



(51) МПК  
*B01J 20/12* (2006.01)  
*B01J 20/24* (2006.01)  
*B01J 20/30* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015113294/05, 10.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 10.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.04.2015

(45) Опубликовано: 10.09.2016 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2459660 C2 27.08.2012. RU 2259875 C2 10.09.2005. KZ 26708 A4 27.08.2013. RU 2233199 C2 27.07.2004. RU 2151638 C1 27.06.2000. RU 2411080 C1 10.02.2011. RU 2493907 C1 27.09.2013. RU 2395336 C1 27.07.2010. RU 2259874 C2 10.09.2005. **ВЕЗЕНЦЕВ А.И.** и др. "Композиционный сорбент на основе минерального и растительного сырья", *Материалы Всероссийской* (см. прод.)

Адрес для переписки:

308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ "БелГУ" Токтарева Т.М.

(72) Автор(ы):

**Буханов Владимир Дмитриевич** (RU),  
**Везенцев Александр Иванович** (RU),  
**Соколовский Павел Викторович** (RU),  
**Мухин Виктор Михайлович** (RU),  
**Гурьянов Василий Васильевич** (RU),  
**Милютин Виталий Витальевич** (RU),  
**Нгуен Хоай Тьяу** (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет" (НИУ "БелГУ")** (RU)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области получения композиционных пористых углеродсодержащих сорбентов. В качестве исходных компонентов используют увлажненную монтмориллонитсодержащую глину и растительную углеродсодержащую основу в виде продуктов шелушения зерновых и технических сельскохозяйственных культур. Осуществляют смешение минеральной и растительной составляющих в массовом соотношении по

сухому веществу 1:(1-2,5). Затем осуществляют термообработку при 450-700°C и активацию водяным паром при 750-850°C. Изобретение позволяет получить композиционный сорбент с большими объемами микропор и мезопор, что обеспечивает возможность его использования при очистке воды и почвы от ионов тяжелых металлов, радионуклидов и органических красителей. 9 пр.

(56) (продолжение):

конференции с участием иностранных учёных, "Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности", 14-18 апреля 2014, Москва-Клязьма, 2014, с. 82.

RU 2 597 400 C1

RU 2 597 400 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 597 400** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

*B01J 20/12* (2006.01)

*B01J 20/24* (2006.01)

*B01J 20/30* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2015113294/05, 10.04.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**10.04.2015**

Priority:

(22) Date of filing: **10.04.2015**

(45) Date of publication: **10.09.2016** Bull. № 25

Mail address:

**308015, Belgorodskaja obl., g. Belgorod, ul. Pobedy,  
85, NIU "BelGU" Toktareva T.M.**

(72) Inventor(s):

**Bukhanov Vladimir Dmitrievich (RU),  
Vezentsev Aleksandr Ivanovich (RU),  
Sokolovskij Pavel Viktorovich (RU),  
Mukhin Viktor Mikhajlovich (RU),  
Guryanov Vasilij Vasilevich (RU),  
Milyutin Vitalij Vitalevich (RU),  
Nguen KHoaj Tyau (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Belgorodskij gosudarstvennyj  
natsionalnyj issledovatel'skij universitet" (NIU  
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD OF PRODUCING COMPOSITE SORBENT BASED ON MINERAL AND VEGETABLE CARBON-CONTAINING MATERIAL**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to production of composite porous carbonaceous sorbents. As initial components are represented by moistened montmorillonite containing clay and vegetal carbon-containing base in form of grain hulling products and technical crops. One performs mixing mineral and vegetable components in weight ratio of dry substance

1:(1-2.5). Then heat treatment is performed at 450-700 °C and activation by water vapour at 750-850 °C.

EFFECT: invention enables to obtain composite sorbent with large volumes of micro pores and meso pores, which enables its use in treatment of water and soil from radionuclides and heavy metal ions, organic dyes.

