



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012157479/05, 26.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.12.2012

(45) Опубликовано: 10.06.2014 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2436625 C1, 20.12.2011. RU 2352349
C1, 20.04.2009. RU 2393111 C1, 27.06.2010. RU
2311227 C1, 27.11.2007. US 5972834 A,
26.10.1999. US 5240479 A, 31.08.1993. US
5248651 A, 28.09.1993

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, 50, стр.
24, ИХХТ СО РАН, Патентоведу Заматиной
В.В.

(72) Автор(ы):

Микова Надежда Михайловна (RU),
Иванов Иван Петрович (RU),
Чесноков Николай Васильевич (RU),
Кузнецов Борис Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт химии и
химической технологии Сибирского
отделения Российской академии наук
(ИХХТ СО РАН) (RU)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО АДсорбента

(57) Реферат:

Изобретение относится к области получения углеродных сорбентов на основе растительного сырья. Способ получения углеродного адсорбента включает карбонизацию измельченной древесины березы при 300-800°C в инертной среде. После карбонизации осуществляют выдержку карбонизата при конечной температуре 30 минут. Затем смешивают карбонизат древесины березы с бетулинолом в соотношении, равном 4:1, сплавляют при 400-450°C и активируют.

Активацию проводят в атмосфере аргона в присутствии твердого гидроксида калия при подъеме температуры до 800°C. После активации осуществляют выдержку при конечной температуре в течение 60 мин. Продукт промывают раствором кислоты, затем водой при температуре 50°C и сушат. Техническим результатом является улучшение характеристик углеродного сорбента по отношению к низкомолекулярным компонентам газовых смесей. 2 ил., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C01B 31/08 (2006.01)
B01J 20/20 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012157479/05, 26.12.2012**(24) Effective date for property rights:
26.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: **26.12.2012**(45) Date of publication: **10.06.2014** Bull. № 16

Mail address:

**660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok, 50, str. 24,
IKhKhT SO RAN, Patentovedu Zamatinoj V.V.**

(72) Inventor(s):

**Mikova Nadezhda Mikhajlovna (RU),
Ivanov Ivan Petrovich (RU),
Chesnokov Nikolaj Vasil'evich (RU),
Kuznetsov Boris Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Institut khimii i
khimicheskoy tekhnologii Sibirskogo otdelenija
Rossijskoj akademii nauk (IKhKhT SO RAN)
(RU)**(54) **METHOD OF OBTAINING CARBON ADSORBENT**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method of obtaining carbon adsorbent includes carbonisation of crushed birch wood at 300-800°C in inert medium. After carbonisation carbonisate is kept at final temperature for 30 minutes. After that, carbonisate of birch wood is mixed with betulinol in ratio, equal 4:1, fused at 400-450°C, and activated. Activation is carried out in argon atmosphere in pres-

ence of hard potassium hydroxide at temperature rise to 800°C. After activation it is kept at final temperature for 60 min. Product is washed with acid solution, then water at temperature 50°C and dried.

EFFECT: improvement of carbon sorbent characteristics with respect to low-molecular components of gas mixtures.

2 dwg, 1 tbl

Изобретение относится к области сорбционной техники, в частности к способам получения углеродных сорбентов на основе растительного сырья, и может быть использовано для проведения процессов короткоциклового безнагревной адсорбции газообразных веществ в порах нанометрового размера углеродного носителя для их
5 очистки или разделения, а также в качестве адсорбентов-накопителей газов.

Существуют известные процессы с применением разнообразных адсорбентов и устройств для разделения или извлечения различных компонентов из многокомпонентной газовой смеси, например, природного газа. Одни из них направлены на очистку газа от нежелательных примесей, другие, наоборот, на очистку,
10 концентрирование и выделение целевого компонента из смеси. Основными технологичными способами в газоразделительных процессах, пригодными для очистки и выделения, например, метана от примесей водорода, гелия, CO₂, являются криогенное разделение (RU 2380630, опубл. 27.01.2010), многоцикловое адсорбционное разделение при переменном давлении - метод PSA (US 6592749, опубл. 15.07.2003) и мембранное
15 разделение (RU 2322284, опубл. 20.04.2008).

