

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2853370

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО СОРБЕНТА

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), Смирнов Юрий Дмитриевич (RU), Яковлев Николай Михайлович (RU)*

Заявка № 2025116626

Приоритет изобретения 17 июня 2025 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 23 декабря 2025 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 17 июня 2045 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





(51) МПК
B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01)
C02F 1/62 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B01J 20/20 (2025.08); *B01J 20/3028* (2025.08); *B01J 20/3078* (2025.08); *C02F 1/286* (2025.08); *C02F 1/62* (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025116626, 17.06.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.06.2025

Дата регистрации:
23.12.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.06.2025

(45) Опубликовано: 23.12.2025 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Матвеева Вера Анатольевна (RU),
 Чукаева Мария Алексеевна (RU),
 Смирнов Юрий Дмитриевич (RU),
 Яковлев Николай Михайлович (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 2523476 C1, 20.07.2014. RU
 2131296 C1, 10.06.1999. RU 2465958 C1,
 10.11.2012. RU 2805732 C1, 23.10.2023. EA
 200901650 A1, 29.04.2011. GB 2200351 A,
 03.08.1988.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО СОРБЕНТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к технологии получения органоминеральных сорбентов, которые могут быть использованы для очистки водных растворов и сточных вод от тяжёлых металлов. Для получения гранулированного сорбента сапропель измельчают в шаровой мельнице до фракции частиц диаметром не более 0,1 мм. Измельчённый сапропель направляют в диспергатор, где его смешивают со связующим, в качестве которого используют жидкое натриевое стекло. Массовое соотношение

жидкого стекла и измельчённого сапропеля составляет от 3/5 до 3,5/5. Смешивание осуществляют при подаче воды до получения пластичной пасты, которую помещают в тарельчатый гранулятор. Получают сферические гранулы диаметром от 1 до 5 мм. Обжиг гранул проводят в воздушной среде при температуре от 400 до 450°C в течение от 45 мин до 1 ч. Изобретение позволяет снизить дисперсность сорбента. 3 табл., 14 пр.

RU 2 853 370 C1

RU 2 853 370 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01)
C02F 1/62 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B01J 20/20 (2025.08); *B01J 20/3028* (2025.08); *B01J 20/3078* (2025.08); *C02F 1/286* (2025.08); *C02F 1/62* (2025.08)

(21)(22) Application: **2025116626, 17.06.2025**

(24) Effective date for property rights:
17.06.2025

Registration date:
23.12.2025

Priority:

(22) Date of filing: **17.06.2025**

(45) Date of publication: **23.12.2025** Bull. № 36

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Matveeva Vera Anatolevna (RU),
Chukaeva Mariia Alekseevna (RU),
Smirnov Iurii Dmitrievich (RU),
Iakovlev Nikolai Mikhailovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR PRODUCING GRANULAR SORBENT**

(57) Abstract:

FIELD: chemical industry.

SUBSTANCE: invention relates to the technology for producing organomineral sorbents, which can be used for purifying aqueous solutions and wastewater from heavy metals. To obtain a granular sorbent, sapropel is ground in a ball mill to a particle fraction with a diameter of not more than 0.1 mm. The ground sapropel is directed to a disperser, where it is mixed with a binder, which is liquid sodium glass. The mass

ratio of liquid glass to ground sapropel ranges from 3/5 to 3.5/5. Mixing is carried out with the supply of water until a plastic paste is obtained, which is placed in a pan granulator. Spherical granules with a diameter from 1 to 5 mm are obtained. Firing of the granules is carried out in an air atmosphere at a temperature from 400 to 450°C for a period from 45 minutes to 1 hour.

EFFECT: reducing the dispersity of the sorbent.
1 cl, 3 tbl, 14 ex

RU 2 853 370 C1

RU 2 853 370 C1

Изобретение относится к технологии получения органоминеральных сорбентов, которые могут быть использованы для очистки водных растворов и сточных вод от тяжёлых металлов.

