

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2850613

### СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОАГУЛЯНТА ИЗ ПИРИТНЫХ ОГАРКОВ

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), Смуррова Елизавета Вадимовна (RU)*

Заявка № 2025109523

Приоритет изобретения **16 апреля 2025 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации **12 ноября 2025 г.**

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **16 апреля 2045 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*C02F 1/52* (2025.05); *C02F 1/5245* (2025.05); *C01G 49/14* (2025.05); *C01G 49/10* (2025.05)

(21)(22) Заявка: 2025109523, 16.04.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 16.04.2025

Дата регистрации:  
 12.11.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.04.2025

(45) Опубликовано: 12.11.2025 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
 университет императрицы Екатерины II",  
 Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Матвеева Вера Анатольевна (RU),  
 Чукаева Мария Алексеевна (RU),  
 Смуррова Елизавета Вадимовна (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 2818198 C1, 25.04.2024. SU 494349  
 A1, 05.12.1975. SU 833547 A1, 30.05.1981. RU  
 2784031 C1, 23.11.2022. US 6375919 B1,  
 23.04.2002.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОАГУЛЯНТА ИЗ ПИРИТНЫХ ОГАРКОВ

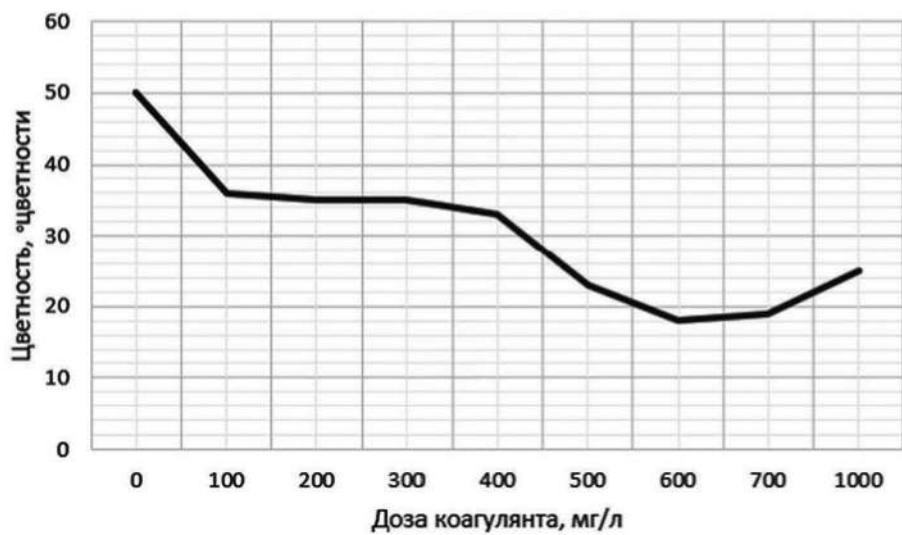
(57) Реферат:

Изобретение относится к технологии неорганических веществ и может быть использовано при получении растворов сульфата и хлорида железа, применяемого в качестве коагулянта для очистки сточных вод. Способ получения железосодержащего коагулянта включает обработку отходов сернокислотного производства - пиритных огарков растворами

серной кислоты концентрацией 30-40% или соляной кислоты концентрацией от 15 до 20%. Соотношение отходов сернокислотного производства к кислотному реагенту составляет 1:3,6 г/мл. Обеспечивается повышение эффективности очистки сточных вод и утилизация отхода сернокислотного производства. 3 ил., 3 табл., 28 пр.

C1  
310605282RU

RU  
2850613 C1



Фиг. 1

РУ 2850613 С1

R U 2 8 5 0 6 1 3 C 1



(51) Int. Cl.  
*C02F 1/52* (2006.01)  
*C01G 49/00* (2006.01)

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC  
*C02F 1/52* (2025.05); *C02F 1/5245* (2025.05); *C01G 49/14* (2025.05); *C01G 49/10* (2025.05)

(21)(22) Application: 2025109523, 16.04.2025

(24) Effective date for property rights:  
16.04.2025

Registration date:  
12.11.2025

Priority:

(22) Date of filing: 16.04.2025

(45) Date of publication: 12.11.2025 Bull. № 32

Mail address:  
199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet  
imperatritsy Ekateriny II", Patentno-litsenzionnyj  
otdel

