Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Технологический факультет

Кафедра материаловедения и технологии металлов

**Реферат**

**на тему: «Пористые композиционные материалы»**

Выполнила

студент группы 1131

Теленко Нина

Николаев, 2010

**Содержание**

композиционный материал пористый

Введение

I. Общие сведения о композиционных материалах

II. Пористые углеродные материалы типа cибунита

1. Свойства композиционных материалов типа сибунита
2. Ассортимент пористых углеродных материалов

III. Экранирующие и радиопоглощающие материалы

IV. Антифрикционные сплавы

V. Фосфатно-кальциевая керамика – биополимер для регенерации костных тканей

Заключение

Список литературы

**Введение**

Технический прогресс, с одной стороны, порождает необходимость разработки новых конструкционных материалов, а с другой, - в значительной степени обуславливается результатами этих разработок. Появляясь в следствии естественного стремления к совершенствованию существующих конструкций, новые материалы, в свою очередь, открывают возможности для реализации новых конструкционных решений и технологических процессов. В настоящее время перспективы прогресса связываются с разработкой и широким применением композиционных материалов.

Композиционные материалы (КМ) обладают комплексом свойств и особенностей, отличающихся от традиционных конструкционных материалов и в совокупности открывающих широкие возможности, как для совершенствования существующих конструкция самого разнообразного назначения, так и для разработки новых конструкций и технологических процессов.

В данной работе рассматриваются пористые композиционные материалы: некоторые их виды, их особенности и сферы применения.

**I. Общие сведения о композиционных материалах**

Композиционными называют сложные материалы, в состав которых входят сильно отличающиеся по свойствам нерастворимые или малорастворимые один в другом компоненты, разделённые в материале ярко выраженной границей. Композиционным материалам (КМ) можно также дать следующее определение: это материалы, представляющие собой твёрдое вещество, состоящее из матриц и различных наполнителей, частицы которых особым образом расположенные внутри матрицы, армируют её. Композиционный материал должен обладать свойствами, которыми не может обладать ни один из компонентов в отдельности. Лишь только при этом условии есть смысл их применения.

Все КМ можно разделить на два вида: естественные и искусственные. Примером естественных КМ могут служить стволы и стебли растений (волокна целлюлозы соединены пластичным лигнином), кости человека и животных (тонкие прочные нити фосфатных солей соединены пластичным коллагеном), а также эвтектические сплавы.

Основой матрицы КМ могут служить металлы или сплавы (КМ на металлической основе), а также полимеры, углеродные и керамические материалы (КМ на неметаллической основе).

Роль матрицы в КМ состоит в придании формы и создании монолитного материала. Объединяя в одно целое армирующий наполнитель, матрица участвует в обеспечении несущей способности композита. Она передаёт напряжения на волокна и позволяет воспринимать различные внешние нагрузки: растяжение, сжатие, изгиб, удар. Матрица предохраняет наполнитель от механических повреждений и окисления. Выбором матрицы определяется температурная область применения КМ. Рабочая температура деталей из КМ повышается при переходе от полимерной матрицы к металлической, а далее – к углеродной и керамической.

КМ с комбинированными матрицами называют полиматричными. Для полиматричных материалов характерен более обширный перечень полезных свойств. Например, использование в качестве матрицы наряду с алюминием титана увеличивает прочность КМ в направлении, перпендикулярном оси волокон.

В соответствии с геометрией армирующих частиц различают порошковые (или гранулированные), волокнистые, пластинчатые КМ. Порошковые композиты представляют собой смесь порошков металлов и неметаллических соединений, которые образуют дисперсно-упрочнённый сплав. Они отличаются изотропностью свойств. В волокнистых композитах матрицу упрочняют непрерывно и дискретно расположенные волокна. Волокнистые и пластинчатые композиты так же, как и металлические сплавы, имеют анизотропию механических свойств.

В матрице равномерно распределены остальные компоненты (наполнители). Поскольку главную роль в упрочнении КМ играют наполнители, их часто называют упрочнителями.

