

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
28 декабря 2017 (28.12.2017)



(10) Номер международной публикации
WO 2017/222420 A2

(51) Международная патентная классификация:
B01J 20/20 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2017/000412

(22) Дата международной подачи:
14 июня 2017 (14.06.2017)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2016124918 22 июня 2016 (22.06.2016) RU

(71) Заявитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "ГАЗПРОМ" (PUBLICHNOE
AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO "GAZPROM")
[RU/RU]; ул. Наметкина, 16, ГСП-7 Москва, 117997,
Moscow (RU).

(72) Изобретатели: **ФОМКИН, Анатолий Алексеевич**
(**FOMKIN, Anatoliy Alekseevich**); Рязанский пр-кт,
78/1, кв. 64 Москва, 109542, Moscow (RU). **ЦИВАДЗЕ,**
Аслан Юсупович (**TSIVADZE, Aslan Yusupovich**);
ул. Вавилова, 48, кв. 319 Москва, 117333, Moscow
(RU). **АКСЮТИН, Олег Евгеньевич** (**AKSIUTIN,**
Oleg Yevgenievich); ул. Удальцова, 23, кв. 34 Москва,
119415, Moscow (RU). **ИШКОВ, Александр Гаврило-**
вич (**ISHKOV, Aleksandr Gavrilovich**); ул. Островита-
нова, 10/1, кв. 62 Москва, 117437, Moscow (RU). СТРИ-
ЖЕНОВ, Евгений Михайлович (**STRIZHENOV,**

Evgeniy Mikhaylovich); ул. М. Жукова, 7, кв. 37 Ка-
лужская обл., г. Жуков, 249192, Zhukov (RU). **ШКО-**
ЛИН, Андрей Вячеславович (**SHKOLIN, Andrey**
Vyacheslavovich); мкр-н Сходня, ул. Ленина, 33, кв. 82
Химки, 141421, Khimki (RU). **МЕНЬЩИКОВ, Илья**
Евгеньевич (**MENSHCHIKOV, Ilya Yevgenievich**);
ул. Дмитрия Ульянова, 5, ком. 503 Москва, 119333,
Moscow (RU). **ШЕВЧЕНКО, Александр Онуфриевич**
(**SHEVCHENKO, Aleksandr Onufrievich**); ул. Тевося-
на, 12 б, кв. 31 Московская обл., Электросталь, 144007,
Elektrostal (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(54) Title: BLOCK NANOPOROUS CARBON MATERIAL FOR STORING NATURAL GAS OR METHANE, AND A METHOD
FOR OBTAINING SAID MATERIAL

(54) Название изобретения: БЛОЧНЫЙ НАНОПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ
ПРИРОДНОГО ГАЗА, МЕТАНА И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

(57) Abstract: The invention relates to activated carbon material for the storage, distribution, and transport of natural gas or methane. The technical result of the claimed invention consists in increasing the amount of natural gas stored by the material per unit volume of the storage system, increasing the bulk density of the adsorptive material, and increasing the packing density of the adsorptive material in specialized portable adsorbers, thereby enabling the storage system to be filled to 95% or more of its volume while maintaining diffusion properties. The technical result of the claimed invention is achieved by creating block nanoporous carbon material that has a number of technological properties: a high bulk density, greater than 600 kg/m³; a special block shape in the form of a cube, rectangular prism, cylinder, three-dimensional sector, or tetrahedron; an optimum combination of mean effective pore width in the material and nanopore volume, which enables a large amount of gas to be stored by the material and allows maximally dense packing of the material in specialized portable adsorbers.

(57) Реферат: Изобретение относится к активированному углеродному материалу для хранения, распределения и транспор-
тировки природного газа или метана. Технический результат заявляемого изобретения заключается в увеличении количества
аккумулированного материалом природного газа в единице объема системы хранения, повышении насыпной плотности ад-
сорбционного материала, а также повышении плотности упаковки адсорбционного материала в специализированных разбор-
ных адсорберах, что позволяет заполнить систему хранения на 95% и более от ее объема, при сохранении диффузионных ха-
рактеристик. Технический результат заявляемого изобретения достигается за счет создания блочного нанопористого углерод-
ного материала обладающего рядом технологических свойств: высокой насыпной плотностью, более 600 кг/м³, специальной
формой блоков в виде куба, параллелепипеда, цилиндра, объемного сектора или тетраэдра, оптимальным сочетанием средней
эффективной ширины пор материала и объема нанопор, что позволяет обеспечить большое количество аккумулированного
материалом газа, максимально плотную упаковку материала в специализированных разборных адсорберах.

LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

- *без отчёта о международном поиске и с повторной публикацией по получении отчёта (правило 48.2(g))*

Блочный нанопористый углеродный материал для аккумулирования природного газа, метана и способ его получения

Группа изобретений относится к активированному углеродному материалу, обладающему развитой системой нанопор и, при необходимости, специальной формой блоков с целью максимально плотной упаковки материала в специализированных разъемных адсорберах для хранения, распределения и транспортировки природного газа или метана, а также способу его получения.

В настоящее время среди нетрадиционных способов хранения природного газа, метана наиболее перспективным является адсорбционный способ, так как он не требует создания специальных климатических условий в системах хранения. Кроме того, разработка подходов к синтезу нанопористых материалов, позволила получить адсорбенты способные создать конкуренцию по объему выдаваемого природного газа потребителю существующим системам хранения природного газа под давлением (в компримированном виде).

Среди существующих адсорбентов наиболее перспективными для аккумулирования природного газа, метана являются нанопористые углеродные адсорбенты. Это определяется их адсорбционными свойствами: обладают развитой пористостью и относительно большими объемами нанопор $0.5...1.0 \text{ см}^3/\text{г}$ – наиболее сорбционно активными порами при аккумулировании газов. Средние эффективные размеры нанопор у подавляющего большинства углеродных адсорбентов составляют 1-2 нм и более, что позволяет обеспечить хорошие

диффузионные свойства углеродных материалов для адсорбции природного газа, метана при комнатной температуре. Процессы адсорбции – десорбции обратимы. Высокая насыпная плотность углеродных адсорбентов позволяет снизить объем газовой фазы в системе хранения и, как следствие, повысить объемную плотность аккумулированного газа.

Углеродные адсорбенты в большинстве своем обладают относительно не высокой теплотой адсорбции газов при высокой теплоемкости самого материала, что обеспечивает снижение тепловых колебаний системы хранения при изменении температуры окружающей среды. Углеродные адсорбенты обладают свойством гидрофобности, что позволяет понизить требования к влажности природного газа.

Углеродные адсорбенты обладают достаточной жесткостью и стабильностью пористой структуры, устойчивы к циклическим нагрузкам.

В перспективе добиться широкого внедрения адсорбционных газовых терминалов на основе углеродных материалов возможно при использовании специальных адсорберов, объем которых полностью заполнен специальными блоками адсорбционного материала. Такой подход позволит повысить эффективность адсорбционных терминалов за счет исключения паразитного объема газовой фазы, и применения высокоёмких углеродных материалов.

В целом углеродные пористые материалы получают путем пиролиза (карбонизации) твердых органических материалов, в том числе различных типов углей, торфа, нефтяных остатков, скорлупы различных орехов, древесные отходы, отходов биомассы, с последующей физической активацией их водяным паром, и/или углекислым газом, и/или кислородом воздуха, либо химической активацией органическими кислотами (В.Б. Фенелонов. Пористый углерод. - Новосибирск, 1995, 513 с.).

Также известен наноструктурированный микропористый углеродный материал (патент RU 2307704, опуб. 10.10.2007), представляющий собой наноструктурированную клеткоподобную систему,

