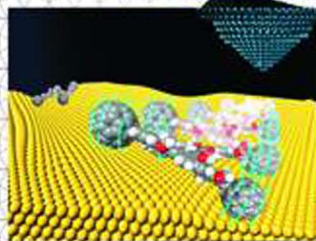
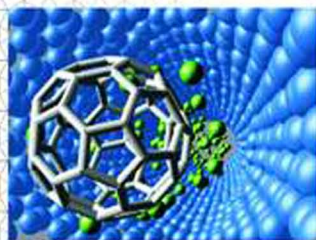




А. А. Морозова, Е. Ф. Конопля

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ОТ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт радиобиологии

А. А. Морозова, Е. Ф. Конопля

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ОТ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ



Минск
«Беларуская навука»
2010

УДК 614.876.084

Морозова, А. А. Средства и способы защиты организма от повреждающих факторов внешней среды / А. А. Морозова, Е. Ф. Конопля. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 395 с. – ISBN 978-985-08-1144-8.

В монографии рассмотрены вопросы получения, исследования структуры и свойств, перспективных областей применения новых волокнистых углеродных адсорбентов (ВАУ), ионитов (ВУИ) и катализаторов. Изложены современные представления о физико-химической природе формирования пористой структуры углеродных и металлоуглеродных волокнистых материалов, полученных из целлюлозного волокнистого сырья. На основе таких материалов разработаны новые средства и способы сорбционной детоксикации организма, в частности гемо-, энтеросорбенты, аппликационно-дренирующие материалы.

Впервые на основе волокнистых угольных и углеминеральных адсорбентов разработаны лекарственные средства «Ваулен» и «Кальфосорб», а также аппликационно-дренирующие средства (повязки, дренирующие средства и т. д.).

Рассчитана на научных, инженерно-технических работников, занимающихся исследованиями в области создания адсорбентов, ионитов и катализаторов, для медицинских работников и будет полезна для студентов и аспирантов соответствующих вузов.

Табл. 117. Ил. 83. Библиогр. – 547 назв.

Р е ц е н з е н т ы:

академик В. С. Комаров,
доктор биологических наук, профессор С. Б. Мельнов

ISBN 978-985-08-1144-8

© Морозова А. А., Конопля Е. Ф., 2010
© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларусская навука», 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Экологическая ситуация, сложившаяся в Республике Беларусь после катастрофы на Чернобыльской АЭС, характеризуется сочетанным воздействием на человека повреждающих (радиационного и химического) факторов, которые могут усиливать, ослаблять или преобразовывать характер действия каждого из них. Поэтому даже малые интенсивности этих факторов при их сочетанном действии опасны. Все эти проблемы чрезвычайно актуальны и требуют принятия кардинальных мер по уменьшению отрицательного влияния не только ионизирующей радиации, но и тяжелых металлов, пестицидов и других техногенных загрязнителей окружающей среды.

Повреждающие факторы внешней среды значительно повышают вероятность непосредственного контакта организма человека с вредными и токсичными веществами различной химической природы, что, в свою очередь, требует наличия широкого ассортимента эффективных средств защиты организма от вредных и токсичных веществ.

Связывание и выведение вредных и токсичных веществ непосредственно из организма может быть осуществлено многими методами. Наиболее эффективными из них являются методы сорбционной детоксикации, в частности гемо-, плазмо-, лимфо- и энтеросорбция, метод аппликационно-сорбционной терапии. Для успешного их применения широко используются твердые поглотители, так называемые адсорбенты, которые можно условно разделить на два основных класса:

– нейтральные адсорбенты. К ним относятся активированные угли, силикагели, алюмогели, нейтральные сополимеры, не обладающие ионогенными группами;

– сорбенты, обладающие ионообменными свойствами (органические и неорганические).