Основная функция наполнителя – обеспечить прочность и жёсткость КМ. Частицы наполнителя должны иметь высокую прочность во всём интервале температур, малую плотность, быть нерастворимыми в матрице и нетоксичными. Армирующими веществами в КМ являются оксиды, карбиды (обычно – карбид кремния SiC), нитрид кремния (Si3N4), стеклянные или углеродные нити, волокна бора (бороволокна), стальная или вольфрамовая проволока.

По форме наполнители разделяют на три основные группы (рис. 1,1): нульмерные, одномерные, двумерные.

Нульмерными называют наполнители, имеющие в трёх измерениях очень малые размеры одного порядка (частицы).

Одномерные наполнители имеют малые размеры в двух направлениях и значительно превосходящий их размер в третьем измерении (волокна).

У двумерных наполнителей два размера соизмеримы с размером КМ и значительно превосходят третий (пластины, ткань).

По форме наполнителя КМ разделяют на дисперсно-упрочнённые, слоистые и волокнистые.

Дисперсно-упрочнёнными называют КМ, упрочнённые нульмерными наполнителями; волокнистыми – КМ, упрочнённые одномерными или двумерными наполнителями; слоистыми – КМ, упрочнённые двумерными наполнителями.

По схеме армирования КМ подразделяют на три группы: с одноосным, двуосным и трёхосным армированием (рис. 1, 2– 4).

Для одноосного (линейного) армирования используют нуль-мерные и одномерные наполнители (рис. 1,2). Нульмерные располагаются так, что расстояние между ними по одной оси значительно меньше, чем по другим. В этом случае содержание наполнителя составляет 1 – 5 %. Одномерные наполнители располагаются параллельно один другому.

При двухосном (плоскостном) армировании используют нуль -, одно- и двумерные наполнители (рис. 1, 3). Нульмерные и одномерные наполнители располагаются в параллельных плоскостях. При этом расстояние между ними в пределах плоскости значительно меньше, чем между плоскостями. При таком расположении нульмерного наполнителя его содержание доходит до 15 – 16 %. Одномерные наполнители находятся также в параллельных плоскостях. При этом в пределах каждой плоскости они расположены параллельно, а по отношению к другим плоскостям – под разными углами. Двумерные наполнители параллельны один другому.

При трёхосном (объёмном) (рис..1,4) армировании нет преимущественного направления в распределении наполнителя. Расстояние между нульмерными наполнителями одного порядка. В этом случае их содержание может превышать 15 – 16 %. Одномерные наполнители располагаются в трёх и более пересекающихся плоскостях **[45]**.

**Рис.1**

**II. Пористые углеродные материалы типа cибунита**

Пористые углеродные материалы (ПУМ) нашли широкое применение в процессах сорбции и катализа. Использование углеродных материалов в катализе обусловлено рядом их специфических свойств и доступностью. По каталитическим свойствам катализаторы на углеродных носителях часто превосходят катализаторы на оксидных носителях. На основе углеродных носителей получают широкий набор катализаторов для крупнотоннажных химических процессов. Для каждого каталитического процесса, в зависимости от условий его проведения, кинетических закономерностей и удельной каталитической активности катализатора, могут быть подобраны оптимальные пористая структура (текстура) и форма и размер зерен катализатора, обеспечивающие наибольшую скорость реакции и оптимальные гидродинамические характеристики процесса [1-3].

В настоящее время промышленность выпускает ограниченный ассортимент пористых углеродных материалов, используемых в качестве носителей катализаторов. Для приготовления промышленных катализаторов используются в основном активные угли каменноугольного или растительного происхождения. Однако широкое применение промышленных активных углей в качестве носителей зачастую ограничено их микропористой структурой, которая не является оптимальной для многих катализаторов. Часто не соответствуют параметрам каталитических процессов форма и размер гранул носителей. В ряде процессов использование промышленных активных углей ограничено высоким содержанием в них минеральных примесей и серы, а также низкими прочностными характеристиками, приводящими к уменьшению срока службы и потерям катализаторов. Для современных каталитических технологий необходимо создание пористых углеродных материалов с новым сочетанием свойств, которые не могут быть получены в рамках использования традиционных видов сырья и технологических подходов. Для