Описанные способы являются высоко энергоемкими и требуют существенных капиталовложений, экономически оправданы при использовании в промышленных масштабах. В определенных областях применения (химической, газовой, изготовление топливных элементов, медицине, экологии и т.д.) промышленные способы разделения
20 газообразных смесей оказываются экономически труднореализуемыми по причине исключительно высоких затрат и из-за многостадийности извлечения с нужной селективностью и концентрированием целевых компонентов. Поэтому для решения специфических задач во многих технологических сферах реализуются способы быстрого разделения газов путем короткоциклового безнагревной адсорбции КБА (RPSA),
25 основанные на сепарации и/или различных скоростях адсорбции и массопереноса компонентов газовой смеси.

Решение проблемы очистки и разделения газообразных систем во многом зависит от эффективности используемых адсорбентов, пригодных для возможно полного выделения одного из компонентов или требуемой чистоты очищаемого газа (RU 2378046,
30 опубл. 10.01.2010, US 6660064, опубл. 09.12.2003). С целью увеличения степени извлечения или концентрирования целевых компонентов разделительным методом КБА продолжается поиск способов получения углеродных материалов (УМ) с оптимальным размером пор, подходящих для очистки, разделения и хранения топливных газов. Постоянно возрастает потребность в высокоэффективных сорбентах, получаемых из
35 относительно недорогих источников растительного происхождения, в том числе адсорбентов на основе активированного угля с высокой микропористостью.

Известны способы получения высоко микропористых углеродных материалов путем щелочной активации (KOH, NaOH) карбонизованных лигноцеллюлозных предшественников, выбранных из группы: древесная щепа, опилки, скорлупа кокоса,
40 подвергнутых предварительному активированию раствором фосфорной кислоты (US 5416056, опубл. 16.05.1995; US 5626637, опубл. 16.05.1997), либо активированных иным способом (US 5710092, опубл. 20.01.1998, US 5965483, опубл. 12.10.1999). Исходно активированные, в том числе коммерческие, углеродные продукты подвергаются вторичному химическому активированию со щелочным агентом в соотношениях 0,5:
45 1,0-1:4 при температурах 650-1110°С с формированием после отмывки кислотой и сушки в матрице углеродного материала пор с размером около 8-20 А и количеством не менее 50%, подходящих для накопления и хранения газообразных углеводородов, таких как природный газ, в частности метан.

Известные способы получения УМ имеют своим недостатком использование на первой стадии активации дополнительных реагентов типа фосфорной кислоты, склонной к образованию трудноудаляемых продуктов полимеризации, и образованию коррозионно и экологически опасных жидких отходов.

5 Указанные изобретения направлены на получение углеродных адсорбентов-накопителей, способных аккумулировать при температуре 25°C до 150 объемов природного газа (гл. образом, метана), но не предназначены для разделения газа переменного состава на индивидуальные компоненты.

10 Известны способы (RU 2311227, опубл. 27.11.2007; RU 2310604, опубл. 20.11.2007) получения наноструктурированных углеродных материалов с высокой удельной поверхностью и микропористостью путем карбонизации при 400-800°C лигноцеллюлозных отходов деревопереработки (опилки, древесная пыль) и высокозольной биомассы (шелуха риса, овса, соломы пшеницы), последующей щелочной активации при 600-1000°C в присутствии карбонатов и/или гидроксидов натрия или калия, отмывки после активации раствором кислоты и сушки.

15 Углеродные материалы, полученные согласно предлагаемым способам, потенциально способны найти применение в качестве сорбентов для очистки жидких и газовых сред от органических веществ, соединений тяжелых металлов, катализаторов, однако их молекулярно-ситовые свойства не исследованы. Недостатком известных способов
20 получения углеродных материалов с высокими значениями удельной поверхности ($S_{БЭТ}=1000-3000 \text{ м}^2/\text{г}$), суммарного объема пор ($V \text{ пор } 1-2 \text{ см}^3/\text{г}$) и микропористого объема является использование большого количества стадий, сопряженных с применением сложного технического оформления метода, требующего использования
25 специальных катализаторов и определенной газовой атмосферы.