Однако, несмотря на достигнутые успехи, нельзя не обратить внимания на почти полное отсутствие ассортимента углеродных адсорбентов с заданной и регулируемой пористостью, предназначенных для связывания и выведения из организма не только радионуклидов, но и определенных классов веществ. Так, при отравлениях такими веществами, как крезол, анилин, морфин, толуол, эффективен пероральный прием обычного активированного угля. Однако часто отравления вызывают вещества с более крупным размером молекул. К ним относятся различные лекарственные препараты, пестициды, яд растений, животных и пищевых продуктов. Вызывают отравления также снотворные и успокаивающие средства, анальгетические, дезинфицирующие и антисептические препараты. Следовательно, при отравлениях в основном приходится иметь дело с довольно крупными органическими молекулами. В этой связи применение в качестве адсорбирующего средства активированных углей типа «Карболен» и других марок неизбежно будет сопряжено с рядом затруднений, обусловленных, с одной стороны, низкой скоростью процесса поглощения яда, с другой – активированным характером процесса адсорбции, что, в свою очередь, резко ухудшает эффективность лечения того или иного вида отравлений. Отсюда следует, что адсорбенты, предназначенные для лечения острых отравлений, должны обладать заданной пористой структурой, т. е. как развитой микро-, так и значительно развитой мезопористостью.

В этой связи исследование путей получения новых разновидностей углеродных адсорбентов специального назначения и расширение их ассортимента до сих пор актуально. Особое значение имеет информация о способности сорбентов удалять различные метаболиты, в том числе и радионуклиды, из желудочно-кишечного тракта, не вмешиваясь в метаболизм кишечной стенки и других органов.

Не менее интересны исследования, посвященные изучению процесса получения, структуры и свойств волокнистых угольных адсорбентов, ионитов и катализаторов, так называемых сорбционноактивных волокнистых угольных материалов. Волокнистая их структура имеет ряд преимуществ, что позволяет создать проточные реакторы и электроды, одновременно проводить ряд последовательных химических превращений при использовании нескольких слоев носителя. Последнее дает возможность полагать, что пористые волокнистые сорбенты являются весьма подходящими матрицами не только для драгметаллов (платины, палладия, рутения и родия), но и для других систем, например ферментов, оксидов металлов, фармацевтических средств и т. п. В частности, такие материалы открывают новые возможности для стабилизации (за счет «клеточного эффекта») даже весьма лабильных ферментов. Однако критический анализ научной и патентной литературы свидетельствует о том, что до сих пор как в отечественной, так и в зарубежной литературе отсутствуют работы, в которых систематизированы результаты исследований в данном направлении.

В настоящей монографии в определенной последовательности систематизированы результаты многолетних исследований, посвященных разработке новых средств защиты организма, обладающих повышенной сорбционной и каталитической активностью, от повреждающих факторов внешней среды. Изложены современные представления о физико-химической природе процессов формирования их структуры и свойств.

Главный принцип, положенный в основу этих исследований, – последовательное рассмотрение процессов, происходящих при формировании пористой структуры и свойств новой разновидности сорбентов, в частности сорбционноактивных углеродных волокнистых материалов (УВМ), и создание на их основе эффективных средств защиты организма от повреждающих факторов внешней среды.

Совместно с промышленными предприятиями (С.-Петербургский филиал ВНИИВ Проект, Могилевский ЗИВ им. Куйбышева) было освоено опытное производство таких УВМ, что

позволило провести всесторонние их испытания и определить перспективные области применения, в том числе и в качестве эффективных средств защиты организма от неблагоприятных факторов внешней среды.

Впервые в мировой практике были получены волокнистые угольные и элементарноугольные адсорбенты, обладающие молекулярно-ситовыми свойствами, а также пористые угольные иониты с различными ионогенными группами.

В книге в определенной последовательности изложены материалы по разработке средств сорбционной детоксикации организма, в частности гемо-, энтеросорбентов и аппликационно-дренирующих средств, а также создан ассортимент волокнистых угольных биокатализаторов, обладающих ферментативной активностью. Читатель найдет ответы на многие вопросы, касающиеся процесса их получения.