таких каталитических технологий требуются новые носители с гораздо более крупными и регулярными порами, чем у существующих сегодня традиционных носителей на основе растительного и каменноугольного сырья [4-6]. Значительно большие возможности могут быть реализованы при создании новых типов носителей на основе синтетических композиционных углерод-углеродных материалов. Использование синтетических материалов с заранее заданными свойствами позволяет целенаправленно конструировать пористые материалы и прогнозировать их структуру и свойства. Разработанные к настоящему времени вопросы теории и практики посвящены главным образом получению и исследованию микропористых углеродных материалов [7-9], в то время как целенаправленный синтез и регулирование пористой структуры мезо- и макропористых материалов мало изучены и не нашли широкой практической реализации.

Сибунит – мезопористый углеродный материал [14].

1. **Свойства композиционных материалов типа сибунита**

Синтетические композиционные материалы типа сибунита сочетают в себе достоинства графита (например, химическую стабильность, высокую электропроводность и др.) со свойствами активных углей (высокой удельной поверхностью и сорбционной емкостью) [11, 12].

Отличительными чертами композитов являются регулируемая удельная поверхность и воспроизводимая пористая структура, высокая химическая чистота, механическая прочность, активность и срок службы приготовленных на их основе катализаторов. Композиционные материалы имеют высокую термическую стабильность и химическую стойкость в окислительных средах, значительно превышающую стойкость активных углей на основе сырья растительного и каменноугольного происхождения.

Характерной особенностью композиционных материалов является тип пористой структуры, отличной от структуры активных углей. Если бипористая структура традиционных углей имеет микромакропористый характер, то углеродные композиты являются преимущественно мезопористыми материалами. Подбором исходного сырья и условий получения можно регулировать положение максимума распределения мезопор в диапазоне 4 - 400 нм. Отдельные марки композитов могут иметь высокое содержание макропор (до 0.4 - 0.6 см3/г) с размером R = 100. 2000 нм и низкую удельную поверхность (не более 2 - 10 м2/г). По параметрам пористой структуры такие материалы являются аналогами широкопористых оксидных носителей, например α -оксида алюминия. Другие марки композитов могут иметь мезомакропористую структуру с характерными размерами и распределением пор в указанных выше диапазонах. Композиты имеют низкое содержание микропор размером 0.4 - 1.5 нм, которое обычно не превышает 5 - 7 % суммарного объема пор. Однако отдельные марки сибунита могут иметь объем микропор до 0.1 - 0.15 см3/г. Важнейшим достоинством композиционных материалов является их высокая механическая прочность при раздавливании и истирании, которая значительно превышает уровень прочности известных пористых углеродных материалов, производимых традиционными методами. Уровень механической прочности коррелирует в первую очередь с суммарным объемом пор и удельной поверхностью. Так, прочность мезопористых композитов с объемом мезопор 0.4 - 0.8 см3/г составляет 70 - 150 кг/см2, у высокопористых материалов она может снижаться до уровня 60 - 70 кг/см2. У макропористых материалов с высокими значениями объема пор и низкой удельной поверхностью прочность может достигать 200 кг/см2, а в отдельных случаях - 500 кг/см2.

1. **Ассортимент пористых углеродных материалов**

Традиционные технологии синтеза углеродных носителей и сорбентов, использующие методы гранулирования и таблетирования,

позволяют получать носители лишь в виде элементов простейшей формы - таблеток, сферических гранул и зерен с диаметром не более 3 - 5 мм. В то же время известно, что в ряде химических процессов наиболее эффективны носители и катализаторы, имеющие сложную геометрическую форму (кольца, соломка, лепестки, микроблоки и блочные изделия сотовой структуры) [1]. В последнее время в каталитических процессах, связанных с решением экологических проблем, в гетерогенном катализе и в ряде других химических процессов достаточно широкое распространение получили керамические, оксидные и металлические блочные носители и катализаторы сотовой структуры. Это произошло благодаря их развитой внешней поверхности, широкому выбору вариантов конструктивного решения, низкому перепаду давлений, высокой термо- и механической устойчивости и другим достоинствам. Для получения керамических, оксидных и