Кроме того, изобретения не демонстрируют широкого диапазона адсорбционной эффективности полученных пористых УМ (кроме адсорбции N_2); они не подкреплены примерами применения УМ ни в качестве сорбентов энергетических газов (водорода, метана и пр.), ни в качестве систем для разделения газовых смесей.

30 Известен процесс (US 2011/0005392 A1, опубл. 13.01.2011) выделения CO_2 регулируемой методом PSA адсорбцией на пористом углеродном материале, который имеет удельную поверхность $S_{БЭТ} \geq 1500 \text{ м}^2/\text{г}$ и способен адсорбировать до 0,5-0,8 $\text{см}^3/\text{г}$ сорбтива. Процесс приготовления известного для разделительного процесса углеродного
35 адсорбента включает использование, по крайней мере, одного цеолита определенного структурного типа (морденит, ZSM-5, Na-Y, EMC-2) и, по крайней мере, одного ненасыщенного полимеризованного органического вещества, которые подвергают одной или более стадий карбонизации и затем - стадии удаления (растворения) цеолита раствором кислоты. Осуществление процесса производится в несколько стадий: одно
40 или более химическое нанесение из газовой фазы олефинового или алкинового соединения при 500-800°C в течение 1-10 ч на цеолит; импрегнированный предварительно с полимеризующим агентом (фурфуриловым спиртом); термообработку смеси при 850-1000°C в течение 1-10 ч с массовым содержанием нанесенного углерода 10-25%;
45 растворение цеолитной матрицы в избытке HF (≤ 24 ч). В результате последующего кипячения выделенных продуктов в HCl, фильтрования, отмывки водой от неорганических примесей и сушки получают углеродные материалы с однородной пористостью и текстурой, доля микропор в которых составляет не менее 50% с преимущественным размером 0,5-1,5 нм, характеризующихся селективностью к

разделению смеси CO_2/CH_4 , равной 2,9-3,0.

Существенным недостатком способа является многостадийная процедура получения описанного углеродного адсорбента с обязательным выделением промежуточного продукта на каждой стадии, сложное техническое оформление метода, требующего 5 соблюдения контролируемых условий на всех этапах, высокая стоимость и длительность осуществления (не менее 5 суток). Кроме того, к недостаткам известного способа можно отнести использование с повышенным кислотным модулем плавиковой и соляной кислот и, как следствие, наличие большого количества жидких токсичных отходов.

Известен способ (US 5098880, опубл. 24.03.1992) приготовления модифицированного 10 углеродного молекулярного сита, подходящего для разделения методом PSA газов с различающимися скоростями адсорбции, в частности кислорода и азота. Процесс включает последовательную обработку исходного микропористого углеродного носителя с размером пор 4,5-8 А двумя различными углеродсодержащими летучими органическими соединениями, преимущественно углеводородами (УВ) с различным 15 молекулярным размером (пропилен, изобутилен, циклогексан и др.). Соединения подбирают таким образом, чтобы размер молекул модифицирующего вещества на первой стадии обработки был больше, чем на второй, тем самым достигались условия регулирования микропористости сита. Так, в условиях селективного пиролиза из не способного проникнуть в поры самого носителя и подвергнувшегося деструкции первого 20 УВ создается углеродный поверхностный слой. Сформированный на первой стадии промежуточный углеродный материал подвергается на второй стадии в условиях пиролиза контакту со вторым летучим органическим соединением, имеющим меньший молекулярный размер, но не позволяющий проникнуть УВ в поры углеродного слоя. Две различающиеся стадии поверхностного крекинга углеродсодержащих соединений 25 в результате пиролиза при 500-900°C обеспечивают получение модифицированного углеродного адсорбента с контролируемой способностью для проникновения молекул размерами 4-8 А, эффективного для селективной адсорбции и разделения смеси газов.

Однако указанный способ требует сбалансированности взаимозависимых факторов для реализации желаемого модифицирующего эффекта: строгого регулирования 30 скорости потока и концентрации УВ продуктов, их летучести, соблюдения температуры и полноты крекинга, зависящих, в том числе, от размера и конфигурации реактора. Полученные таким способом адсорбенты очень дороги.

