	Zn
Сточная вода (рН 0,13)	35900	229	227	106	29	15	5,8	3,3
Фильтрат первой стадии очистки (рН 4,45)	1 500	1 940	198	99	25	2 710	0,018	7,5
Фильтрат заключительной стадии очистки (рН 9,82)	0,46	1,4	0,21	0,080	0,003	0,045	0,012	0,046
Эффективность очистки, %	более 99	99	более 99	более 99	более 99	более 99	более 99	99

Из таблицы 3 видно, что эффективность очистки по всем металлам составила не менее 99%, несмотря на то, что после первого этапа нейтрализации наблюдается вымывание из шлака марганца, магния и цинка.

Пример 2. Нейтрализацию и очистку сточных вод сталеплавильного прокатного предприятия проводили электросталеплавильным шлаком. Состав шлака представлен

в таблице 1. Значение рН сточных вод составляло 0,15 ед. рН.

Нейтрализацию и очистку сточных вод проводили следующим образом. В лабораторный стакан приливали 300 см³ сточных вод и вносили 60 г измельчённого электросталеплавильного шлака крупностью менее 1,0 мм, что обеспечивало выбранное в примере 1 соотношение твёрдой и жидкой фаз, равное 1:5. Сточную воду со шлаком перемешивали в течение 120 минут, при этом измеряли величину рН через каждые 10 мин. Результаты представлены на фиг. 2, из графика видно, что наиболее интенсивно процесс нейтрализации происходит в первые 60 минут, по истечении которых достигается требуемый диапазон рН от 4,45 до 5,33, из чего следует, что это минимальное время взаимодействия сточной воды со шлаком. Затем осадок отфильтровывался, в фильтрате измерялось содержание металлов методом ИСП-АЭС и проводилась вторая стадия очистки и нейтрализации. Для этого в лабораторный стакан помещали 200 см³ фильтрата и приливали 0,25 см³ 10% известкового молока, перемешивали и измеряли рН. Значение рН составило 9,96 ед. рН, что лежит в требуемом диапазоне рН от 9,7 до 10,2. После этого отделяли осадок фильтрованием и в очищенной воде определяли содержание металлов методом ИСП-АЭС, рассчитывали эффективность очистки. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 - эффективность нейтрализации и очистки сточных вод

Образец	Концентрация, мг/дм ³							
	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Mg	Al	Zn
Сточная вода (рН 0,15)	28700	354	251	98	52	19	6,9	4,3
Фильтрат первой стадии очистки (рН 4,82)	950	2014	209	99	33	2680	0,009	6,1
Фильтрат заключительной стадии очистки (рН 9,96)	0,06	0,14	2,6	0,012	0,011	0,030	0,011	0,052
Эффективность очистки, %	более 99	более 99	99	более 99	более 99	более 99	более 99	99

Из таблицы 4 видно, что эффективность очистки по всем металлам составила не менее 99%, несмотря на то, что после первой стадии нейтрализации наблюдается вымывание из шлака марганца, магния и цинка.

Пример 3. Эксперимент проводили аналогично примеру 2, но на второй стадии нейтрализации достигали большего значения рН, равного 11,91 за счёт внесения большей дозы известкового молока. Содержание металлов в фильтратах представлено в таблице 5.

Таблица 5 - эффективность нейтрализации и очистки сточных вод

Образец	Концентрация, мг/дм ³							
	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Mg	Al	Zn
Сточная вода (рН 0,15)	28700	354	251	98	52	19	6,9	4,3
Фильтрат первой стадии очистки (рН 4,69)	980	1996	212	102	28	2610	0,017	6,2
Фильтрат заключительной стадии очистки (рН 11,91)	0,13	1,6	12	0,032	0,040	0,046	0,021	1,3
Эффективность очистки, %	более 99	более 99	95	более 99	более 99	более 99	более 99	70

Из таблицы 5 видно, что эффективность очистки от хрома составила 95%, от цинка - 70 %, что связано с достижением величины рН начала растворения их гидроксидов, по остальным элементам эффективность очистки составила не менее 99%.

Пример 4. Эксперимент проводили аналогично примеру 2, но на второй стадии нейтрализации достигали меньшего значения рН, равного 8,86, за счёт внесения меньшей

дозы известкового молока. Содержание металлов в фильтратах представлено в таблице 6.