углеродных изделий сложной формы, в том числе блоков сотовой структуры, целесообразно использовать технологию экструзии пластичной углеродной массы через фильеры [13]. Однако при экструзионном формовании изделий сложной формы и блоков сотовой структуры возникает ряд проблем, не позволяющих получать качественные изделия требуемой формы. Часть этих проблем связана с реологическими свойствами формовочных масс. До настоящего времени не существует единого мнения относительно выбора критерия оценки реологических свойств и их оптимальных значений. Более того, разные авторы предлагают использовать различные реологические параметры для характеристики пригодности формовочных масс к экструзии. В работе [14] для такой характеристики использовали структурно-механический тип дисперсных систем.

Из методов регулирования реологических свойств формовочных масс наиболее известны метод введения в массы водо- или органорастворимых полимеров, органических соединений и ПАВ [15,16,17, 18], а также метод структурно-кинетического модифицирования [19], заключающийся во введении в состав формовочной массы твердых частиц, соизмеримых или несколько меньших по размеру, чем твердые дисперсные агрегаты формовочной массы.

Экструзия углеродсодержащих масс в изделия сложной формы в сравнении с керамическими массами имеет ряд специфических

реологических особенностей. Трудности, возникающие при экструзии углеродных элементов различной формы, также могут быть преодолены соответствующей оптимизацией рецептур углеродных формовочных масс или созданием специальных технологических режимов экструзии [20]. В работах [20, 21] описывается системный подход к изучению реологического поведения пластичных углеродных масс и выбору параметров экструзии на основе реологических исследований углеродных дисперсий. В [21] исследовано реологическое поведение пластичной композиции ТУ - дисперсионная среда. В качестве дисперсионной среды использовались вода, водные дисперсии и растворы полимеров. Применение полимеров для

улучшения формуемости дисперсных систем является известным технологическим приемом, широко используемым при формовании

керамических и оксидных масс. Упрочняющий эффект полимеров обусловлен прежде всего природой макромолекул полимеров. Их длина в сочетании с гибкостью, внутри- и межмолекулярным взаимодействием приводит к образованию в дисперсионной среде разнообразных элементов пространственной макроструктуры зацеплений, узлов т. п. Для приготовления пластичных углеродных масс использовались водорастворимые полимеры полиэтиленоксид и полиакриловая кислота, а также полимеры, не образующие истинных растворов в воде, - поливинилацетат и декстрин. Выбор различных типов полимеров, вводимых в состав дисперсионной среды, позволил оценить влияние их структуры и свойств на формуемость элементов сложной формы из пластичных углеродных масс на основе ТУ.

Благодаря своим уникальным свойствам углеродные материалы типа сибунита нашли применение в каталитических и сорбционных

процессах. Регулируемые пористая структура, удельная адсорбционная поверхность и химический состав поверхностных группировок позволяют получать на основе сибунита целое семейство палладиевых катализаторов для процессов органического синтеза [22, 23]. Кроме того, сибунит использовался для приготовления сульфидных катализаторов гидроочистки [24] и гидродеметаллизации, цинк-ацетатных катализаторов синтеза винилацетата [25], рениевых катализатов дегидрирования циклогексана, изопропилового спирта [26, 27], гидрирования этилацетата [28] и ряда других. Высокие прочностные свойства и низкая способность к генерации пылевидных частиц позволили использовать материалы типа сибунита для создания сорбентов медицинского назначения - гемо- и энтеросорбентов [29].

Высокая проводимость и высокая стойкость в агрессивных средах способствовали применению блоков сотовой структуры на основе сибунита в качестве трехмерных электродов в электрохимических процессах [30]. Известно применение сибунита для синтеза фторуглеродного материала [31], сорбентов технического назначения [32, 33] и в ряде других химических и сорбционных процессов.