Известен способ получения пористого углеродного материала из природного органического сырья (патент РФ № 2264253, опубл. 20.11.2005), включающий карбонизацию сырья в неокислительной среде и активацию кислородсодержащими агентами при температуре 750-900°C, в качестве сырья используют сапрпель с содержанием органического вещества 55-98 мас.%, перед карбонизацией его охлаждают до 0÷(-50)°C, карбонизацию ведут при 300-700°C до получения суммарного объема пор 0,3-2,5 см³/г, среднего радиуса макропор 100-5000 нм при следующей функции распределения пор по размерам: поры радиусом более 100 нм 60-80%, радиусом 2-100 нм - 15-30% и радиусом менее 2 нм - 1-10% от общего объема пор, карбонизованный продукт активируют до получения материала с распределением пор по размерам: поры радиусом более 100 нм - 50-75%, радиусом 2-100 нм 20-40% и радиусом менее 2 нм - 1-15% от общего объема пор.

Недостатком данного способа является получение материала с низким содержанием микропор, в связи с чем материал без дополнительной обработки будет обладать низкой сорбционной ёмкостью. Другим недостатком данного способа является сложность технологии, связанная с необходимостью проведения многоступенчатых процессов термообработки. Также, недостатком данного способа является процесс карбонизации сырья в неокислительной среде, что значительно усложняет технологию, поскольку при её реализации требуется использование конструктивно сложных герметичных аппаратов для термообработки.

Известен способ получения сорбента (патент РФ № 2362619, опубл. 27.07.2009), включающий измельчение торфа, природного алюмосиликата и каменного угля, их перемешивание, термообработку при 750-800°C, отмывку щелочным раствором, сушку. Измельчение торфа осуществляют до размера частиц 1,0-3,0 мм, а алюмосиликата и каменного угля до размера частиц 0,1-0,3 мм, на перемешивание подают 70-80 мас.% торфа, 5-10 мас.% алюмосиликата, 15-20 мас.% каменного угля, термообработку осуществляют путем карбонизации в течение 15 мин без доступа воздуха с последующей активацией в кипящем слое в течение 15-30 мин в токе смеси углекислого газа с водяным паром или в течение 3-5 мин кислородом воздуха.

Недостатком данного способа является многоступенчатая отмывка щелочными растворами, в ходе которой образуются большие объёмы сточных вод, требующих очистки. Также, недостатком данного способа является процесс карбонизации сырья без доступа воздуха, что значительно усложняет технологию, поскольку при её реализации требуется использование конструктивно сложных герметичных аппаратов для термообработки.

Известны сорбент углерод-минеральный и способ его получения (патент РФ № 2414961, опубл. 27.03.2011). Сорбент, полученный из сапрпеля, имеет суммарный объем пор 0,3-2,5 см³/г, содержит 20-60 мас.% углерода и 40-80 мас.% минеральной компоненты, содержащей 35-68 мас.% SiO₂, средний радиус пор составляет 100-500 нм, причем доля пор с радиусом 100-500 нм достигает 50-70% от общего объема пор. Способ получения сорбента включает термообработку в течение 1-2 часов органоминерального или кремнеземистого сапрпеля с соотношением SiO₂/CaO>2 в неокислительной среде при температуре 300-700°C.

Недостатком данного способа является получение тонкодисперсного сорбента,

частицы которого будут вымываться при очистке сточных вод, что повлечёт их вторичное загрязнение. Также, недостатком данного способа является процесс карбонизации сырья в неокислительной среде, что значительно усложняет технологию.

Известен способ получения гуминового сорбента из сапропеля для очистки сточных вод (патент РФ № 2625576, опубл. 17.07.2017), включающий последовательную модификацию силикатсодержащей подложки полигексаметиленгуанидином, а затем раствором гуминовых кислот. Навеску сапропеля обрабатывают щелочью с концентрацией 3,5% в течение 2 часов при температуре 50°C и перемешивании, затем полученный раствор отделяют от нерастворившейся силикатсодержащей части, просушивают силикатсодержащую часть сапропеля при температуре 70÷80°C, а полученный фильтрат обрабатывают 20%-ной соляной кислотой при pH 1÷2, после этого декантированием отделяют образовавшийся осадок гуминовых кислот, промывают его водой и сушат при температуре 70÷80°C, отфильтрованную и высушенную силикатсодержащую часть обрабатывают 3%-ным раствором HCl до pH 1÷2, через 10 минут декантируют, промывают водой до pH 6÷7 и сушат при температуре 70÷80°C, после этого силикатсодержащую часть выдерживают при температуре 300÷350°C на воздухе в течение 30 минут, полученную силикатсодержащую подложку обрабатывают раствором полигексаметиленгуанидина, промывают водой, затем обрабатывают раствором, полученным путем растворения щелочью высушенных ранее гуминовых кислот при pH 8÷9, промывают водой и сушат при температуре 70÷80°C.