(72) Inventor(s):

Matveeva Vera Anatolevna (RU),  
Chukaeva Mariia Alekseevna (RU),  
Smurova Elizaveta Vadimovna (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia "Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet imperatritsy Ekateriny II" (RU)

(54) METHOD FOR OBTAINING IRON-CONTAINING COAGULANT FROM PYRITE SLAG

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to inorganic substances technology and can be used in the production of iron sulphate and chloride solutions used as coagulants for wastewater treatment. The method for producing an iron-containing coagulant includes treating sulphuric acid production waste - pyrite cinders - with solutions of sulphuric acid at a concentration of 30-40%

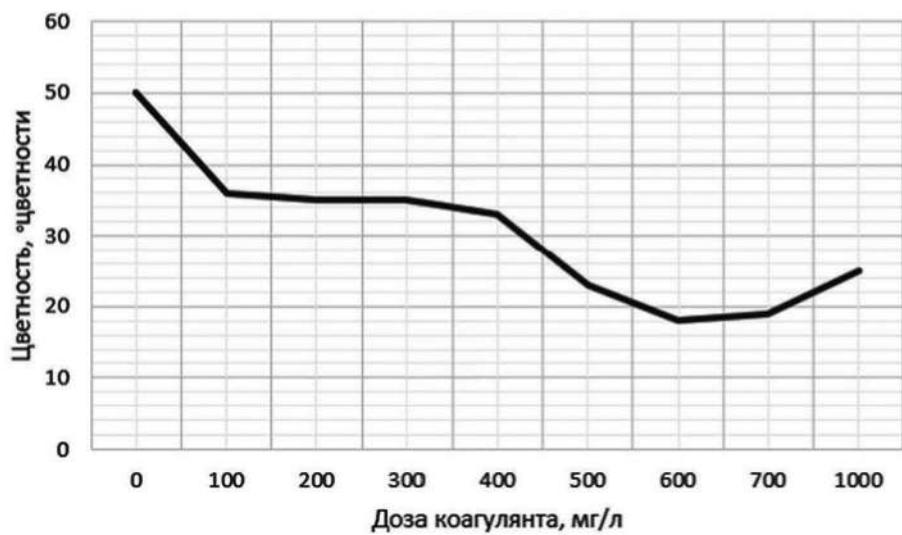
or hydrochloric acid at a concentration of 15 to 20%. The ratio of sulphuric acid production waste to acid reagent is 1:3.6 g/ml.

EFFECT: increased efficiency of wastewater treatment and utilization of sulfuric acid production waste.

1 cl, 3 dwg, 3 tbl, 28 ex

C1  
C  
3  
1  
6  
0  
6  
1  
3  
2  
8  
5  
0  
R  
U

R  
U  
2  
8  
5  
0  
6  
1  
3  
C  
1



Фиг. 1

РУ 2850613 С1

R U 2 8 5 0 6 1 3 C 1

Изобретение относится к технологии неорганических веществ и может быть использовано при получении растворов сульфата и хлорида железа, применяемого в качестве коагулянта для очистки сточных вод.

Известен способ получения железосодержащего коагулянта из окалины (патент РФ

№ 2759099, опубл. 09.11.2021 г.), включающий обработку окалины хлорсодержащим реагентом, причем в качестве хлорсодержащего реагента используют смесь 10-38 мас.% соляной кислоты с добавкой тетрахлорида титана в количестве 5-20 об.%. Соотношение массы окалины к объему хлорсодержащего реагента 1:(5-10), температура 40-90°C до достижения pH раствора 1,0-1,5.

Недостатками данного способа является повышенная кислотность получаемого раствора, высокая токсичность используемых концентраций соляной кислоты.

Известен способ получения железо- и алюминийсодержащего коагулянта из золы ТЭЦ или глины (патент РФ № 2122975, опубл. 10.12.1998 г.), включающий выщелачивание оксидов металлов раствором серной кислоты и хлоридсодержащего компонента, отстаивание или фильтрацию реакционной массы, где в качестве хлоридсодержащих компонентов используют отходы кожевенного производства - раствор поваренной соли после промывки кожсырья или отработанный пикельный раствор с концентрацией поваренной соли в реакционном растворе 8-50 г/л, а реакционную массу нагревают путем воздействия постоянного или переменного тока с электродами из углеродистых сплавов железа.