При написании монографии авторы не стремились загружать ее ссылками на литературные источники, использовалась лишь та патентная и научная литература, в которой впервые рассмотрено то или иное научное положение, относящееся к рассматриваемой проблеме.

Данная монография не претендует на создание единого подхода к разработке эффективных средств защиты организма, тем не менее в ней изложены методы, позволяющие осуществлять регулирование не только пористой структуры волокнистых углеродных адсорбентов в заданных пределах, но и химии поверхности. Показано, что процесс образования регулируемой в широких пределах пористости УВМ определяется многими факторами, каждый из которых в зависимости от модификации исходного сырья и условий последующего активирования по-разному влияет на ее формирование и свойства конечного продукта. В этой связи изложение отдельных вопросов, относящихся к трактовке роли неорганических добавок на процесс формирования пористой структуры ВАУ, может быть спорным, а поэтому все замечания будут приняты авторами данной книги с благодарностью.

Авторы монографии благодарны соавторам, совместные публикации с которыми нами были использованы при ее написании.

Известно, что природные модификации углерода как простого вещества – это бесконечные структуры из гексагональных сеток, образующих плоские слои (графит), или бесконечные трехмерные сети из тетраэдрических атомов (алмаз) [1, 2]. Систематизированный обзор исследований, относящихся к графиту, представлен в работе [1]. Показано современное состояние проблемы, собраны разнообразные данные о графите, рассмотрены вопросы строения кристаллической решетки и процессы, происходящие в ней при графитации, в частности механические, тепловые и электрические свойства графита, структура связей в графите, магнитная восприимчивость, реакции графита с газами и др.

В результате исследований, начатых в 1959 г., В. И. Касаточкиным, В. В. Коршаком с сотрудниками была открыта новая кристаллическая форма углерода, названная карбином [3].

Интерес к углеродным структурам в теоретическом аспекте привел к неожиданному результату, в частности, в 1973 г. Д. Бочвар и Е. Гальперн предсказали возможность существования конечной, стабильной молекулы из 60 атомов одного лишь углерода [4]. Позже, в 1985 г. Крото, Хит, О'Брайен и Смолли сообщили, что в масс-спектрах паров графита, полученных под ударом лазерного пучка, содержится интенсивный пик с массой 720, который был приписан наличию молекул C_{60} , а также менее интенсивный пик с массой 840, происхождение которого было объяснено присутствием молекул C_{70} [5].

Итак, изучая структуру углеродных материалов, стало ясно, что существует целое семейство полиэдрических кластеров,

составленных из атомов углерода, так называемые фуллерены [6].

На рис. 1.1 представлены четыре аллотропные формы углерода: алмаз (а), графит (б), карбин (в) и фуллерен (г) – стабильная молекула из 60 атомов углерода [6].

Однако наряду с кристаллическими формами углерода известно большое число так называемых частично кристаллических (турбостратных) углеродных веществ [2, 3, 7–11]. К ним относятся углеродные адсорбенты (активные угли), различные сажи, коксы, продукты термического превращения полимеров, полимерных волокон и т. п. В настоящем разделе более подробно будут рассмотрены пористые углеродные материалы, так называемые углеродные адсорбенты.

Углеродным адсорбентам посвящено огромное число публикаций по исследованию процесса получения, структуры, свойств, а также по применению их в народном хозяйстве. Большая за-