Наиболее близким к заявляемому способу по технической сущности и достигаемому 35 результату является способ (RU №2436625, опубл. 20.12.2011) получения микропористого углеродного адсорбента на основе растительного сырья, а именно из отходов древесины березы (ДБ). Способ получения углеродного адсорбента включает карбонизацию в инертной среде измельченной до фракции 2-3 мм древесины березы в интервале температур 300-800°C со скоростью нагрева 20°C/мин, выдержку при конечной 40 температуре 30 мин, последующую активацию в атмосфере аргона в присутствии твердого гидроксида калия, взятого в массовом соотношении уголь:щелочь, равном 1:3, и подъеме температуры до 800°C со скоростью 10°C/мин, выдержку при ней в течение 60 мин, затем отмывку продукта раствором кислоты и водой при температуре 50°C до нейтральной среды и сушку. Полученные углеродные адсорбенты имеют 45 коэффициенты разделения газовой смеси $\text{H}_2(\text{He})-\text{CH}_4$ $K_p=3,2-3,8$.

Недостатком известного способа является неоднородная микроструктура получаемого углеродного адсорбента, зависящая в значительной степени от состава карбонизованного предшественника, определяемого температурой пиролиза.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка способа получения

микропористого углеродного адсорбента, характеризующегося улучшенными свойствами для разделения газовой смеси $H_2(He)-CH_4$ методом короткоциклового безнагревной адсорбции.

Технический результат изобретения состоит в следующем:

- 5 - в совершенствовании однородности и микротекстуры карбонизованных углей за счет модифицирования поверхности органическим углеродсодержащим веществом;
- в улучшении качественных характеристик активированных углеродных адсорбентов для повышения селективности разделения низкомолекулярных газов.

10 Технический результат достигается тем, что в способе получения углеродного адсорбента, включающем карбонизацию в инертной среде измельченной до фракции 2-3 мм древесины березы со скоростью нагрева $20^\circ C/мин$ в интервале температур $300-800^\circ C$ и выдержку при конечной температуре 30 мин, активацию в атмосфере аргона в присутствии твердого гидроксида калия, взятого в массовом соотношении уголь: щелочь, равном 1:3, и подъеме температуры со скоростью $10^\circ C/мин$ при $800^\circ C$ в течение 15 60 мин, промывку продукта раствором кислоты, водой при температуре $50^\circ C$ до нейтральной среды и сушку согласно изобретению, перед активацией щелочью карбонизаты древесины березы смешивают с бетулинолом в соотношении, равном 4:1, и затем сплавляют при $400-450^\circ C$ в течение 20-30 мин.

20 Сопоставительный анализ предлагаемого изобретения показывает, что в отличие от прототипа, где получение углеродного сорбента осуществляют последовательно карбонизацией древесного сырья, а затем щелочной активацией полученных карбонизатов, в заявляемом способе вводят дополнительную стадию смешения и сплавления карбонизованных материалов с использованием в качестве 25 модифицирующего компонента продукта экстракции коры березы - бетулинола (тритерпенового спирта).

Пористость просто карбонизованных углей, как правило, неорганизованная и несовершенная, недостатки которой вытекают из природы предшественника (натурального продукта) и способа получения. По этой причине пористость в большей или меньшей степени представлена порами, имеющими диаметр, не подходящий для 30 обычных условий осуществления процессов разделения методом КБА (PSA). Использование химического модификатора органического происхождения с размером молекул, препятствующим их проникновению в поры углеродного носителя, обеспечивает при сравнительно низкой температуре термического разложения ($400-450^\circ C$) создание на поверхности носителя пористого углеродного слоя. В результате 35 миграции расплавленного бетулинола по поверхности угольного материала и его термической деструкции обеспечивается формирование композитной пористой структуры с локализацией части активных углеродных фрагментов вблизи входов в устье широких пор, способствуя их сужению. Тем самым в отличие от прототипа достигается нанорегулирование пористости промежуточного углеродного композита 40 с более однородной пористой структурой. Последующая активация модифицированных бетулинолом углей с КОН сдвигает распределение пор в активированном углеродном материале в область, благоприятную как для сорбции малых молекул, так и для разделения смеси метана (водорода) и гелия.

Изобретение поясняется схемой получения углеродного адсорбента (см. рис.1).