Недостатками являются низкая эффективность получаемого коагулянта по отношению к взвешенным веществам, соединениям хрома и нефтепродуктам, а образующийся в процессе коагуляции осадок обладает низкой скоростью фильтрации.

Известен способ получения коагулирующего реагента (патент РФ № 2085509, опубл. 27.07.1997 г.), включающий обработку красного шлама глиноземного производства 3-5% раствором соляной кислоты при соотношении Т:Ж=1:(5-10), обработку полученного твердого остатка 50 - 55% раствором серной кислоты при 100 - 110°C и соотношении Т:Ж=1:(6-8), фильтрацию пульпы и добавление к образовавшемуся раствору концентрированной серной кислоты до обеспечения ее общего содержания в растворе 25 - 50 мас.%, после чего раствор выдерживают в течение 10-20 ч и отделяют осадок. Получаемый коагулянт содержит, мас.%:  $Al_2O_3$  2 - 10;  $Fe_2O_3$  2 - 10;  $H_2SO_4$  общ. 40 - 60, в т.ч.  $H_2SO_4$  свобод. 20 - 40;  $H_2O$  крист. до 100. Степень очистки промышленных стоков от взвешенных частиц при использовании полученного коагулянта не превышает 91%.

Недостатками данного способа являются использование высококонцентрированной серной кислоты, ограниченная область применения полученного реагента в связи с высоким содержанием в нем свободной серной кислоты при низком содержании коагулирующих агентов  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ .

Известен способ получения железосодержащего коагулянта для очистки сточных вод (авторское свидетельство СССР № 80463, опубл. 01.01.1949 г.), включающий предварительное окисление пиритных огарков крепкой азотной кислотой, взятой в количестве 8-10 кг на количество пиритных огарков, необходимых для получения 1 т коагулянта, с последующим выдерживанием огарка в течение 5-6 часов перед варкой в нагретой серной кислоте до начала схватывания. При данном способе получения коагулянт имеет состав: железо общее, считая на  $Fe_2O_3$  - 20-22,5%; железо закисное - 0,20%; свободная серная кислота - 0,24%; нерастворимый остаток - 25-28%.

Недостатками данного способа является его большая длительность по времени, высокая токсичность используемых кислотных концентрированных реагентов и низкая

эффективность выщелачивания железа в связи с началом процесса пассивации железа.

Известен способ получения алюмо- и железосодержащего коагулянта (патент РФ № 2818198, опубл. 25.04.2024 г.), принятый за прототип, предполагающий обработку отходов обогащения железной руды серной кислотой концентрацией 40-50% при соотношении твердой и жидкой фаз 1:1 г/мл. Дальнейшее перемешивание проводится при температуре 90-100°C в течение не менее чем 60 минут. Эффективность выщелоченного железа и алюминия при данных условиях составляет 26,03% и 31,5% соответственно.

Недостатками способа являются низкое содержание железа в получаемом коагулянте за счет меньшего времени протекания реакции выщелачивания, а также необходимость поддерживать высокую температуру осуществления реакции.

Техническим результатом является повышение эффективности очистки сточных вод и утилизация отхода сернокислотного производства.

Технический результат достигается тем, что в качестве твердого соединения используют отходы сернокислотного производства - пиритные огарки, которые помещают в реактор с мешалкой и обрабатывают раствором серной кислоты с концентрацией от 30 до 40% или раствором соляной кислоты с концентрацией от 15 до 20%, при этом соотношение отходов сернокислотного производства к кислотному реагенту составляет 1:3,6 г/мл, полученную суспензию перемешивают при температуре от 50 до 75°C, скорости вращения не менее 300 об/мин, при этом время перемешивания при использовании серной кислоты не менее 240 мин, при использовании соляной кислоты не менее 60 мин.

Способ получения коагулянта поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - график зависимости изменения цветности от дозы коагулянта с активным веществом – железа (III) сульфат.

фиг. 2 - график зависимости изменения цветности от дозы коагулянта с активным веществом – железа (III) хлорид.

фиг. 3 – график зависимости эффективности выщелачивания железа 30%-ной серной кислотой от скорости перемешивания при следующих условиях – соотношение т:ж 1:3,6 г/мл, время контакта 240 минут, температура 75° С.