1 cl, 9 ex

R U 2 5 9 7 4 0 0 C 1

R U 2 5 9 7 4 0 0 C 1

Изобретение относится к области производства сорбентов из минерального и растительного углеродсодержащего сырья и может быть использовано в области охраны окружающей среды.

В рамках данной заявки к минеральному сырью относятся  
5 монтмориллонитсодержащие глины, к растительному углеродсодержащему сырью - отходы продуктов шелушения зерновых и технических сельскохозяйственных культур: лuzга семян подсолнечника, шелуха риса, гречихи, овса, пшеницы, ржи, кофе и другие.

Известен способ получения сорбента пиролизом отходов деревопереработки в среде парогазовых продуктов пиролиза (см. патент РФ №2160632, кл. В01J 20/20, опубл.  
10 20.12.2000 г.).

Недостатком известного технического решения является использование неорганических кислот в технологии получения сорбента, что приводит к усложнению процесса, удорожанию продукта и способствует коррозии дорогостоящего оборудования.

Известен способ получения углеродного адсорбента из лuzги подсолнечной, включающий приготовление суспензии из 62-85 г (6,2-8,5 масс.%) гидроксида кальция, 53-75 г (5,3-7,5 масс.%) карбамида и 840-880 мл (84,0-88,0 масс.%) воды. Приготовленную суспензию смешивают с лuzгой подсолнечника в соотношении, равном 1:(0,06-0,10) масс. ч., нагревание смеси проводят в течение 0,5-1,0 ч при температуре 90-100°C,  
20 промывают водой и сушат при температуре 100-120°C в течение 0,3-0,5 ч в токе азота при его удельном расходе 1,0-2,0 л/ч. Далее нагревают со скоростью 10-15 град/мин до 300-400°C и выдерживают в течение 0,25-0,5 ч (см. патент РФ №2395336, кл. В01J 20/20, опубл. 27.07.2010 г.).

Недостатком данного способа является его сложность осуществления  
25 технологического процесса и использование агрессивной и токсичной фосфорной кислоты.

Известен способ получения сорбента на основе углеродсодержащего сырья, включающий активацию карбонизированных частиц водяным паром при температуре 850-880°C в течение 18-30 минут при содержании кислорода в водяном паре 0,5-1,5% с  
30 последующим охлаждением частиц угля со скоростью 15-20°C/мин и дроблением до размера частиц 0,5-1,5 мм, подбирая такие условия, чтобы выход тонкой пыли находился в пределах 35-40% (см. патент РФ 2291104, кл. С01В 31/08, опубл. 10.01.2007 г.).

Недостатком известного способа является дробление угля до размера частиц 0,5-1,5 мм, причем при этом необходимо подбирать условия, чтобы выход тонкой пыли  
35 находился в пределах 35-40%. Это добавляет дополнительную стадию технологического процесса и тем самым способствует удорожанию конечного продукта.

Известен способ получения сорбента из лuzги подсолнечной, включающий измельчение, промывку и сушку, отличающийся тем, что лuzгу промывают водой до неокрашенной промывной воды, высушивают сначала при температуре 60-65°C, затем  
40 при 100-105°C и измельчают до размеров частиц 0,5-3 мм (см. патент РФ №2252819, кл. В01J 20/24, В01J 20/30, опубл. 27.05.2005 г.).

Недостатком данного способа является большое количество стадий технологического процесса, что оказывает негативное влияние на себестоимость получаемого продукта и низкая сорбционная емкость продукта.

Известен способ получения сорбента из лuzги гречихи, включающий термообработку лuzги гречихи, в присутствии веществ, выбранных из группы: сера, галогениды, йод, в бескислородной среде, продукт термообработки измельчают, гранулируют с добавлением связующего и увлажняющего агентов и подвергают парогазовой активации.

При гранулировании в качестве связующего добавляют фенолформальдегидную смолу или лигносульфонаты, а в качестве увлажняющего агента - водный раствор едкого калия и воду (см. патент РФ №2222377, кл. B01J 20/24, C01B 31/08, опубл. 27.01.2004 г.).