состоящую из ячеек из 1-2 графитоподобных монослойных частиц размером 1-2 нм, с удельной поверхностью $S_{\text{БЭТ}} = 3170\text{--}3450 \text{ м}^2/\text{г}$, суммарным объемом пор $V_{\text{пор}} = 1,77\text{--}2,97 \text{ см}^3/\text{г}$, объемом микропор $W_0 = 1,48\text{--}1,87 \text{ см}^3/\text{г}$ и характерным распределением суммарного объема пор по размерам. Для приготовления материала карбонизируют рисовую шелуху в кипящем слое катализатора состава $\text{CuO}+\text{MgO}+\text{Cr}_2\text{O}_3$ (10...15 %вес.) нанесенного на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ при температуре $550 \text{ }^\circ\text{C}$. Карбонизат смешивают с раствором KOH и после упаривания воды помещают в реактор для активации при $700 \text{ }^\circ\text{C}$. По утверждению заявителя материал обладает высокими значениями адсорбционной емкости по метану и водороду, что определяется большим объемом пор и высокой удельной поверхностью. Однако в области давлений до 7 МПа, для которой характерно наиболее эффективное аккумулялирование газов, большой объем пор не всегда является показателем величины запасенного газа, а определяющим является соотношение энергии адсорбции аккумулялируемого газа и объема пор. В первом приближении, в качестве критерия оценки влияния данного соотношения на способность материала аккумулялировать природный газ, метан можно использовать зависимость удельного объема аккумулялированного газа от удельной поверхности по БЭТ $S_{\text{БЭТ}}$. Эффективность адсорбционного аккумулялирования с увеличением удельной поверхности $S_{\text{БЭТ}}$ на углеродных адсорбентах падает, после прохождения максимума при $S_{\text{БЭТ}} \approx 1500 \text{ м}^2/\text{г}$, и, следовательно, данные материалы, не могут запасать большое количество природного газа, метана. Также, недостатком данного материала является широкое распределение пор по размерам, при котором на долю наиболее сорбционно активных по метану пор ($d = 0.5\text{...}1.5 \text{ нм}$) приходится не более 23.7% от общего объема. Помимо этого, материал имеет порошкообразную форму, что определяет малый насыпной вес материала и высокое пылеобразование, резко повышающее пожароопасность систем аккумулялирования, использующих этот материал.

Известны высокоэффективные адсорбенты на основе активированного угля с высокой микропористостью (патент RU 2378046, опуб. 10.01.2010) представляющие собой углеродные материалы в виде его дискретных зерен, предпочтительно сферической формы, обладающие высокой микропористостью и характеризующиеся тем, что они имеют следующие параметры: общий объем пор, определяемый по методу Гурвича, по меньшей мере $0,7 \text{ см}^3/\text{г}$, при этом на долю микропор диаметром не более $20 \text{ \AA}$ в этом общем объеме пор приходится по меньшей мере 70%, средний диаметр пор максимум $30 \text{ \AA}$ и удельная поверхность $S_{\text{БЭТ}}$ по меньшей мере $1500 \text{ м}^2/\text{г}$. Также известны высокоэффективные адсорбенты на основе активированного угля с высокой пористостью, представленной мезо- и макропорами RU2426591, имеющие форму отдельных зерен активированного угля, где по меньшей мере, 55 % общего объема пор высокоэффективных адсорбентов составляют поры (то есть, мезо- и макропоры) диаметром более $20 \text{ \AA}$, при этом адсорбенты характеризуются мерой центра распределения диаметра пор более $25 \text{ \AA}$, обладают удельной поверхностью, измеренной методом БЭТ, по меньшей мере, $1250 \text{ м}^2/\text{г}$. Способ получения данных материалов заключается в карбонизации и последующей активации гелеобразных сульфированных сополимеров стирола и дивинилбензола (от 2 до 10 мас.%,), прежде всего сульфированных, сшитых дивинилбензолом полистиролов, в форме шаровидных зерен. Особенностью данных материалов – полимерных углеродных адсорбентов, является структура поверхности, у которой удельная насыщенность атомами углерода, создающими основное адсорбционное поле при взаимодействии с молекулами адсорбированного вещества значительно ниже, чем у любого углеродного адсорбента (активированного угля), по причине наличия в их структуре химически связанных атомов водорода H и серы S. Это приводит к снижению адсорбционной способности, в том числе и по метану. Кроме того, данные материалы обладают слишком большой

шириной пор для аккумуляции природного газа, метана, не менее 18.57 Å, что определяет низкую энергию адсорбции метана, и, соответственно, малый удельный объем запасаемого природного газа, метана. Значения насыпной плотности, указанные заявителем в изобретениях, находятся в интервале от 250 до 750 кг/м³, и, учитывая, что заявляемые материалы имеют сферическую форму гранул, то при узком распределении гранул по размерам, насыпной вес не может превышать $\approx$ 400 кг/м³, а повышение насыпного веса материала возможно лишь с увеличением распределения гранул по размерам, и увеличения доли гранул с размерами до 200 мкм, что фактически представляет собой угольную пыль. Таким образом, данные материалы имеют низкую насыпную плотность, а ее увеличение наносит ущерб безопасности эксплуатации адсорбционной системы.