45 Осуществление стадии модифицирующей обработки при температурах ниже $400^\circ C$, тем более около $300^\circ C$, способствует частичной возгонке бетулинола и осаждению неактивированного углерода его на стенках реактора. Проведение же при температурах, превышающих $450^\circ C$, напротив, - быстрому и неконтролируемому терморазложению

с формированием углеродных отложений - конгломератов на поверхности образца.

В отличие от прототипа благодаря модифицирующему действию бетулинола заявляемый способ позволяет получать углеродные адсорбенты из древесины березы, обладающими лучшими молекулярно-ситовыми свойствами при разделении смеси газов $\text{He}(\text{H}_2)\text{-CH}_4$ по сравнению с немодифицированными адсорбентами из ДБ. По своему коэффициенту разделения (K_r), используемому в качестве критерия разделительной способности, они также превышают нормированный коэффициент разделения ($K_r \geq 2$), применяемый в методах КБА при разделении газов, во всем исследованном интервале температур предварительной карбонизации ДБ.

На рисунке 2 показано влияние температуры карбонизации ДБ и условий получения активированных ПУМ на коэффициент разделения смеси газов $\text{He}(\text{H}_2)\text{-CH}_4$, где: 1 - K_r для ПУМ из ДБ (по прототипу), 2 - K_r для ПУМ из ДБ, модифицированных бетулинолом, 3 - нормированный K_r для разделения смеси газов $\text{He}(\text{H}_2)\text{-CH}_4$.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что дополнительная стадия модификации бетулинолом карбонизатов из древесины березы в заявленной совокупности признаков в определенной степени влияет на достижение технического результата, а именно на получение углеродных адсорбентов, обладающих повышенной разделительной способностью по отношению к низкомолекулярным компонентам газовых смесей.

Благодаря этому отличительному признаку в заявляемом способе удалось улучшить такие качественные характеристики получаемого углеродного микропористого сорбента, как адсорбционная емкость сорбента и селективность разделения, зависящие от соотношения скорости адсорбции/десорбции и времени удерживания на адсорбционной поверхности.

Было установлено, что полученные адсорбенты обладают высокой степенью селективности в процессе разделения газовой смеси $\text{He}(\text{H}_2)\text{-CH}_4$. Установлено, что наибольшим коэффициентом разделения ($K_r = 3,84\text{-}4,11$) обладают модифицированные бетулинолом образцы из предварительно карбонизованной в интервале температур $600\text{-}800^\circ\text{C}$ древесины березы, полученные активацией КОН. В прототипе же значение $K_r \leq 3,2\text{-}3,8$.

Способ осуществляют следующим образом.

Растительное сырье в виде опилок древесины березы высушивают до постоянного веса, измельчают до размера частиц 2-3 мм. Образец нагревают при скорости подъема температуры $20^\circ\text{C}/\text{мин}$ в атмосфере аргона до температуры $300\text{-}800^\circ\text{C}$, выдерживают в течение 30 мин. После охлаждения до комнатной температуры полученный карбонизованный образец смешивают с порошком бетулинола, взятым в соотношении, равном 4:1, соответственно. Смесь нагревают в токе инертного газа при температуре 450°C в течение 30 мин. Охлажденный до комнатной температуры композитный углеродный продукт смешивают с твердым гидроксидом калия в массовом соотношении 1:3. Смесь помещают в проточный реактор и нагревают при скорости подъема температуры $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ в атмосфере аргона до температуры 800°C , при которой смесь выдерживают в течение 1 часа. После охлаждения до комнатной температуры полученный образец обрабатывают 1 М раствором HCl , затем продукт промывают горячей водой ($\sim 50^\circ\text{C}$) до нейтральной среды промывных вод. Углеродный материал высушивают в сушильном шкафу при температуре $105\text{-}110^\circ\text{C}$ до постоянного веса.

Измерения удельной поверхности проводили на установке ASAP 2420 Micrometrics по адсорбции N_2 при 77 К после предварительной тренировки образцов в течение 6 ч

при 300°C и остаточном давлении менее 0,001 мм рт.ст. без контакта с атмосферой после тренировки. Измерения изотерм адсорбции азота проводили в диапазоне относительных давлений P/P₀ от 0,005 до 0,995 и их стандартную обработку с расчетом суммарной поверхности методом БЭТ, общего объема пор и объема микропор (с

5 размером менее 2 нм).