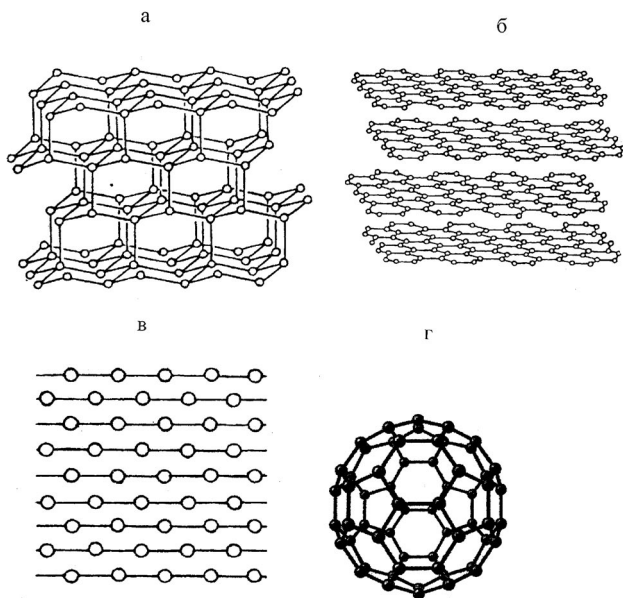


Рис. 1.1. Четыре аллотропные формы углерода: а – алмаз; б – графит; в – карбин; г – фуллерен (C_{60} – стабильная молекула из 60 атомов углерода)

слуга в этой области принадлежит отечественным ученым, создавшим признанные во всем мире научные школы, в частности М. М. Дубинину, Н. А. Шилову, А. Н. Фрумкину, К. М. Чмутову, И. А. Кузину, Д. Н. Стражеско, Т. Г. Плачену и др.

С учетом большого фактического материала по углеродным адсорбентам, накопленного к настоящему времени и обобщенного в серии монографий и обзоров [7–18], в настоящей главе будут рассмотрены вопросы, касающиеся основных способов получения углеродных адсорбентов, их структуры и свойств.

1.1. Получение, структура и свойства углеродных адсорбентов

Различают три способа получения углеродных адсорбентов:

1) парогазовая активация газообразными реагентами при повышенных температурах [9, 14–18, 19];

2) химическая активация, связанная с модификацией поверхности исходного сырья с последующей термообработкой при повышенных температурах [9, 11];

3) смешанный способ, связанный с парогазовой активацией угля, предварительно подвергнутого химической модификации [9, 20–25].

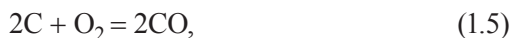
В качестве химических модификаторов (добавок) используют соли ($ZnCl_2$, $CaCl_2$, K_2CO_3 , $CaHPO_4$, K_2SO_4 и Na_2SO_3), реже – щелочи (KOH , $NaOH$) и очень редко – кислоты (HCl , H_3PO_4 , H_2SO_4 , HNO_3). Кроме того, в качестве химических добавок при получении углеродных адсорбентов широко используют K_2S , NH_4Cl , $NaCl$ [21, 23]. В качестве активаторов используют перегретый водяной пар, углекислый газ, кислород, воздух, смесь воздуха с кислородом. При этом протекает гетерогенная реакция горения углерода и одновременно образуются полости (поры) в углеродной матрице. Реакции горения углерода в атмосфере H_2O и CO_2 эндотермичны [9, 11]:



На практике процесс активирования в атмосфере водяного пара осуществляют при 750–900 °С. Процесс активирования в атмосфере CO₂ требует еще более значительных затрат теплоты, поэтому проводят его при температуре 850–1000 °С:



Кислород обладает наибольшей реакционной способностью из указанных выше активаторов. При активировании в атмосфере кислорода в зависимости от температуры активирования могут протекать две реакции:



причем при температуре < 700 °С преобладает реакция (1.4), а при высокой (> 700 °С) исключительно протекает реакция (1.5). Обе реакции являются экзотермическими. Экзотермичность реакций (1.4) и (1.5) делает процесс активирования плохо управляемым, в результате чего конечный продукт (активированный уголь) получается неоднородным. В связи с этим кислород или воздух целесообразно использовать как добавку к водяному пару [24]. Выбор активатора определяется, прежде всего, его доступностью и стоимостью.