Способ осуществляется следующим образом. Отходы сернокислотного производства – пиритные огарки – представляющие собой порошкообразный материал темно-коричневого цвета, в составе которых содержится в пересчете на оксидную форму: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 72,5%, SiO<sub>2</sub> – 14,6%, SO<sub>3</sub> – 5,06%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,83%, MgO – 0,87%, Na<sub>2</sub>O – 0,75%, ZnO – 0,67%, CuO – 0,62%, CaO – 0,56%, BaO – 0,54%, прочие примеси <1%. Пиритные огарки помещают в реактор с мешалкой и обрабатывают раствором серной кислоты концентрацией от 30 до 40% или раствором соляной кислоты концентрацией не более 20%. Соотношение отходов сернокислотного производства к кислоте 1:3,6 г/мл. Затем при нормальном атмосферном давлении суспензию перемешивают при скорости вращения не менее 300 об/мин, во время перемешивания поддерживается температура от 50° до 75°C. Время перемешивания при использовании серной кислоты не менее 240 минут, при использовании соляной кислоты не менее 60 минут. Полученную суспензию фильтруют через бумажный фильтр с получением твердой и жидкой фаз. Твердая фаза – порошкообразный осадок – утилизируется. Жидкую фазу, содержащую ионы железа, переливают в емкость и производят отбор пробы для проведения количественного анализа содержания железа с использованием атомного эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICPE – 9000 Shimadzu.

Далее проводят приготовление модельного раствора цветности на основе гумата

натрия для проверки работоспособности получаемых коагулянтов. Навеску гумата натрия массой 50 г переносят в колбу объемом 2 дм<sup>3</sup>, приливают 1 дм<sup>3</sup> дистиллированной воды, нагретой до температуры от 40 до 50°С и тщательно перемешивают. Далее колбу закрывают и выдерживают раствор не менее 24 часов. Затем раствор фильтруют через 5 бумажный фильтр, разбавляют дистиллированной водой до получения окраски модельного раствора, равной 50° цветности, определяемой по шкале цветности.

Приготовленный модельный раствор цветности наливают в прозрачные емкости, в каждую емкость вносится одинаковая доза коагулянта. pH модельных растворов доводят до значений 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 с помощью 0,1Н растворов NaOH и 10 HCl. Далее растворы перемешивают на лабораторном шейкере и дают отстояться не менее 30 минут. Затем полученные суспензии фильтруют, образованную твердую фазу утилизируют, жидкую фазу отправляют на анализ оставшейся цветности при помощи спектрофотометра DR5000. Фотометрическое определение цветности проводят в кювете длиной 5 см.

15 Определяют наименьшую минимальную эффективную дозу внесения коагулянта. В стеклянные лабораторные стаканы объемом 1 дм<sup>3</sup> наливают 1,0 дм<sup>3</sup> модельного раствора цветности, ставят на магнитную мешалку, скорость перемешивания 20 устанавливают 140 об/мин, температуру нагрева от 20 до 21° С. Далее к модельным растворам приливают рабочие дозы коагулянта и продолжают перемешивание в течение 3 минут. Затем скорость перемешивания полученных суспензий в течение 10 секунд постепенно снижают до 40 об/мин и продолжают перемешивание на протяжении не менее 15 минут. После этого растворам дают отстояться в течение не менее 30 минут. Затем растворы фильтруют через мембранные фильтры с получением твердой и жидкой 25 фаз. Твердая фаза утилизируется, жидкую фазу исследуется на оставшуюся цветность с помощью фотометра DR5000. Доза коагулянта, снижающая цветность раствора с 50° до 20° цветности принимается как минимальная эффективная доза коагулянта. Если эффективность выщелачивания железа из пиритного огарка составляет менее 26%, получение коагулянта является нецелесообразным, так как доза его внесения для 30 водоочистки будет слишком велика, что приведет к вторичному загрязнению очищаемых вод.