Эффективность разделения смеси газов He(H₂)-CH₄ определяли хроматографическим методом на колонке диаметром 3 мм и длиной 1 м, заполненной УМ фракции 0,25 мм на хроматографе «Chrom 5». В качестве критерия разделительной способности сорбента в короткоцикловом способе разделения методом безнагревной адсорбции использовали

10 коэффициент K_p, рассчитанный из экспериментальных данных по уравнению:

$$K_p = \frac{b}{m_1 + m_2}$$

где b - расстояние между пиками выхода отдельных газов He(H₂) и CH₄;

15 m₁ и m₂ - ширина пика каждого из газов у основания.

Способ подтверждается конкретным примером:

Пример 1. 50 г высушенных и измельченных до размера частиц 2-3 мм опилок древесины березы помещают в металлический реактор и карбонизируют при скорости

20 подъема температуры 20°C/мин в атмосфере аргона до температуры 700°C, при которой образец выдерживают в течение 30 мин. После охлаждения 20 г полученного угля-сырца (карбонизата) тщательно смешивают с 5 г порошка бетулинола, смесь нагревают при

450°C в течение 30 мин. Охлажденный до комнатной температуры углеродный композитный продукт смешивают с твердым гидроксидом калия в массовом отношении

25 уголь/щелочь, равном 1:3. Смесь помещают для активации в проточный реактор и нагревают при скорости подъема температуры 10°C/мин в атмосфере аргона до

температуры 800°C, при которой смесь выдерживают в течение 1 часа. После охлаждения полученный образец обрабатывают 1 М раствором HCl, затем продукт промывают

30 горячей водой (~50°C) до нейтральной среды промывных вод. Полученный образец высушивают в сушильном шкафу при температуре 105-110°C до постоянного веса.

Углеродный адсорбент имеет удельную поверхность S_{БЭТ}=1273 м²/г, общий объем пор 0,53 см³/г, причем на долю микропор в образце приходится не менее 70% и селективность в разделении смеси He(H₂)/CH₄ K_p=4,11 (см. табл.).

35 Таким образом, заявленное техническое решение обеспечивает возможность приготовления на основе компонентов древесины березы (опилки, экстракт бересты) активированного углеродного сорбента с улучшенными характеристиками, способного найти применение для быстрого и качественного разделения газовой смеси, состоящей

40 из компонентов низкомолекулярных соединений He(H₂) и CH₄. Данное изобретение может найти использование в процессах качественной очистки и разделения газовых сред, в том числе при очистке природного газа.

Характеристика текстурных и адсорбционных свойств углеродных адсорбентов, полученных активированием КОН при 800°C композитов, приготовленных из

45 модифицированных 25% вес. бетулинолом образцов древесины березы, предварительно карбонизованной в интервале температур 300-800°C.

Таблица						
№	Образец	S _{БЭТ} , м ² /г	K _p смеси H ₂ (He)-CH ₄	V _{пор} , см ³ /г	Сорбция, г/г	
					H ₂ O	Бензол

1	ДБ-300+Бетулинол /КОН, 1:3,800	960	2,83	0,40	0,23	0,34
2	ДБ-400+Бетулинол /КОН, 1:3,800	1293	3,03	0,54	0,37	0,49
3	ДБ-500+Бетулинол /КОН, 1:3, 800	915	3,43	0,38	0,25	0,35
4	ДБ-600+Бетулинол /КОН, 1:3, 800	1381	3,84	0,58	0,39	0,51
5	ДБ-700+Бетулинол /КОН, 1:3, 800	1273	4,11	0,53	0,39	0,45
6	ДБ-800+Бетулинол /КОН, 1:3,800	1163	4,05	0,41	0,41	0,47

Формула изобретения

Способ получения углеродного адсорбента из растительного сырья, включающий карбонизацию в инертной среде измельченной до фракции 2-3 мм древесины березы в интервале температур 300-800°C со скоростью нагрева 20°C/мин с выдержкой при конечной температуре 30 мин, активацию при 800°C в течение 60 мин в атмосфере аргона в присутствии твердого гидроксида калия, взятого в массовом соотношении уголь:щелочь, равном 1:3, и подъеме температуры со скоростью 10°C/мин, промывку готового продукта раствором кислоты, водой при температуре 50°C до нейтральной среды и сушку, отличающийся тем, что перед активацией карбонизаты древесины березы смешивают с бетулинолом в соотношении, равном 4:1, и затем сплавляют при 400-450°C в течение 20-30 мин.