Критический обзор литературных источников свидетельствует о том, что процесс активирования с применением неорганических добавок исследован недостаточно. Так, характер пористости и другие показатели активных углей, полученных с использованием NH₄Cl в качестве активатора, исследованы в работе [21]. Из анализа экспериментальных данных следует, что с увеличением содержания NH₄Cl в образце растут пористость, средний диаметр пор и водопроницаемость, а коэффициент извилистости пор и их среднее число на единицу поверхности материала уменьшаются.

Авторами работ [22, 23] показано, что введение небольших количеств NaCl увеличивает открытую пористость активированного угля, но практически не оказывает влияния на характер ее распределения по размерам пор.

Введение щелочных добавок в топливо [25, 26] при термической переработке вызывает внутри- и межмолекулярные перегруппировки кислорода, что приводит к образованию спиртов и карбоновых кислот. Этот процесс при последующем декарбоксилировании влечет за собой снижение в твердом остатке содержания кислорода и увеличивает содержание углерода и водорода.

Авторы работы [27] влияние неорганических добавок объясняют каталитическим действием металлов, замещающих водород в функциональных группах, имеющихся в полимерах. Замещение ионов водорода функциональных групп ионами металлов позволяет изменять не только термическую устойчивость, но и способность к реакциям поликонденсации.

В работах М. М. Дубинина с сотрудниками [28–32] рассматривается влияние K_2CO_3 и солей цинка ($ZnCl_2$, ZnI_2 и $ZnBr_2$) на формирование пористой структуры активных углей, полученных из сахара и древесины. Так, в работе [28] показано, что добавка K_2CO_3 тормозит развитие макро- и мезопор в процессе активирования углекислым газом при одновременном увеличении объема микропор. Для углей хлорцинковой активации [29–32] установлено наличие двух разновидностей микропор с эффективными радиусами 0,5–0,7 нм и 1,0–1,4 нм. Причем более крупные микропоры представлены в большом объеме. Авторами цитируемых работ дано несколько объяснений роли неорганической добавки, в частности, предполагается возможность образования соединений между углеродистым веществом и неорганической добавкой с последующим распадом этих соединений и разрыхлением конечного продукта.

М. М. Дубининым [33, 34] установлено, что, изменяя условия активации угля-сырца, можно получать активные угли двух основных структурных типов. К первому типу относятся умеренно проактивированные угли со степенью обгара до 50 мас.% (при парогазовой активации) или с коэффициентами пропитки до 0,6 кг/кг (при хлорцинковой активации). Активные угли первого структурного типа обладают относительно мелкими микропорами с повышенными адсорбционными потенциалами и характеризуются достаточно узким их распределением с кон-

стантами $B = (0,4-0,9) \cdot 10^{-6}$ и $W = 0,4-0,5 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 10^3$ [34]. Адсорбенты с такими параметрами структуры, по мнению автора, наиболее целесообразно применять для адсорбции газов. Ко второму структурному типу относятся предельно проактивированные угли с обгарами выше 75 мас.% (при парогазовой активации) или с коэффициентами пропитки более 1 кг/кг (при хлорцинковой активации). К адсорбентам второго структурного типа относятся обесцвечивающие угли, используемые для адсорбции из растворов и применяемые в виде гранул или тонкого порошка. И наконец, угли с обгарами 50–75 мас.% характеризуются одновременно наличием первой и второй структур, они называются углями смешанной пористой структуры. Такие угли отличаются широким распределением микропор с преобладанием второй составляющей микропористой структуры с константами $B_2 = (0,9-4,0) \cdot 10^{-6}$ и $W_{02} = 0,2-0,3 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 10^3$ [34].