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность 35 выщелачивания железа - 1,4% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

Пример 2. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 30%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность 40 выщелачивания железа - 1,8% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

Пример 3. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность 45 выщелачивания железа - 3,1% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

Пример 4. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты

50%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа - 3,1%, также наблюдался эффект пассивации железа (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

5 Пример 5. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 240 минут. Эффективность выщелачивания железа – 14,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

10 Пример 6. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 30%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 13,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

15 Пример 7. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 30%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 22,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

20 Пример 8. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 30%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 240 минут. Эффективность выщелачивания железа – 27,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

25 Пример 9. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 23,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

30 Пример 10. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 25,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

35 Пример 11. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 240 минут. Эффективность выщелачивания железа – 26,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

40 Пример 12. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 15 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 50° С. Наблюдается невозможность равномерного перемешивания контактирующих сред, что делает данный опыт нереализуемым.

45 Пример 13. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 20 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 240 минут. Эффективность выщелачивания железа – 26,3% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию. Эффективность выщелачивания железа при выбранном объеме кислотного реагента изменяется незначительно в сравнении с эффективностью выщелачивания железа при соотношении отходов к кислотному реагенту 1:3,6 г/мл, что указывает на перерасход кислотного реагента.

Пример 14. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 22,5 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 240 минут. Эффективность выщелачивания железа – 26,1% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию. Эффективность выщелачивания железа при 5 выбранном объеме кислотного реагента изменяется незначительно в сравнении с эффективностью выщелачивания железа при соотношении отходов к кислотному реагенту 1:3,6 г/мл, что указывает на перерасход кислотного реагента. Таким образом, выбранное соотношение отходов к кислотному реагенту – 1:3,6 г/мл – является минимально возможным и эффективным.

10 Пример 15. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл серной кислоты 40%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 240 минут. Эффективность выщелачивания железа – 34,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию. Полученная суспензия подвергается процессу фильтрования фильтром синяя лента с размером пор 2 мкм. Твердую фазу направляют 15 на утилизацию. Жидкую фазу, являющуюся коагулянтом, перекачивают в другую емкость, где проводят оценку эффективности выщелачивания железа для расчета дозировки коагулянта. Далее проводят подбор оптимального pH для наиболее эффективной очистки коагулянтом модельного раствора цветности (таблица 1). После чего определяют наименьшую эффективную дозу внесения коагулянта по оксиду железа.

20 По результатам проверки коагулянт показал наивысшую эффективность при pH=6-7, минимальная эффективная доза внесенного оксида железа в модельный раствор цветности составляет 667 мг/л.

Таблица 1 – влияние pH на процесс коагуляции, для коагулянта с железом (III) сульфатом в качестве активного вещества

№ п/п	Цветность раствора исходная	Abs, до очистки	pH	Abs, после коагулирования	Цветность раствора после очистки
1	50	0,071	1	0,024	17
2	50	0,071	2	0,024	17
3	50	0,071	3	0,025	17
4	50	0,071	4	0,013	9
5	50	0,071	5	0,010	7
6	50	0,071	6	0,009	6
7	50	0,071	7	0,008	6
8	50	0,071	8	0,061	43
9	50	0,071	9	0,066	46
10	50	0,071	10	0,075	53
11	50	0,071	11	0,089	63
12	50	0,071	12	0,093	65

30 В ходе эксперимента выявлено, что с наибольшей эффективностью коагулянт проявил себя при pH=6-7, при этом свою работоспособность продемонстрировал в широком диапазоне pH от 1 до 9.

40 Пример 16. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 10%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа - 1,4% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта 45 нецелесообразно.

Пример 17. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа - 24% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания

железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

Пример 18. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 30%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа - 50% (таблица 3). Дальнейшее исследование эффективности коагулянта нецелесообразно, в силу высокой токсичности соляной кислоты данной концентрации.

Пример 19. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 15%-ной концентрации при температуре 20° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 11,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

Пример 20. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 15%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 60 минут. Эффективность выщелачивания железа – 24,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

Пример 21. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 15%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 27,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

Пример 22. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 15%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 60 минут. Эффективность выщелачивания железа – 31,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

Пример 23. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 15%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 34,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

Пример 24. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 60 минут. Эффективность выщелачивания железа - 30% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

Пример 25. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 50° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа - 32% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

Пример 26. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа - 42% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию.