Недостатком данного способа является необходимость использования растворов щелочей и кислот, а также промывки силикатсодержащей части и осадка гуминовых кислот, что является причиной образования больших объёмов сточных вод, требующих очистки.

Известен способ получения углеродминерального сорбента из сапропеля для очистки воды от многокомпонентных загрязнений (патент РФ № 2523476, опубл. 20.07.2014), принятый за прототип, включающий обжиг сапропеля с содержанием минеральной составляющей 54-85% масс., причем обжиг производят при температуре 300-350°C в воздушной среде.

Недостатком данного способа является получение мелкодисперсного сорбента, частицы которого могут вымываться водой и увеличивать её мутность, что требует внедрения стадии осветления воды.

Техническим результатом является снижение дисперсности сорбента.

Технический результат достигается тем, что сапропель измельчают в шаровой мельнице до фракции частиц диаметром не более 0,1 мм, затем измельчённый сапропель поступает в диспергатор, где его смешивают со связующим, в качестве которого используют жидкое стекло натриевого, при этом массовое соотношение жидкого стекла натриевого и измельчённого сапропеля составляет от 3/5 до 3,5/5, смешивание осуществляют при подаче воды до получения пластичной пасты, которую помещают в тарельчатый гранулятор, с получением сферических гранул диаметром от 1 до 5 мм, обжиг которых проводят при температуре от 400 до 450°C в течение от 45 мин до 1 ч.

Способ осуществляется следующим образом. Сапропель измельчают в шаровой мельнице до фракции частиц диаметром не более 0,1 мм, поскольку частицы диаметром более 0,1 мм не склеиваются в прочные гранулы. Измельчённый сапропель поступает в диспергатор, где его смешивают со связующим, в качестве которого используют жидкое стекло натриевого. Массовое соотношение жидкого стекла натриевого и измельчённого сапропеля составляет от 3/5 до 3,5/5. Перемешивание измельчённого сапропеля с жидким стеклом натриевым осуществляется в диспергаторе при подаче

воды до получения пластичной пасты. Затем пластичную пасту помещают в тарельчатый гранулятор, где гранулируют до получения сферических гранул диаметром от 1 до 5 мм. Далее гранулы высушивают до воздушно-сухого состояния, а затем помещают в керамические тигли, после чего обжигают в муфельной печи с воздушной средой при температуре от 400 до 450°C в течение временного интервала от 45 мин до 1 ч. После обжига гранулы в тиглях извлекают из муфельной печи и остужают на открытом воздухе.

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. Навеска неизмельчённого сапропеля массой 5 г помещается в стеклянный стакан объёмом 150 см³. К навеске неизмельчённого сапропеля добавляется 0,5 г жидкого стекла натриевого. Неизмельчённый сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения пластичной пасты. Комки пластичной пасты разрушаются при окатывании, из-за чего невозможно получить гранулы. Дальнейшее исследование смеси нецелесообразно.

Пример 2. Навеска неизмельчённого сапропеля массой 5 г просеивается через сито с диаметром ячеек 0,1 мм. Неизмельчённый сапропель, непрошедший через сито, измельчается в шаровой мельнице до крупности частиц менее 0,1 мм. Измельчённый сапропель смешивается с сапропелем, прошедшим через сито, после чего помещается в стеклянный стакан. К сапропелю добавляется 2,5 г жидкого стекла натриевого. Сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения пластичной пасты. Комки пластичной пасты окатываются до получения сферических гранул. Сферические гранулы высушиваются на открытом воздухе до воздушно-сухого состояния. 5-10 воздушно-сухих гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Дистиллированная вода приобретает жёлтую окраску, а значит происходит её вторичное загрязнение (таблица 1). Дальнейшее исследование смеси нецелесообразно.