Наиболее близким по сущности и достигаемому результату к заявленному изобретению является углеродный материал (патент RU 2446098, опуб. 27.03.2012) представляющий собой, формованный наноструктурированный микропористый углеродный адсорбент, получаемый последующим выполнением стадий карбонизации лигноцеллюлозного материала с зольностью 8-20 вес.%, последующую щелочную активацию в присутствии карбонатов и/или гидроксидов натрия или калия, отмывку, смешивание со связующим и формование (экструзию). Карбонизацию осуществляют при 400-800°C при мольном отношении кислорода воздуха к углероду лигноцеллюлозного материала, равном 0,8-3,0, в течение 1-60 сек в кипящем слое катализатора или инертного носителя. Щелочную активацию осуществляют при 600-1000 °C в инертной или восстановительной атмосфере, отмывку продукта после активации проводят раствором кислоты и дистиллированной водой, формование проводят с применением модифицированного крахмала, каолина, либо полиуретанового клея, сушку при 50-200 °C в течение 1-48 ч, при необходимости - прокалку при 600-1000 °C в течение 0,5-5 ч.

Формование осуществляют вручную, либо с применением экструдера с фильерами размером 3-10 мм. Соотношение связующего к углеродному материалу составляет 0,5-50:1 по массе, растворитель берется в количестве, необходимом для получения оптимально формируемой консистенции. После формования сушку осуществляют при 50-200 °С в течение 3-48 ч. Полученный материал имеет удельную поверхность 1560-2550 м²/г, суммарный объем пор 1,0-1,5 см³/г, объем микропор 0,6-1,3 см³/г. Материал обладает большой удельной поверхностью, высокими значениями сорбционной емкости по отношению к различным адсорбатам.

Недостатком данного изобретения является низкая энергия адсорбции природного газа, метана, которая определяется широкими нанопорами адсорбента до 20 Å, при требуемых ≈ 10 Å [К.М. Анучин, А.А. Фомкин, А.П. Коротыч, А.М. Толмачев Адсорбционное концентрирование метана. Зависимость плотности адсорбата от ширины щелевидных микропор активированных углей // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т.50. №2. С.156-160.] (наиболее сорбционно активные поры по метану). Несмотря на то, что авторами не приводятся данные о распределении микропор по размерам, о относительно большой ширине пор косвенно свидетельствует тот факт, что при формовании материала большая доля пор забивается связующим: до стадии формования $V_{\Sigma} = 2,2$ см³/г, $V_{\text{ми}} = 1,9$ см³/г, после стадии формования $V_{\Sigma} = 1,0...1,5$ см³/г, $V_{\text{ми}} = 0,6...1,3$ см³/г. Также авторами не приводятся данные о насыпном весе формованного углеродного материала, его твердости, что не дает возможности оценить его эксплуатационные характеристики.

Задача заявляемой группы изобретений – разработать блочный нанопористый углеродный материал с высокой насыпной плотностью, более 600 м³/кг, обладающий оптимальной для аккумуляции природного газа или метана средней эффективной шириной (диаметром) нанопор от 8 до 14 Å, объемом нанопор более $V_{\text{ми}} = 0,5$ см³/г.

Технический результат заявляемой группы изобретений заключается в увеличении количества аккумулированного материалом природного газа, метана в единице объема системы хранения, повышении насыпной плотности адсорбционного материала до 600 кг/м^3 и более, а также повышении плотности упаковки адсорбционного материала в специализированных разборных адсорберах до заполнения системы хранения на 95 % и более, при сохранении диффузионных характеристик.

Технический результат заявленного изобретения достигается тем, что блочный нанопористый углеродный материал для аккумулирования природного газа, метана имеет объем нанопор не менее $0,5 \text{ см}^3/\text{г}$, среднюю эффективную ширину нанопор от 8 до $14 \text{ \AA}$ и кажущуюся насыпную плотность не менее 600 кг/м^3 .

Блочный нанопористый углеродный материал для аккумулирования природного газа, метана, в частности, представляет собой формованные блоки в виде куба или параллелепипеда, или цилиндра, или объемного сектора, или тетраэдра.

Технический результат заявленного изобретения достигается тем, что в способе получения блочного нанопористого углеродного материала для аккумулирования природного газа, метана углеродный нанопористый материал, полученный из карбонизированного и активированного твердого сырья органического происхождения дробят до средней фракции гранул от 700 до 1000 мкм, к дробленому материалу добавляют полимерное связующее в количестве от 3 до 12 % масс. и дистиллированную воду в количестве от 5 до 80 % масс., перемешивают, производят формование при давлении от 150 кгс/см^2 до 3000 кгс/см^2 , после чего формованные блоки сушат при температуре от 110 до 150°C в течение $3 \div 48$ часов.