Пример 27. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 20%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 60 минут. Эффективность выщелачивания железа - 38% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа удовлетворяет принятому условию. Полученная суспензия фильтруется при помощи мембранныго фильтра «синяя лента» с размером пор 2 мкм. Твердую фазу направляют на утилизацию. Жидкую фазу, являющуюся коагулянтом, переливают в другую емкость, где проводят оценку эффективности выщелачивания железа для расчета

дозировки коагулянта. Далее проводят подбор оптимального pH для наиболее эффективной очистки коагулянтом модельного раствора цветности (таблица 2). После чего определяют наименьшую эффективную дозу внесения коагулянта по оксиду железа. По результатам проверки коагулянт показал наивысшую эффективность при pH=1-3, 5 минимальная эффективная доза внесенного оксида железа в модельный раствор цветности составляет 82,5 мг/л.

Таблица 2 – влияние pH на процесс коагуляции, для коагулянта с железом (III) хлоридом в качестве активного вещества

№ п/п	Цветность раствора исходная	Abs, до очистки	pH	Abs, после коагулирования	Цветность раствора после очистки
1	50	0,070	1	0,012	9
2	50	0,070	2	0,012	9
3	50	0,070	3	0,008	6
4	50	0,070	4	0,013	10
5	50	0,070	5	0,027	19
6	50	0,070	6	0,026	19
7	50	0,070	7	0,024	17
8	50	0,070	8	0,031	22
9	50	0,070	9	0,079	56
10	50	0,070	10	0,079	56
11	50	0,070	11	0,081	58
12	50	0,070	12	0,085	60

Пример 28. Пиритные огарки в количестве 5 г обрабатывают 18 мл соляной кислоты 10%-ной концентрации при температуре 75° С в течение 120 минут. Эффективность выщелачивания железа – 21,0% (таблица 3). Получаемая эффективность выщелачивания железа не удовлетворяет принятому условию. Дальнейшее исследование коагулянта нецелесообразно.

По результатам проведенных экспериментов, показанных на фиг. 1 и фиг. 2, можно сделать вывод о том, что эффективными дозами коагулянтов для модельного раствора цветности является, по оксиду железа: для коагулянта с активным веществом железа (III) сульфат – 667 мг/л, железа (III) хлорид – 82,5 мг/л.

Таблица 3 – результаты проведенных экспериментов

№ п/п	Концентрация серной кислоты, %	Соотношение т:ж, г/мл	Температура, °С	Время, мин	Эффективность выщелачивания железа Fe, %
Для серной кислоты					
1	20	1:3,6	20	120	1,4
2	30	1:3,6	20	120	1,8
3	40	1:3,6	20	120	3,1
4	50	1:3,6	20	120	3,1
5	20	1:3,6	75	240	14,0
6	30	1:3,6	50	120	13,0
7	30	1:3,6	75	120	22,0
8	30	1:3,6	75	240	27,0
9	40	1:3,6	50	120	23,0
10	40	1:3,6	75	120	25,0
11	40	1:3,6	50	240	26,0
12	40	1:3	50	-	-
13	40	1:4	50	240	26,3
14	40	1:4,5	50	240	26,2
15	40	1:3,6	75	240	34,0
Для соляной кислоты					
16	10	1:3,6	20	120	1,4

17	20	1:3,6	20	120	24,0
18	30	1:3,6	20	120	50,0
19	15	1:3,6	20	120	11,0
20	15	1:3,6	50	60	26,0
21	15	1:3,6	50	120	27,0
22	15	1:3,6	75	60	31,0
23	15	1:3,6	75	120	34,0
24	20	1:3,6	50	60	30,0
25	20	1:3,6	50	120	32,0
26	20	1:3,6	75	120	42,0
27	20	1:3,6	75	60	38,0
28	10	1:3,6	75	120	21,0