Таблица 6 - эффективность нейтрализации и очистки сточных вод

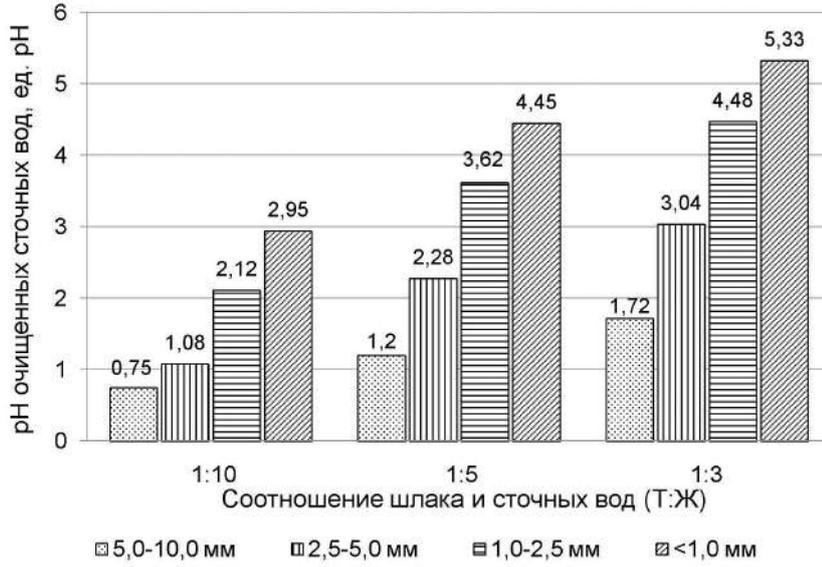
Образец	Концентрация, мг/дм ³							
	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Mg	Al	Zn
Сточная вода (рН 0,15)	28700	354	251	98	52	19	6,9	4,3
Фильтрат первой стадии очистки (рН 4,69)	980	1996	212	102	28	2610	0,017	6,2
Фильтрат заключительной стадии очистки (рН 8,46)	0,64	62	0,64	47	0,057	0,034	0,012	0,060
Эффективность очистки, %	более 99	82	более 99	52	более 99	более 99	более 99	99

Как видно из таблицы 6, эффективность очистки раствора от марганца составила 82%, от никеля - 52 %, что связано с тем, что не была достигнута величина рН их полного осаждения, по остальным элементам эффективность очистки составила не менее 99%.

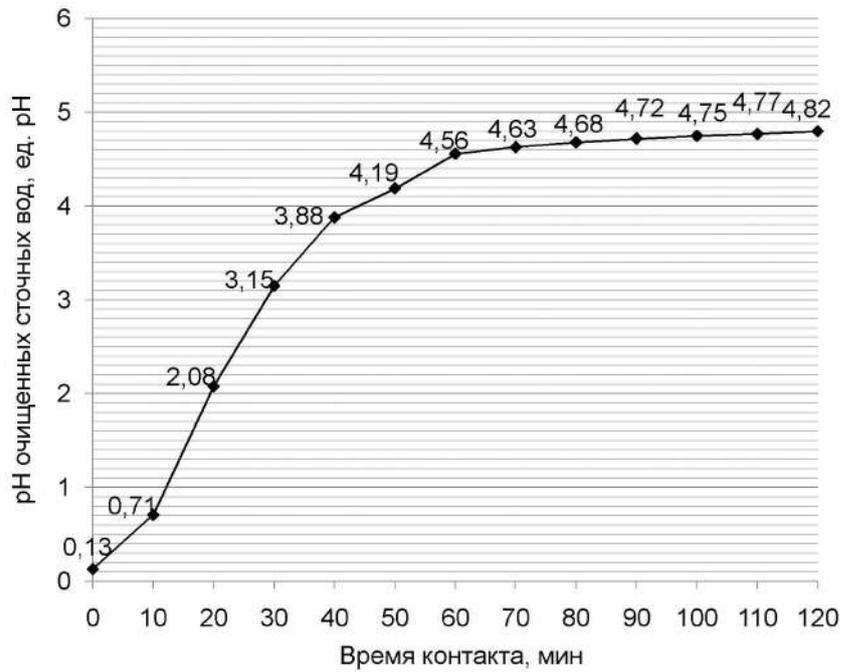
Нейтрализация сточных вод и повышение эффективности их очистки от металлов достигается за счет внесения электросталеплавильного шлака фракцией менее 0,1 мм в соотношении Т:Ж = 1:5 в режиме перемешивания в течение не менее 60 мин для достижения диапазона рН от 4,45 до 5,33, последующего отделения осадка и внесения в фильтрат известкового молока в режиме перемешивания до достижения диапазона рН от 9,7 до 10,2.

(57) Формула изобретения

Способ нейтрализации и очистки сточных вод, включающий обработку щелочным реагентом и известковым молоком при перемешивании и отстаивании, отличающийся тем, что в реактор-нейтрализатор с механическим перемешиванием помещают сточную воду, в качестве которой используют сернокислые отработанные растворы травления с содержанием Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Mg, Al, Zn и значением рН от 0,1 до 0,5, и шлак - отход электросталеплавильного производства, который включает CaO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, MgO, Cr₂O₃, Na₂O, K₂O, CuO, ZnO, при этом шлак предварительно измельчают в шаровой мельнице до крупности менее 1,0 мм, массовое соотношение шлака и сточной воды составляет 1:5, при этом сточная вода измерена в см³, а шлак - в граммах, перемешивание проводят в течение не менее 60 мин до достижения диапазона рН от 4,45 до 5,33, затем фильтруют с получением фильтрата и осадка, фильтрат направляют в реактор-нейтрализатор с механическим перемешиванием, в который добавляют известковое молоко до достижения диапазона рН от 9,7 до 10,2, после отстаивания получают очищенную воду и шлам, который вместе с осадком направляют в шламонакопитель.



Фиг.1



Фиг.2