**Рис. 2. Ассортимент формованных углеродных материалов (а) и блочных углеродных изделий сотовой структуры (б)**

**III. Экранирующие и радиопоглощающие материалы**

Проблемы биологического воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ), а также вопросы обеспечения электромагнитной совместимости при развитии и усовершенствовании изделий радиоэлектроники и устройств защиты информации приводят к широкому использованию экранирующих и радиопоглощающих материалов [34]. Чаще всего для этих целей используются композиционные материалы, в которых эксплуатационные (механические) характеристики задаются свойствами образующей матрицы (обычно полимерной), а наполнитель взаимодействует с электромагнитным излучением [35].

Существует возможность создания экранов и поглотителей электромагнитного излучения на основе влагосодержащих композиционных материалов [36–38]. Матрицей в этом случае являются органические капиллярно-пористые среды, удерживающие влагу за счет сил поверхностного натяжения (например, машинно-вязанное полотно из синтетических волокон).

Для этих целей используются пористые среды в виде дисперсных влагопоглотителей, наиболее распространенным из которых является силикагель [39]. Подавление электромагнитной энергии осуществляется при взаимодействии излучения с раствором, диэлектрические и проводящие свойства которого можно контролировать, изменяя его состав [40], а также структуру образующей матрицы, и созданием многослойных материалов с градиентом свойств по толщине.

Вода является наиболее широко распространенным поглотителем электромагнитного излучения миллиметрового диапазона, большинство материалов имеют малые диэлектрические потери в СВЧ диапазоне по сравнению с водой.

Исследования Б.В. Дерягина, Н.В. Чураева и др. [41] свойств воды в различных дисперсных системах показали, что вода в тонких порах представляет собой многослойную структуру, 60 включающую связанную, граничную и объемную фазы. При этом физические свойства их различны. Связанная вода обладает повышенной плотностью (при влагосодержании материала 1,64% плотность — 1,74 г/см3), удельное сопротивление связанной воды очень велико, что объясняется ее пониженной растворяющей способностью. Диэлектрические свойства связанной воды также отличаются от свойств воды в объеме. Хотя единого мнения на этот счет не существует, наиболее распространенным является мнение о частотной независимости диэлектрической проницаемости связанной воды [41].

Температура замерзания граничного слоя понижена по сравнению с объемной водой, вследствие этого при температурах до –10°С некоторая доля воды, содержащейся в пористой системе, остается незамерзшей (рис. 3) **[41].**

**Рис. 3. Элемент структуры промерзшего пористого тела**

1 — незамерзающие пленки влаги: 2 — лед; 3 — частицы пористого тела; 4 — фаза газа; 5 — незамерзающие прослойки влаги

Взаимодействие электромагнитной энергии с молекулами воды в жидкой фазе, содержащейся в поровых пространствах дисперсных систем, приводит к ее частичному отражению и поглощению в растворе. Основными характеристиками взаимодействия ЭМИ с влагосодержащими композиционными материалами являются величина ослабления и отражения электромагнитной энергии, зависящие от количества и свойств поглощающего наполнителя. Таким образом, сравнивая величины ослабления ЭМИ разными образцами, можно анализировать их влагосодержание.

Поглощение энергии электромагнитного излучения диапазона СВЧ связано с релаксационным процессом ориентационной поляризации диполей воды в диапазоне частот до 300 ГГц. Однако при образовании упорядоченной структуры кристаллов льда, молекулы воды теряют свободу вращательных и колебательных движений, вследствие чего поглощение энергии ЭМИ резко снижается [46].

**IV. Антифрикционные сплавы**

Антифрикционные сплавы – специальные сплавы белых и цветных металлов, применяемых для уменьшения трения во впадинах подшипников [42].