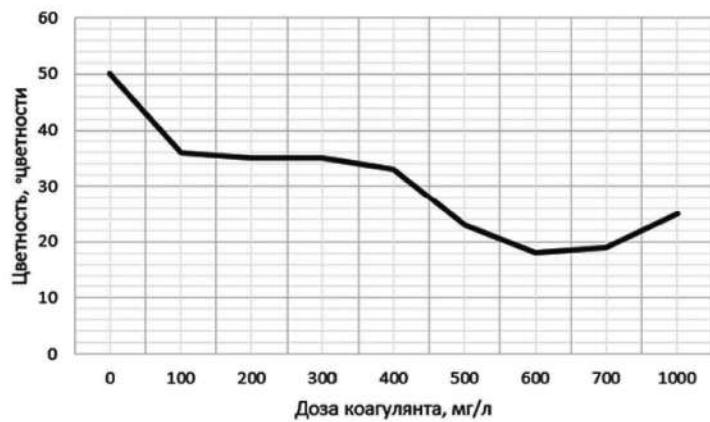
Наибольшая эффективность выщелачивания железа из отходов сернокислотного производства была достигнута при концентрации серной кислоты от 30 до 40%, соляной кислоты от 15 до 20%; при температуре проведения реакции от 50° до 75° С и времени протекания реакции для коагулянта, получаемого при помощи серной кислоты, не менее 240 мин, для коагулянта, получаемого при помощи соляной кислоты – не менее 60 минут, при скорости перемешивания не менее 300 об/мин и составила: для коагулянта, полученного с помощью серной кислоты – 34%, соляной – 42,0%.

Повышение эффективности очистки сточных вод и утилизация отхода сернокислотного производства выполняется за счет получения коагулянта для водоочистки путем обработки отходов сернокислотного производства – пиритных огарков – растворами серной кислоты от 30% до 40% или соляной кислоты – от 15 до 20%.

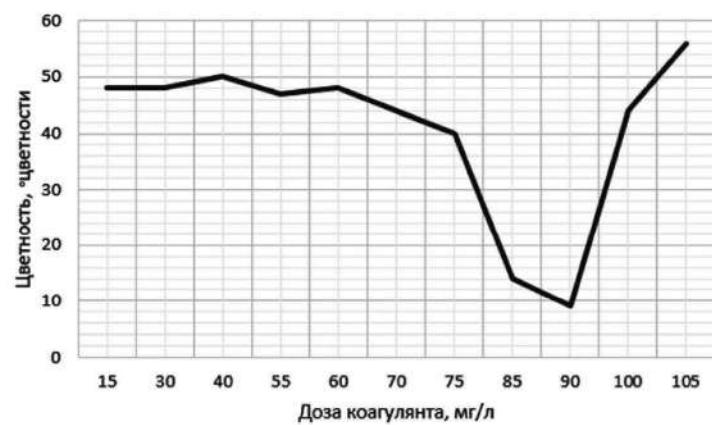
#### (57) Формула изобретения

Способ получения железосодержащего коагулянта из пиритных огарков, включающий обработку твердого соединения, содержащего оксиды железа, раствором кислоты с последующей проверкой работоспособности получаемого коагулянта при помощи модельного раствора и определением минимальной эффективной дозы коагулянта, необходимой для снижения цветности воды с 50 до 20 градусов цветности, характеризующийся тем, что в качестве твердого соединения используют отходы сернокислотного производства - пиритные огарки, которые помещают в реактор с мешалкой и обрабатывают раствором серной кислоты с концентрацией от 30 до 40% или раствором соляной кислоты с концентрацией от 15 до 20%, при этом соотношение отходов сернокислотного производства к кислотному реагенту составляет 1:3,6 г/мл, полученную суспензию перемешивают при температуре от 50 до 75°С, скорости вращения не менее 300 об/мин, при этом время перемешивания при использовании серной кислоты не менее 240 мин, при использовании соляной кислоты не менее 60 мин.

1

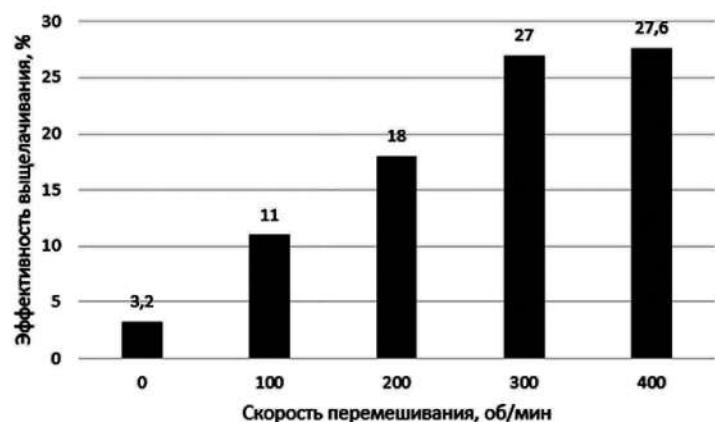


Фиг. 1



Фиг. 2

2



Фиг. 3