В качестве исходного сырья для получения углеродных адсорбентов используют чаще всего древесину различных пород, торф и торфяной полукокс с небольшим содержанием золы, ископаемые угли разной стадии метаморфизма (бурые, каменные угли, антрациты), полукоксы и коксы на их основе, а также солом, тростник, рисовую, хлопковую и подсолнечную шелуху, кукурузные кочерыжки, скорлупу орехов, морские водоросли, отходы целлюлозно-бумажной (сульфитный щелок), гидролизной (лигнин) и сахарной (патока) промышленности и другие материалы, содержащие углерод. В последние годы для получения углеродных сорбентов с развитой микропористостью и улучшенными молекулярно-ситовыми и физико-механическими свойствами в качестве исходного сырья все шире применяют различные полимерные материалы, в частности смолы [35], органические волокна (гидратцеллюлозные, полиакрилонитрильные) [18, 36, 37].

Первое серьезное обобщение сведений о влиянии технологических параметров на формирование пористой структуры и свойств углеродных материалов было выполнено А. С. Фиалковым в 1965 г. [19]. Автор цитируемой работы сделал заключение о том, что образование пор в углеграфитовых материалах

обусловлено рядом причин, важнейшими из которых являются: формирование материала из порошков; появление каналов в коксе связующего и в материале порошков при удалении из них летучих соединений; присутствие пор в частицах самого кокса; различия в линейных температурных изменениях в зависимости от кристаллографических направлений и структурные изменения компонентов при их термической обработке. В работах [35–38] показано, что главное влияние на формирование пористой структуры активных углей оказывает процесс активации. Активирование проводят для удаления с поверхности пор углеродного материала-сырца отложившихся продуктов пиролиза (смола, тяжелых углеводородов и других соединений), а также для увеличения и разрыхления его поверхности, что значительно повышает пористость и сорбционную активность конечного продукта.

О механизме развития пористой структуры в активном угле в литературе существуют различные взгляды и суждения.

Так, по мнению Л. В. Радужкевича [39], микропористая структура угля связана с определенным состоянием графитового тела, а мезо- (переходная) и макропористость зависят от природы исходного материала и условий получения активного угля.

Н. В. Малин [40, 41] считает, что поскольку процесс активирования характеризуется образованием в угле пористой структуры, то развитие последней (пористости) также зависит и от скорости внутренней диффузии молекул активатора в порах угля к активным центрам их поверхности, т. е. определяется кинетическим и диффузионным режимами.

М. М. Дубинин в своих ранних работах полагал, что микропористая структура развивается в процессе активирования угля за счет «выгорания» элементарных кристаллов углерода как частично (микропоры), так и полностью (мезопоры) [9, 42, 43]. В более поздних исследованиях [44, 45] М. М. Дубининым с сотрудниками показано, что в процессе активирования углеродсодержащего материала при 850–950 °С происходит диффузия активирующих газов (H_2O , CO_2) в порах угля, сопровождающаяся химическим взаимодействием. В первую очередь выгорает наименее плотный (аморфный) углерод и появляются мелкие ми-

кропоры нерегулярного строения. При этом весьма небольшие обгары угля приводят к образованию существенного объема микропор. Микропоры с более регулярной структурой образуются при частичном выгорании плотных слоев углерода (кристаллитов), в результате образуются щелевидные микропоры между круглыми стенками, отвечающими форме кристаллитов. Параметрами такой идеализированной и ограниченной по протяженности щелевидной модели микропор являются радиус круглого основания (r) и полуширина плоской щели (x).

В работе [46] предложена простейшая модель пористой системы углеродных адсорбентов, в которой совокупность контактирующих и сросшихся кристаллитов углерода образует микропористые зоны. Последние состоят из микропор двух типов: внутрикристаллитных, представляющих собой плоские щели со стенками, образованными базисными гранями, и межкристаллитных микропор, стенками которых являются призматические грани. В модели микропористым зонам придается форма кубиков. Промежутки щелевидного характера между частью кубиков, т. е. микропористых зон, представляют собой объем мезопор, а общая поверхность стенок таких пор является поверхностью мезопор. В цитируемой работе излагается расчет параметров такой микропористой структуры на основании минимальной экспериментальной информации.

Итак, из сказанного выше можно сделать вывод, что углеродные адсорбенты – это сложные объекты, различающиеся комплексом механических, физико-химических и иных свойств, зависящих от структуры исходного сырья и способов его получения.