Пористые, пропитываемые маслом подшипники очень удобны в труднодоступных узлах трения и обеспечивают высокую износостойкость при малом коэффициенте трения. Кроме того, они могут заменять бронзу или позволяют более экономно расходовать цветные металлы, но наличие пор снижает их прочность и поэтому для тяжелонагруженных подшипников, например коренных и шатунных двигателей, они не применяются. Пористые подшипники изготовляют из железного или медного порошка. Если нет опасности ржавления, то подшипники изготовляются из смеси железного порошка с графитом, который добавляется в количестве 1 - 2%. Пористость в таких подшипниках 20 - 30%. После прессования и спекания они пропитываются маслом, где коррозия возможна, там применяются бронзовые подшипники. Пористые бронзовые подшипники изготовляют из смеси порошков 88% Сu, 10% Sn и 2% графита. Пористые подшипники обладают хорошими антифрикционными качествами, но менее прочны, чем сплошные, поэтому их нельзя применять при больших нагрузках, например для шатунных и коренных подшипников двигателя. Эти материалы отличаются способностью саморегулировать подачу смазки. На контактной поверхности трущейся нары образуется непрерывная пленка. Этим обеспечивается жидкое трение.

К антифрикционным автомобильным деталям также относятся направляющиевтулки клапана, шестерни масляного насоса и т. д., которые изготовляются изсмеси порошков 96% Fe +2,5% Сu +1,5% графита; после прессования и спеканияони отжигаются при температуре 740 и 715° С, т. е. производится отжиг назернистый перлит. Содержание углерода после спекания не менее 0,8%. Наиболее желательной, обеспечивающей высокое качество пористых железографитных подшипников структурой является перлит с графитными включениями; в случае наличия у них ферритной структуры они быстро изнашиваются, налипают на шейку вала и имеют высокий коэффициент трения. Цементит в структуре железографнтных подшипников, хотя и повышает их сопротивление износу, но изнашивает и царапает шейку вала и также повышает коэффициент трения [42].

**V. Фосфатно-кальциевая керамика – биополимер для регенерации костных тканей**

Поражения костных тканей в результате патологических заболеваний, таких как остеомиелит, остеосаркома, остеопороз, или травм занимают одно из первых мест среди причин смертности, временной нетрудоспособности и развития инвалидности. Для восстановления работоспособности человека поврежденные участки костной ткани замещают имплантатами из биологически инертных (металлы, пластмассы) или активных материалов (фосфатно-кальциевая керамика, биостекла, костные алло- и аутографты). Однако такой подход не всегда приводит к положительным результатам из-за возможного отторжения организмом инертных материалов, деградации здоровой костной ткани в месте контакта, механический несовместимости ткани-хоста и имплантата, опасности иммунных реакций, необходимости вторичных хирургических операций.

В последнее десятилетие активно развивается принципиально иная концепция – так называемая тканевая инженерия. Она основана не на замещении, а на регенерации костной ткани **[43]**. Организм сам может восстанавливать поврежденную костную ткань, если для этого созданы надлежащие условия: имеется матрикс соответствующей архитектуры, на котором происходит наращивание ткани, и необходимые стимулы для остеогенеза. Одним из ключевых моментов этой медицинской технологии является материал матрикса, который должен обладать определенными качествами. Он должен быть биологически совместим с организмом; иметь взаимосвязанные поры размером от 100 мкм до 1 мм и каналами между порами от 10 до 100 мкм, необходимые для обеспечения биологических потоков, прорастания костной ткани, сосудов и нервных окончаний в имплантат; обладать кинетикой биологической деградации (резорбции) в организме, согласующейся с кинетикой остеогенеза; должен обладать достаточными показателями механических свойств, чтобы выдерживать физиологические нагрузки в переходный период.

Полагают, что оптимальным материалом матрикса является композит фосфатно-кальциевая керамика – биополимер, моделирующий по фазовому составу и микроструктурной организации костную ткань. Наиболее перспективными фосфатами кальция для изготовления композитов является гидроксиапатит (ГА), трикальцийфосфат (ТКФ) и карбонат-замещенный ГА (КГА), а биологическими полимерами – хитозан, желатин и их комбинация.