5 Недостатком данного способа является использование бескислородной среды, гранулирования, дополнительных химических веществ: серы, галогенидов, иода, связующих - фенолформальдегидную смолу или лигносульфонаты, увлажняющего агента - водного раствора едкого калия. Все это ведет к существенному удорожанию способа получения сорбента, что негативно сказывается на себестоимости, причем увеличение сорбционных характеристик при этом незначительно.

10 Общим недостатком вышеуказанных аналогов является то, что их использование не позволяет получить композиционные сорбенты из минерального и растительного углеродсодержащего сырья.

Известен способ получения углеродсодержащего сорбента из сапропеля, являющегося природно дисперсным материалом, содержащим в качестве минеральной основы SiO<sub>2</sub> 15 в количестве 20-37 масс. % и углеродсодержащей основы в количестве 63-80 масс. %, который подвергают термообработке в токе аргона при температуре 300-700°C в течение 1-2 ч (см. патент РФ №2414961, кл. B01J 20/20, опубл. 27.03.2011 г.). Сапропель относится к возобновляемым природным ресурсам и является уникальным природным органическим сырьем. Его отложения характерны исключительно для пресноводных 20 водоемов. Химический состав и особенности свойств сапропеля различных месторождений существенно различаются и определяются условиями его формирования, а также разнообразием растительного и животного мира озер, что сужает сырьевую базу для получения углеродсодержащего сорбента. Кроме того, недостатком способа является то, что термообработка осуществляется в атмосфере аргона, что значительно 25 усложняет технологичность процесса получения сорбента и ведет к значительному удорожанию конечного продукта.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и количеству совпадающих признаков является способ получения пористого углеродного материала из природного органического сырья по патенту РФ №2264253 (опубликован 20.11.2005 30 г.), который включает карбонизацию сырья в неокислительной среде и активацию кислородсодержащими агентами при температуре 750-900°C, причем в качестве сырья используют сапропель с содержанием органического вещества 55-98 масс.%, который перед карбонизацией охлаждают до 0-(-50)°C, карбонизацию ведут при 300-700°C до 35 получения суммарного объема пор 0,3-2,5 см<sup>3</sup>/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, затем карбонизованный продукт активируют в диапазоне температур 750-900°C до 40 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. Полученный сорбент преимущественно макропористой структуры, может быть использован как носитель для приготовления большого количества различных катализаторов.

Недостатком способа является то, что для получения углеродсодержащего сорбента 45 необходимо использовать сапропель с конкретным содержанием органического вещества, что сужает сырьевую базу. Кроме того, сложность осуществления способа, обусловленная тем, что перед карбонизацией сырье охлаждают, а на этапах карбонизации и активирования необходимо проведение контроля за распределением пор.

Задача изобретения - разработка способа производства композиционных сорбентов из минерального и растительного углеродсодержащего сырья, устраняющего недостатки прототипа.

Технический результат заключается в создании композиционного сорбента, который эффективно сорбирует как органические, так и неорганические вещества.

Поставленная задача достигается предлагаемым способом, включающим карбонизацию сырья при температуре 450-700°C и затем активацию при температуре 750-850°C, в который внесены следующие новые признаки: в качестве минеральной основы используют увлажненную до состояния высококонцентрированной суспензии монтмориллонитсодержащую глину с содержанием монтмориллонита не менее 20 масс. %, а в качестве растительной углеродсодержащей основы используют отходы продуктов шелушения зерновых и технических сельскохозяйственных культур, например, шелуху или лузгу крупностью 2-5 мм, смешивают минеральную основу с растительной в массовом соотношении по сухому веществу 1:(1-2,5). В результате минералы, входящие в состав глины, осаждаются на поверхности частиц растительных отходов и создают покрытие, которое препятствует проникновению молекул кислорода воздуха, что позволяет вести процесс карбонизации не в вакууме или в среде инертных газов или азота, а в обычной воздушной среде. Активацию после карбонизации проводят водяным паром в течение 2-5 часов.