Таблица 1 - Влияние температуры обжига гранул на окраску дистиллированной воды

№ примера	температура обжига гранул	Окраска дистиллированной воды
2	без обжига	присутствует
3	300°C	присутствует
4	400°C	отсутствует
5	450°C	отсутствует

Пример 3. Воздушно-сухие гранулы по примеру 2 засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 300°C в течение 45 минут. Затем гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Дистиллированная вода приобретает оранжевую окраску, а значит происходит её вторичное загрязнение (таблица 1). Дальнейшее исследование смеси нецелесообразно.

Пример 4. Воздушно-сухие гранулы по примеру 2 засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 400°C в течение 45 минут. Затем гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Дистиллированная вода не приобретает окраску

(таблица 1). Температура обжига гранул 400°C удовлетворяет принятому условию.

Пример 5. Воздушно-сухие гранулы по примеру 2 засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 450°C в течение 45 минут. Затем гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и
5 остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Дистиллированная вода не приобретает окраску (таблица 1). Температура обжига гранул 450°C удовлетворяет принятому условию, в
10 связи с чем дальнейшее увеличение температуры обжига гранул нецелесообразно.

Пример 6. Навеска сапропеля массой 5 г, измельчённого по примеру 2, помещается в стеклянный стакан. К сапропелю добавляется 2,5 г жидкого стекла натриевого. Сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения
15 пластичной пасты. Комки пластичной пасты окатываются до получения сферических гранул. Сферические гранулы высушиваются на открытом воздухе до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие гранулы засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 400°C в течение 30 минут. Затем
20 гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где
25 выдерживаются в течение суток. Дистиллированная вода приобретает жёлтую окраску, а значит происходит её вторичное загрязнение. Времени обжига 30 минут недостаточно для полного разрушения органических веществ, загрязняющих дистиллированную
30 воду. Дальнейшее исследование гранул нецелесообразно.

Пример 7. Навеска сапропеля массой 5 г, измельчённого по примеру 2, помещается в стеклянный стакан. К сапропелю добавляется 2,5 г жидкого стекла натриевого. Сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения
35 пластичной пасты. Комки пластичной пасты окатываются до получения сферических гранул. Сферические гранулы высушиваются на открытом воздухе до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие гранулы засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 400°C в течение 60 минут. Затем
40 гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где
45 выдерживаются в течение суток. Дистиллированная вода не приобретает окраску. Времени обжига 60 минут достаточно для полного разрушения органических веществ, загрязняющих дистиллированную воду, в связи с чем дальнейшее увеличение времени обжига гранул нецелесообразно.

Пример 8. Обожжённые гранулы по примеру 4 в стакане с дистиллированной водой
40 подвергаются надавливанию металлическим шпателем, что приводит к их частичному разрушению (таблица 2). Дальнейшее исследование гранул нецелесообразно.

Таблица 2 - Влияние содержания жидкого стекла натриевого в смеси на прочность гранул

№ примера	Жидкое стекло натриевое / сапропель	Разрушаемость гранул
8	2,5/5	частично разрушаются
9	3/5	не разрушаются
10	3,5/5	не разрушаются
11	4/5	не разрушаются

Пример 9. Навеска сапропеля массой 5 г, измельчённого по примеру 2, помещается в стеклянный стакан. К сапропелю добавляется 3 г жидкого стекла натриевого. Сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения пластичной пасты. Комки пластичной пасты окатываются до получения сферических гранул. Сферические гранулы высушиваются на открытом воздухе до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие гранулы засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 400°C в течение 45 минут. Затем гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Далее гранулы в стакане с дистиллированной водой подвергаются надавливанию металлическим шпателем, что не приводит к их разрушению (таблица 2). Прочность гранул удовлетворяет принятому условию.

Пример 10. Навеска сапропеля массой 5 г, измельчённого по примеру 2, помещается в стеклянный стакан. К сапропелю добавляется 3,5 г жидкого стекла натриевого. Сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения пластичной пасты. Комки пластичной пасты окатываются до получения сферических гранул. Сферические гранулы высушиваются на открытом воздухе до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие гранулы засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 400°C в течение 45 минут. Затем гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Далее гранулы в стакане с дистиллированной водой подвергаются надавливанию металлическим шпателем, что не приводит к их разрушению (таблица 2). Прочность гранул удовлетворяет принятому условию.