В качестве полимерного связующего может быть использован латекс или поливинилацетат. Формование производят с помощью пресса или экструдера.

Полученный блочный нанопористый углеродный материал имеет форму блоков куба, параллелепипеда, цилиндра, объемного сектора или тетраэдра, насыпную (кажущуюся) плотность более $600 \text{ м}^3/\text{кг}$, обладает средней эффективной шириной (диаметр) нанопор $X_0 = 8 \div 14 \text{ \AA}$, объемом нанопор более $V_{\text{ми}} = 0,5 \text{ см}^3/\text{г}$. Измерения объема нанопор и средней эффективной ширины нанопор проводили по изотерме стандартного пара азота при 77 К , измеренной после предварительной регенерации материала при $200 \text{ }^\circ\text{C}$ до давления $0,1 \text{ Па}$. Определение параметров пористой структуры проводилось по стандартным методикам БЭТ [Брунауэр С. Адсорбция газов и паров. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1948. Т. 1. 781с.], и Теории объемного заполнения микропор [Дубинин М.М. Адсорбция и пористость – М.: ВАХЗ. 1976]. Определение насыпной (кажущейся) плотности материала проводили согласно методике, предложенной в ГОСТ Р 55959 «Уголь активированный». Стандартный метод определения насыпной плотности, за исключением метода отбора проб заданного объема. Отбор проб осуществлялся случайным выбором блока материала. Определение объема материала проводилось путем измерения параметров материала при помощи штангенциркуля ГОСТ 166 и/или линейки измерительной ГОСТ 427, и пересчета объема по соответствующим формулам.

Сущность группы изобретений иллюстрируется следующими примерами.

Пример 1

Гранулированный нанопористый углеродный материал AS-1, полученный из карбонизированной и активированной скорлупы кокосового ореха, дробили до фракции $800 \div 1000 \text{ мкм}$, отбирали пробу общей массой $\approx 230 \text{ г}$, к которой добавляли $12 \text{ \%}$ масс. латекса и $60 \text{ \%}$ масс. дистиллированной воды, смесь перемешивали, помещали в пресс и выдерживали в течение 10 мин при давлении 300 кгс/см^2 , извлекали и помещали в сушильную камеру при температуре $130 \text{ }^\circ\text{C}$ на 12 часов .

Полученный материал обладает объемом нанопор $0.61 \text{ см}^3/\text{г}$, средней эффективной шириной пор $12.2 \text{ \AA}$, насыпной (кажущейся) плотностью 638 кг/м^3 . Объем природного газа, аккумулированного при давлении 7 МПа и температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ на масштабированном образце составил $164,5 \text{ л (CH}_4\text{)/л}$ (адсорбционного материала). Такой объем аккумулирования метана соответствует перспективным лабораторным углеродным адсорбентам, получаемым в граммовых количествах. Время «полуотработки» или половина от времени, за которое адсорбируется заданный объем природного газа, для блоков адсорбционного материала составило $0,35 \text{ с}$ (при $0,33$ в калибровочном опыте), что свидетельствует об отсутствии заметного влияния пористой структуры адсорбционного материала на газодинамические (диффузионные) характеристики системы хранения.

Пример 2

Отличается от Примера 1, тем что к дробленому нанопористому материалу добавляли $6 \text{ \%}$ масс. латекса и $25 \text{ \%}$ масс. дистиллированной воды. Полученный материал обладает объемом нанопор $0,60 \text{ см}^3/\text{г}$, средней эффективной шириной пор $12,4 \text{ \AA}$, насыпной (кажущейся) плотностью 623 кг/м^3 . Объем природного газа, аккумулированного при давлении 7 МПа и температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ на масштабированном образце составил $161,3 \text{ л (CH}_4\text{)/л}$ (адсорбционного материала). Время «полуотработки» для блоков адсорбционного материала составило $0,34 \text{ с}$.