Отличие предлагаемого способа от известного состоит в том, что в качестве минеральной основы используют увлажненную до состояния высококонцентрированной суспензии монтмориллонитсодержащую глину с содержанием монтмориллонита не менее 20 масс. %, а в качестве растительной углеродсодержащей основы используют отходы продуктов шелушения зерновых и технических сельскохозяйственных культур, например, шелуху или лузгу крупностью 2-5 мм, смешение обоих основ проводят в массовом соотношении (сухие порошки глина, шелуха или лузга) 1:(1-2,5). Карбонизацию осуществляют при температуре 450-700°C, при этом сушка происходит в процессе набора температуры, а после термообработки проводят активацию водяным паром при температуре 750-850°C в течение 2-5 часов.

Из патентной и научно-технической литературы авторам не известен способ получения композиционного сорбента, включающий совокупность указанных признаков, что подтверждает соответствие условию «новизны», а также влияние этих признаков на достижение заявленного технического результата, что соответствует условию «изобретательский уровень».

Достижение технического результата по созданию способа получения композиционного сорбента, который эффективно сорбирует как органические, так и неорганические вещества основывается на том, что извлечение неорганических ионов тяжелых металлов и радионуклидов из воды и водных растворов протекает как по механизму ионного обмена, так и путем физической и химической сорбции этих веществ на сорбенте. Монтмориллонитсодержащая глина обладает высокой эффективностью сорбции неорганических веществ, в то время как органические вещества с отрицательным электрокинетическим потенциалом она сорбирует плохо. Углеродные сорбенты напротив обладают высокой сорбционной способностью по отношению к органическим веществам и низкой сорбционной способностью сорбировать катионы тяжелых и радиоактивных металлов.

Установлено, что при использовании монтмориллонитсодержащей глины с содержанием монтмориллонита менее 20 масс. % образуется недостаточное количество ионообменных групп и снижается эффективность очистки водных растворов от ионов

тяжелых металлов и значение коэффициента распределения  $K_d$  по сорбции радионуклидов. Увеличение содержания монтмориллонита ведет к улучшению сорбционных характеристик. Предварительное увлажнение глины до состояния высококонцентрированной суспензии позволяет получить однородную смесь при смешивании с углеродсодержащей основой. Важность измельчения растительной углеродсодержащей основы, а именно отходов продуктов шелушения зерновых и технических сельскохозяйственных культур, шелухи или лузги, до крупности 2-5 мм обусловлена тем, что при размере частиц менее 2 мм происходит ее активное выгорание на стадии карбонизации без развития пористости, в то время как при крупности более 5 мм резко ухудшается процесс смешения, что приводит к расслаиванию сырьевой смеси перед карбонизацией. Для шелухи или лузги с исходным размером 3-4 мм, как, например, у шелухи кофе, измельчение не требуется.

При уменьшении массового соотношения менее чем 1:1 не достигается однородность смешивания, а при массовом соотношении больше чем 1:2,5 в получаемом готовом сорбенте образуется мало ионообменных групп, что снижает сорбционные характеристики по отношению к ионам тяжелых металлов и радионуклидам.

При понижении температуры ниже  $450^{\circ}\text{C}$  карбонизация протекает не полностью, образуется недостаточное количество микропор, что отрицательно влияет на сорбционные характеристики, а при повышении температуры выше  $700^{\circ}\text{C}$  карбонизат содержит слишком большое содержание золы от 50 масс. % и выше, что снижает выход конечного продукта.

Снижение температуры стадии активации водяным паром ниже  $750^{\circ}\text{C}$  и продолжительности активации менее 2-х часов приводило к формированию микропор с малым объемом, не более  $0,05 \text{ см}^3/\text{г}$ . В то время как повышение температуры выше  $850^{\circ}\text{C}$  и увеличение продолжительности более 5 часов приводило к высокому поверхностному обгару и разрушению микропористой структуры.