По вопросу о механизме образования отдельных пор в активном угле как путем парогазовой активации, так и в присутствии неорганических добавок мнения ученых разделяются, что свидетельствует о недостаточной ясности всех аспектов данного вопроса и требует дальнейшего всестороннего его изучения. Наиболее перспективными среди исследуемых неорганических добавок при получении активированных углей считают $ZnCl_2$ и K_2S . На основе этих соединений созданы технологические схе-

мы и существуют промышленные установки для производства активированного угля. Причем методом хлорцинковой активации получают угли, обладающие более крупными микропорами, предназначенные для адсорбции веществ из растворов. Активацией в присутствии K_2S , как правило, получают тонкопористые угли газового типа.

Пористые углеродные материалы относятся к крупнотоннажным промышленным адсорбентам. Их мировое производство составляет порядка 300 000 т в год, причем ассортимент, насчитывающий более 100 марок, постоянно колеблется. К крупнейшим производителям углеродных адсорбентов относятся США – 86,2; Франция – 60,8; Япония – 54,3; Содружество стран СНГ – 39,4 и ФРГ – 32,1 тыс. т/год.

Ассортимент углей, производимых отечественной промышленностью, составляет более 30 марок, из них около 15 имеют преимущественный спрос.

1.2. Классификация углеродных адсорбентов, особенности их структуры и свойств

Наиболее важное техническое значение имеют три основных типа углеродных адсорбентов:

- 1) угли, служащие для адсорбции газов и паров;
- 2) активные угли для адсорбции веществ из жидкой фазы (обесцвечивающие угли);
- 3) углеродные адсорбенты медицинского назначения.

Пористая структура большинства широко используемых в практике активных углей носит полимодальный характер. Основными разновидностями их пор, как было упомянуто выше, являются микро-, мезо- и макропоры. На долю макропор из общего объема пор 1 г активного угля обычно приходится 0,2–0,5 $см^3/г$, мезопор – 0,02–1 $см^3/г$ и микропор – 0,15–0,60 $см^3/г$.

Макропоры – поры, эффективные радиусы которых превышают 200 нм. Удельная поверхность макропор заключается в пределах от 0,5 до 2 $м^2/г$.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Углеродные адсорбенты: общие сведения о получении, свойствах и применении	7
1.1. Получение, структура и свойства углеродных адсорбентов	10
1.2. Классификация углеродных адсорбентов, особенности их структуры и свойств	16
1.3. Углеродные адсорбенты с химически модифицированной поверхностью	23
1.4. Углеродные адсорбенты на основе полимерных смол и волокон	34
1.4.1. Микропористые углеродные адсорбенты на основе синтетических полимерных смол	35
1.4.2. Углеродные адсорбенты на основе полимерных волокон, ткани и нетканого материала	39
Глава 2. Влияние неорганических добавок на структуру и свойства УВМ и адсорбентов, полученных на их основе	51
2.1. Изучение влияния неорганических добавок на процесс карбонизации гидратцеллюлозного волокнистого сырья	53
2.2. Получение, структура и свойства волокнистых углеродных адсорбентов с заданной и регулируемой пористостью	62
2.3. Влияние технологических параметров процесса карбонизации УВМ на особенности формирования пористой структуры волокнистых углеродных адсорбентов в процессе активирования	83
2.4. Изучение сорбции газообразных веществ волокнистыми углеродными адсорбентами	88
2.5. Углеродные волокнистые материалы и углеволокнистые адсорбенты на основе вторичного сырья льноперерабатывающей промышленности	102
Глава 3. Структура и свойства углеволокнистых адсорбентов, полученных на основе УВМ в форме жгута, ткани и нетканого материала	115
3.1. Изучение процесса получения волокнистых углеродных адсорбентов в форме жгута, ткани и нетканого материала	116
	393