Пример 11. Навеска сапропеля массой 5 г, измельчённого по примеру 2, помещается в стеклянный стакан. К сапропелю добавляется 4 г жидкого стекла натриевого. Сапропель перемешивается с жидким стеклом натриевым при подаче воды до получения пластичной пасты. Комки пластичной пасты окатываются до получения сферических гранул. Сферические гранулы высушиваются на открытом воздухе до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие гранулы засыпаются в керамический тигель и помещаются в муфельную печь, где обжигаются при температуре 400°C в течение 45 минут. Затем гранулы в керамическом тигле вынимаются из муфельной печи и остужаются на открытом воздухе до температуры окружающей среды. 5-10 обожжённых гранул помещаются в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с дистиллированной водой, где выдерживаются в течение суток. Далее гранулы в стакане с дистиллированной водой подвергаются надавливанию металлическим шпателем, что не приводит к их разрушению (таблица 2). Прочность гранул удовлетворяет принятому условию.

Пример 12. Для определения эффективности сорбции тяжёлых металлов готовится модельный раствор, содержащий ионы меди, железа и цинка. Для этого в мерный цилиндр объёмом 50 см³ при помощи дозатора помещается 0,25 см³ рабочего раствора с концентрацией ионов меди 100 мг/дм³, 3 см³ рабочего раствора с концентрацией ионов железа 100 мг/дм³ и 3 см³ рабочего раствора с концентрацией ионов цинка 100 мг/дм³. Затем в мерный цилиндр объёмом 50 см³ с рабочими растворами ионов меди, железа и цинка при помощи диспенсера добавляется дистиллированная вода до отметки 50

см³, после чего модельный раствор переливается в стеклянный стакан объёмом 150 см³. Затем из стеклянного стакана при помощи дозатора отбирается проба модельного раствора объёмом 10 см³ и помещается в пластиковую пробирку с крышкой объёмом 15 см³. Далее проба модельного раствора анализируется на содержание ионов меди, железа и цинка методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой при помощи спектрометра эмиссионного «ICPE-9000». Результаты анализа представлены в таблице 3. Далее из керамического тигля отбирается навеска обожжённых гранул, изготовленных по примеру 9, массой 1,00 г. Взвешивание навески обожжённых гранул осуществляется на весах с точностью до 0,001 г. Далее навеска обожжённых гранул помещается в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с модельным раствором. Далее модельный раствор с обожжёнными гранулами перемешивается на магнитной мешалке в течение 1 часа при скорости перемешивания 400 об/мин. Далее модельный раствор фильтруется при помощи фильтровальной бумаги «Синяя лента», затем при помощи дозатора отбирается проба фильтрата объёмом 10 см³ и помещается в пластиковую пробирку с крышкой. Далее проба фильтрата анализируется на содержание ионов меди, железа и цинка методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой при помощи спектрометра эмиссионного «ICPE-9000». Результаты анализа представлены в таблице 3. Далее определяется эффективность очистки модельного раствора по формуле:

$$\mathcal{E} = 100 - \frac{(C_{\text{исх}} - C_{\text{оч}})}{C_{\text{исх}}} \cdot 100, \%$$

где $C_{\text{исх}}$ - концентрация металла в пробе модельного раствора, мг/дм³;

$C_{\text{оч}}$ - концентрация металла в пробе фильтрата, мг/дм³.

Далее представлен пример расчёта эффективности очистки модельного раствора от ионов железа по данным таблицы 3:

$$\mathcal{E} = 100 - \frac{(9,48 - 0,532)}{9,48} \cdot 100 = 94,39 \%$$

Аналогичным образом была рассчитана эффективность очистки модельного раствора от ионов меди и цинка. Результаты расчёта представлены в таблице 3. Гранулы обладают эффективностью очистки более 80%, что является удовлетворительным результатом для их использования в очистке воды от ионов металлов.