Пример 3

Отличается от Примера 1, тем что в качестве сырья использовали нанопористый материал AP-2, полученный из карбонизированного и активированного каменного угля, массой пробы 325 г , к которой добавляли $6 \text{ \%}$ масс. латекса и $25 \text{ \%}$ масс. дистиллированной воды. Полученный материал обладает объемом нанопор $0,50 \text{ см}^3/\text{г}$, средней эффективной шириной пор $14,0 \text{ \AA}$, насыпной (кажущейся) плотностью 703 кг/м^3 . Объем природного газа, аккумулированного при давлении 7 МПа и температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ на масштабированном образце составил $162,1 \text{ л (CH}_4\text{)/л}$

(адсорбционного материала). Время «полуотработки» для блоков адсорбционного материала составило 0.37 с.

Пример 4

Порошкообразный нанопористый углеродный материал AC1K, полученный из карбонизированного и активированного антрацитового угля, дробили до фракции 700÷900 мкм, отбирали пробу общей массой $\approx 14,1$ г, к которой добавляли 3 % масс. латекса и 5 % масс. дистиллированной воды, смесь перемешивали, помещали в пресс и выдерживали в течение 20 мин при давлении 3000 кгс/см², извлекали и помещали в сушильную камеру при температуре 150 °С на 3 часа. Полученный материал обладает объемом нанопор 0,5 см³/г, средней эффективной шириной пор 8,2 Å, насыпной (кажущейся) плотностью 980 кг/м³. Объем природного газа, аккумулированного при давлении 10 МПа и температуре 20 °С на масштабированном образце составил 218,5 л (CH₄)/л (адсорбционного материала). Время «полуотработки» или половина от времени, за которое адсорбируется заданный объем природного газа, для блоков адсорбционного материала составило 0,4 с.

Пример 5

Порошкообразный нанопористый углеродный материал AF-3, полученный из карбонизированного и активированного торфа, дробили до фракции 700÷1000 мкм, отбирали пробу общей массой ≈ 370 г, к которой добавляли 12 % масс. латекса и 80 % масс. дистиллированной воды, смесь перемешивали, помещали в пресс и выдерживали в течение 30 мин при давлении 150 кгс/см², извлекали и помещали в сушильную камеру при температуре 110 °С на 48 часов. Полученный материал обладает объемом нанопор 0,54 см³/г, средней эффективной шириной пор 13,0 Å, насыпной (кажущейся) плотностью 600 кг/м³. Объем метана, аккумулированного при давлении 10 МПа и температуре 20 °С на масштабированном образце составил 160,0 л (CH₄)/л (адсорбционного материала). Время «полуотработки» или половина от времени, за которое адсорбируется

заданный объем метана, для блоков адсорбционного материала составило 0,37 с.

Также могут быть осуществлены многие другие формы выполнения изобретений, не выходящие за пределы заявленной группы изобретений.

Преимущество заявляемой группы изобретений заключается в следующем. Как видно из описания и приведенных примеров заявляемый материал обладает высокой насыпной плотностью и оптимальной пористой структурой для решения задач аккумулярования природного газа, метана. Полученный материал может найти применение в качестве высокоэффективного аккумулятора природного газа, метана в системах хранения, распределения и транспортировки.

Формула изобретения

1. Блочный нанопористый углеродный материал для аккумулирования природного газа, метана, характеризующийся тем, что он имеет объем нанопор не менее $0,5 \text{ см}^3/\text{г}$, среднюю эффективную ширину нанопор от 8 до $14 \text{ \AA}$ и кажущуюся насыпную плотность не менее 600 кг/м^3 .

2. Материал по п.1, отличающийся тем, что он представляет собой формованные блоки в виде куба или параллелепипеда, или цилиндра, или объемного сектора, или тетраэдера.

3. Способ получения блочного нанопористого углеродного материала для аккумулирования природного газа, метана, заключающийся в том, что углеродный нанопористый материал, полученный из карбонизированного и активированного твердого сырья органического происхождения дробят до средней фракции гранул от 700 до 1000 мкм, к дробленому материалу добавляют полимерное связующее в количестве от 3 до 12 % масс. и дистиллированную воду в количестве от 5 до 80 % масс., перемешивают, производят формование при давлении от 150 кгс/см^2 до 3000 кгс/см^2 , после чего формованные блоки сушат при температуре от 110 до 150°C в течение $3 \div 48$ часов.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что в качестве полимерного связующего используют латекс или поливинилацетат.

5. Способ по пп.3 или 4 отличающийся тем, что формование производят с помощью пресса или экструдера.