Из изложенного следует, что каждый из признаков заявляемой совокупности влияет на достижение поставленной задачи, а вся совокупность является достаточной для характеристики заявляемого технического решения.

Физический и химический механизмы поглощения ионов тяжелых металлов и радионуклидов обусловлены тем, что при реализации предложенного способа в готовом сорбенте формируются микропоры с объемом  $0,10-0,15 \text{ см}^3/\text{г}$ ; при этом средний размер пор  $190-200 \text{ \AA}$ , суммарный удельный объем пор  $0,7-1,6 \text{ см}^3/\text{г}$ . С другой стороны, формирование активных центров на внешней и внутренней поверхности монтмориллонита, как слоистого силиката структурного типа 2:1 с разбухающей кристаллической решеткой, способствует формированию ионообменных активных центров.

Следующие примеры поясняют сущность изобретения.

**Пример 1:** получение сорбента на минеральной основе.

200 г монтмориллонитсодержащей глины с содержанием монтмориллонита 20 масс.% помещают в муфельную печь. Продолжительность изотермической обработки при конечной температуре  $400^{\circ}\text{C}$  составляет 2,5 часа, затем полученный материал подвергают активации водяным паром при температуре  $750^{\circ}\text{C}$  в течение 5 часов. Полученный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 56% при исходной концентрации ионов железа (III)  $0,503 \text{ ммоль/л}$ , соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d$   $^{137}\text{Cs}$  в среде  $0,1 \text{ M NaOH}$  -  $240 \text{ см}^3/\text{г}$ . Эффективность сорбции

метиленового голубого составляла 64% при исходной концентрации 20 мг/л, соотношение сорбент:сорбат составляло 1 г на 20 мл раствора.

5 **Пример 2:** 200 г монтмориллонитсодержащей глины с содержанием монтмориллонита 20 масс.% увлажняют водой до состояния высококонцентрированной суспензии. Лузгу семян подсолнечника измельчают до крупности 2 мм и оба компонента смешивают в массовом соотношении 1:1. Продолжительность карбонизации сырьевой смеси при конечной температуре изотермической обработки 400°C составляет 2,5 часа, затем полученный материал подвергают активации водяным паром при температуре 750°C в течение 5 часов, скорость подачи пара в реторту составляет 1,5-2 л/мин. Полученный  
10 композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 62% при исходной концентрации ионов железа (III) 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $1,1 \cdot 10^2 \text{ см}^3/\text{г}$ . Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 53% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.  
15

**Пример 3:** Подготовку сырьевых ингредиентов проводят как в примере 2. Полученную сырьевую смесь подвергают карбонизации при температуре изотермической обработки 550°C в течение 2,5 часов, затем полученный материал подвергают активации  
20 водяным паром при температуре 750 в течение 5 часов, скорость подачи пара в реторту составляет 1,5-2 л/мин. Полученный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 94% при исходной концентрации ионов железа (III) 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент: раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $4,1 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{г}$ .  
25 Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 89%. при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

**Пример 4:** Подготовку сырья проводят, как в примере 2. Полученную сырьевую смесь подвергают карбонизации при температуре изотермической обработки 450°C в течение 2,5 часов, затем полученный материал подвергают активации водяным паром  
30 при температуре 750°C в течение 5 часов, скорость подачи пара в реторту составляет 1,5-2 л/мин. Полученный композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 86% при исходной концентрации 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:сорбат составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $1,4 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{г}$ . Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 82% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент: сорбат 1 г на 20 мл раствора.  
35

**Пример 5:** 200 г монтмориллонитсодержащей глины с содержанием монтмориллонита 28 масс.% смешивают в массовом соотношении 1:2,5 с измельченной до крупности менее 5 мм лузгой подсолнечника. Полученную сырьевую смесь подвергают  
40 карбонизации при температуре изотермической обработки 700°C, а активацию водяным паром при температуре 850°C в течение 2 часов, скорость подачи пара в реторту составляет 1,5-2 л/мин. Полученный композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 95% при исходной концентрации 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $8,4 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{г}$ .  
45 Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 90% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент: раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