Таблица 3 - Влияние содержания жидкого стекла натриевого в смеси на эффективность очистки модельного раствора от ионов металлов

№ примера	Жидкое стекло натриево / сапропель	Ион металла	$C_{\text{исх}}$ мг/дм ³	$C_{\text{оч}}$ мг/дм ³	\mathcal{E} , %
12	3/5	Медь	0,501	0,0158	96,85
		Железо	9,48	0,532	94,39
		Цинк	7,08	0,11	98,45
13	3,5/5	Медь	0,491	0,0295	93,99
		Железо	6,02	0,635	89,45
		Цинк	5,89	0,111	98,12
14	4/5	Медь	0,501	0,318	6,53
		Железо	9,48	2,45	74,16
		Цинк	7,08	5,21	26,41

Пример 13. Изготавливается модельный раствор по примеру 12. Далее отбирается

и анализируется проба модельного раствора по примеру 12. Результаты анализа представлены в таблице 3. Далее из керамического тигля отбирается навеска обожжённых гранул, изготовленных по примеру 10, массой 1,00 г. Взвешивание навески обожжённых гранул осуществляется на весах с точностью до 0,001 г. Далее навеска обожжённых

5 гранул помещается в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с модельным раствором. Далее модельный раствор с обожжёнными гранулами перемешивается на магнитной мешалке в течение 1 часа при скорости перемешивания 400 об/мин. Далее модельный раствор фильтруется при помощи фильтровальной бумаги «Синяя лента», затем при
10 помощи дозатора отбирается проба фильтрата объёмом 10 см³ и помещается в пластиковую пробирку с крышкой. Далее проба фильтрата анализируется на содержание ионов меди, железа и цинка методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой при помощи спектрометра эмиссионного «ICPE-9000». Результаты анализа представлены в таблице 3. Далее определяется эффективность очистки
15 модельного раствора по примеру 12 (таблица 3). Гранулы обладают эффективностью очистки более 80%, что является удовлетворительным результатом для их использования в очистке воды от ионов металлов.

Пример 14. Изготавливается модельный раствор по примеру 12. Далее отбирается и анализируется проба модельного раствора по примеру 12. Результаты анализа
20 представлены в таблице 3. Далее из керамического тигля отбирается навеска обожжённых гранул, изготовленных по примеру 11, массой 1,00 г. Взвешивание навески обожжённых гранул осуществляется на весах с точностью до 0,001 г. Далее навеска обожжённых гранул помещается в стеклянный стакан объёмом 150 см³ с модельным
25 раствором. Далее модельный раствор с обожжёнными гранулами перемешивается на магнитной мешалке в течение 1 часа при скорости перемешивания 400 об/мин. Далее модельный раствор фильтруется при помощи фильтровальной бумаги «Синяя лента»,
затем при помощи дозатора отбирается проба фильтрата объёмом 10 см³ и помещается
30 в пластиковую пробирку с крышкой. Далее проба фильтрата анализируется на содержание ионов меди, железа и цинка методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой при помощи спектрометра эмиссионного «ICPE-9000». Результаты анализа представлены в таблице 3. Далее определяется эффективность
очистки модельного раствора по примеру 12 (таблица 3). Гранулы обладают
35 эффективностью очистки менее 80%, что является неудовлетворительным результатом для их использования в очистке воды от ионов металлов. Дальнейшее исследование гранул нецелесообразно.

Способ позволяет снизить дисперсность сорбента за счёт его гранулирования.

(57) Формула изобретения

Способ получения гранулированного сорбента, включающий обжиг в воздушной
40 среде, отличающийся тем, что сапрпель измельчают в шаровой мельнице до фракции частиц диаметром не более 0,1 мм, затем измельчённый сапрпель поступает в диспергатор, где его смешивают со связующим, в качестве которого используют жидкое
стекло натриевого, при этом массовое соотношение жидкого стекла натриевого и
измельчённого сапрпеля составляет от 3/5 до 3,5/5, смешивание осуществляют при
45 подаче воды до получения пластичной пасты, которую помещают в тарельчатый гранулятор, с получением сферических гранул диаметром от 1 до 5 мм, обжиг которых проводят при температуре от 400 до 450°C в течение от 45 мин до 1 ч.