3.2. Изучение процесса получения волокнистых углеродных адсорбентов в присутствии хлоридов щелочных металлов	127
3.3. Влияние фосфатов натрия, калия и аммония на пористую структуру волокнистых углеродных адсорбентов	133
Глава 4. Высокопористые углеволокнистые материалы с заданными свойствами	145
4.1. Высокопористые углеволокнистые материалы, обладающие ионообменными свойствами.	146
4.2. Высокопористые углеволокнистые материалы, обладающие хемосорбционными свойствами.	155
4.3. Высокопористые ВАУ, обладающие каталитической активностью в реакции окисления СО в СО ₂	164
Глава 5. Углеадсорбционные методы очистки газовых и жидких сред с применением углеволокнистых поглотителей	175
5.1. Использование ВАУ и ВУИ для поглощения токсичных газов из сухих и влажных газовых смесей	176
5.2. Использование ВАУ и ВУИ для сорбции вредных и токсичных веществ из жидких сред	190
Глава 6. Высокоselectивные гетерогенные биокатализаторы на основе ВАУ и ВУИ	201
6.1. Углеволокнистые биокатализаторы, обладающие уреазной активностью	203
6.2. Иммунизация трипсина на угольных матрицах, различающихся текстурой, пористостью и химией поверхности	207
6.3. Иммунизация каталазы на волокнистых угольных носителях	214
6.3.1. Сорбционная иммунизация каталазы на волокнистых активных углях.	215
6.3.2. Нековалентная иммунизация каталазы на антителах, сорбированных волокнистым угольным носителем.	224
Глава 7. Гемосорбенты на основе ВАУ и ВУИ.	237
7.1. Изучение гемосовместимости волокнистых угольных сорбентов в сопоставлении с гранулированными	241
7.2. Сравнительное изучение сорбционных и кинетических характеристик волокнистых и гранулированных углей по сорбции веществ-маркеров из водных сред.	249
7.3. Сравнительное изучение сорбционных и кинетических характеристик волокнистых и гранулированных активных углей по сорбции конечных метаболитов из биологических жидкостей.	254

Глава 8. Энтеросорбенты на основе ВАУ и ВУИ	265
8.1. Энтеросорбент «Ваулен»	266
8.2. Влияние различных по продолжительности схем назначения Ваулена на скорость выведения цезия-137, свинца, ртути и кадмия из организма.	269
8.3. Эффективность энтеросорбента «Ваулен» при лечении аутоиммунных, онкологических, аллергических и инфекционных заболеваний	286
8.4. Сравнительное изучение адсорбционно-структурных свойств волокнистых углеродных адсорбентов медицинского назначения. . .	293
8.5. Дренирующие и аппликационные средства на основе ВАУ и ВУИ	296
8.5.1. Дренирующие средства для лечения абсцессов брюшной полости, глубоких ран и трофических язв	296
8.5.2. Аппликационно-сорбционные средства для лечения ожогов и их эффективность	299
Глава 9. Новые эффективные средства для поглощения радионуклидов и тяжелых металлов	305
9.1. Углеминеральные сорбенты на основе обезжиренной пищевой кости.	306
9.2. Оптимизация условий получения углеминерального сорбента в виде гранул.	317
9.3. Энтеросорбент «Кальфосорб» с улучшенными сорбционными свойствами по отношению к радионуклидам и тяжелым металлам	327
Заключение	342
Литература	353

Научное издание

Морозова Анна Антоновна

Конопля Евгений Федорович

**СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА
ОТ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

Редактор *А. А. Баранова*

Художественный редактор *Т. Д. Царева*

Технический редактор *М. В. Савицкая*

Компьютерная верстка *Н. И. Кашуба*

Подписано в печать 24.03.2010. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 23,0. Уч.-изд. л. 18,7. Тираж 300 экз. Заказ 148.

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская
навука». ЛИ № 02330/0494405 от 27.03.2009.

Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.

Отпечатано в РУП «Издательский дом «Беларуская навука».