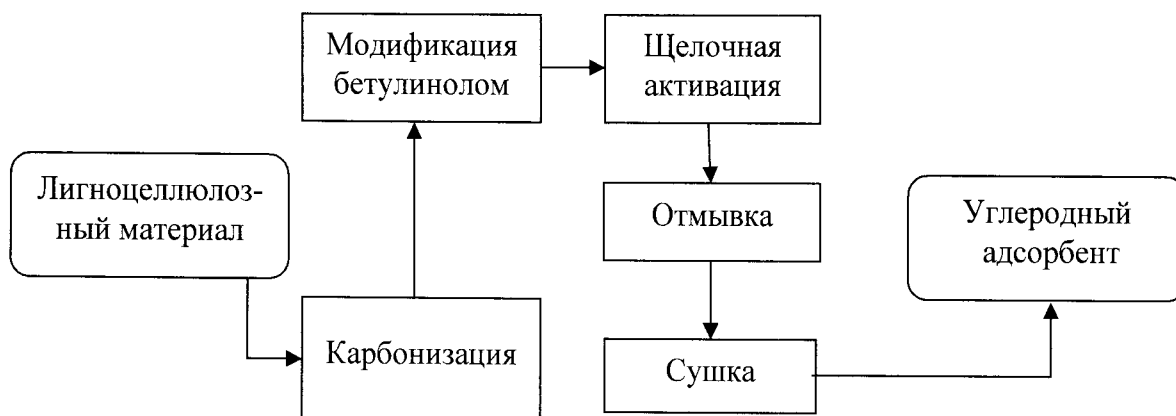


Рис. 1

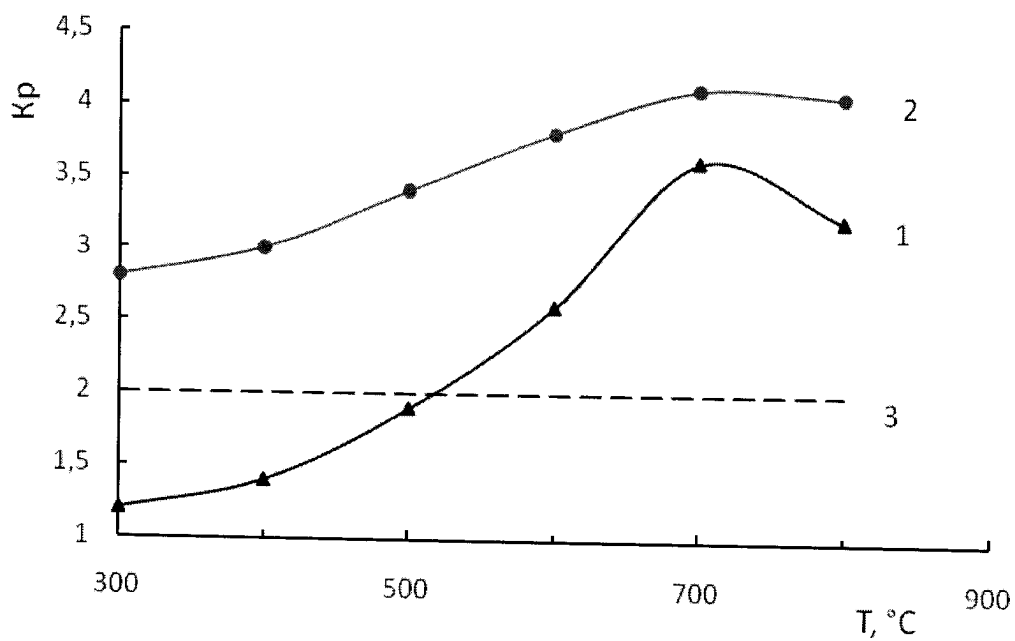


Рис. 2