**Пример 6:** 200 г монтмориллонитсодержащей глины с содержанием монтмориллонита 40 масс.%, смешивают в массовом соотношении 1:2 с измельченной до крупности менее 5 мм лузгой подсолнечника. Полученную сырьевую смесь подвергают карбонизации при температуре изотермической обработки 500°C, а активацию водяным паром при температуре 700°C в течение 2 часов. Полученный композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 99%, при исходной концентрации 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d$   $^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $1,2 \cdot 10^4$  см<sup>3</sup>/г. Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 95% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

**Пример 7:** 200 г монтмориллонитсодержащей глины с содержанием монтмориллонита 28 масс.% увлажняют водой до состояния высококонцентрированной суспензии. Затем берут шелуху кофе и оба компонента смешивают в массовом соотношении 1:1. Полученную сырьевую смесь подвергают карбонизации при температуре изотермической обработки 450°C в течение 2,5 часов, затем подвергают активации водяным паром при температуре 750°C в течение 5 часов. Полученный композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 93% при исходной концентрации 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d$   $^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $2,2 \cdot 10^3$  см<sup>3</sup>/г. Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 67% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

**Пример 8:** Подготовку сырьевых ингредиентов проводят, как в примере 7, за исключением того, что массовое соотношение обеих основ составляет 1:2,5. Полученную сырьевую смесь подвергают карбонизации при температуре изотермической обработки 700°C, а активацию водяным паром при температуре 850°C в течение 2 часов. Полученный композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 76% при исходной концентрацией 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d$   $^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $6,4 \cdot 10^3$  см<sup>3</sup>/г. Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 82% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

**Пример 9:** Подготовку сырьевых ингредиентов и осуществление процесса проводят, как в примере 7, за исключением того, что массовое соотношение обоих ингредиентов составляло 1:2. Полученный композиционный сорбент имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 99% при исходной концентрацией 0,503 ммоль/л, соотношение сорбент:раствор сорбата составляло 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d$   $^{137}\text{Cs}$  в среде 0,1 М NaOH -  $1,4 \cdot 10^4$  см<sup>3</sup>/г. Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 98% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

Композиционный сорбент, полученный по патенту РФ №2414961 (опубл. 27.03.2011) имел эффективность очистки водного раствора от ионов железа (III) 72-75% при исходной концентрации ионов железа (III) 0,503 ммоль/л, соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 250 мл раствора, а значение коэффициента распределения  $K_d$   $^{137}\text{Cs}$  в

среде 0,1 М NaOH -  $(1,2-1,4) \cdot 10^2$  см<sup>3</sup>/г. Эффективность сорбции метиленового голубого составляла 84% при исходной концентрации 20 мг/л и соотношении сорбент:раствор сорбата 1 г на 20 мл раствора.

Приведенные примеры подтверждают осуществимость заявленного способа и достижение поставленной задачи. Предлагаемый способ позволяет получать композиционный сорбент с большими объемами микро- и мезопор. Это делает перспективным его использование для решения экологических задач при очистке воды и почв от ионов тяжелых металлов, радионуклидов и органических красителей.

#### Формула изобретения

Способ получения композиционного сорбента на основе минерального и растительного углеродсодержащего сырья, включающий карбонизацию сырья при температуре 450-700°C и активацию кислородсодержащими агентами при температуре 750- 850°C, отличающийся тем, что в качестве минеральной основы используют увлажненную до состояния высококонцентрированной суспензии монтмориллонитсодержащую глину с содержанием монтмориллонита не менее 20 масс.%, а в качестве растительной углеродсодержащей основы используют отходы продуктов шелушения зерновых и технических культур: лузгу или шелуху крупностью 2-5 мм, смешанные в массовом соотношении по сухому веществу 1:(1-2,5), при этом активацию проводят водяным паром в течение 2-5 часов.