Разработка физико-химических основ технологии композиционных материалов, сочетающих биосовместимость и твердость фосфатно-кальциевой керамики с регулируемой резорбируемостью и эластичностью, свойственной биополимерам, является актуальной, пока еще не решенной задачей, имеющей важное социальное значение **[44]**.

**Рис. 4. Технологическая схема пористых композиционных матриксов с полимерным каркасом**

**Заключение**

Итак, много нового человечество узнало, и много больше узнать еще предстоит, и горят огнем сердца ученых, и проводятся все новые эксперименты. Композиционные материалы – это материалы будущего, что вскоре станет нашим настоящим. Среди них материалы с пористой структурой имеют весомое значение для улучшения жизненной деятельности человека, так как они применяются в самых разнообразных сферах, дают возможность повышать качество иных уже существующих материалов и в целом могут быть использованы для улучшения качества жизни общественности.

**Список литературы**

1. Г. К. Боресков, Гетерогенный катализ, Наука, Москва, 1987.

2. Г. К. Боресков, Катализ. Вопросы теории и практики, Наука, Новосибирск, 1987.

3. М. В. Ландау, Катализаторы на основе молибдена и вольфрама для процессов переработки нефтяного сырья, ЦНИИТЭнефтехим, Москва, 1995.

4. А. В. Киселев, Углеродные сорбенты и их применение в промышленности, Наука, Москва, 1983.

5. Элвин Б. Стайлз, Носители и нанесенные катализаторы. Теория и практика, Химия, Москва, 1991.

6. В. А. Семиколенов, Журн. прикл. химии, 70 (1997) 785 с.

7. В. Б. Фенелонов, Пористый углерод, изд. Ин-та катализа СО РАН, Новосибирск, 1995.

8. Г. М. Бутырин, Высокопористые углеродные материалы, Химия, Москва, 1986.

9. А. П. Карнаухов, Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов, Наука, Новосибирск, 1999.

10. 14 Yu. I. Yermakov, V. F. Surovikin, G. V. Plaksin et al., React. Kinet. Catal. Lett., Металлургия, Москва, (1987) 435 с.

11. Г. В. Плаксин, Разработка и исследование новых типов углеродных носителей катализаторов, Дис. . канд.хим. наук, Новосибирск, 1991.

12. Г.В. Плаксин, Труды III Междунар. симп. .Катализ в превращениях угля., Новосибирск, 1997, ч. 1, с. 99 с.

13. Р. Дж. Фаррауто, Кинетика и катализ, ЦНИИТЭнефтехим, Москва, (1998) 646 с.

14. В. А. Дзисько, Основы методов приготовления ката-

лизаторов, Наука, Новосибирск, 1983.

15. Б. Л. Храмов, Э. Н. Юрченко, Т. В. Челкова, Журн.прикл. химии, ЦНИИТЭнефтехим, Москва, (1994) 1253 с.

16. Ю. Г. Широков, Э. Н. Юрченко, А. П. Ильин, В. Ю. Про-

кофьев, Наука, Москва, (1995) 79 с.

17. В. В. Демин, В. С. Бесков, А. В. Беспалов, Хим. пром-

сть, Наука, Новосибирск, (1989) 509 с.

18. 60 Э. Н. Юрченко, В. Ю. Прокофьев, А. П. Ильин, Ю. Г. Ши-

роков, Журн. прикл. химии, ЦНИИТЭнефтехим, Москва, (1995) 607 с.

19. В. И. Ванчурин, В. С. Бесков, Хим. пром-сть, ЦНИИТЭнефтехим, Москва, (2000), 145 с.

20. 37 В. К. Дуплякин, О. Н. Бакланова, Г. В. Плаксин, Хим.

пром-сть, Наука, Москва, (1996) 43 с.

21. 65 О. Н. Бакланова, Г. В. Плаксин, В. К. Дуплякин, Химия в интересах устойчивого развития, А. с. 1352707 СССР, (2000) 667.

22. В. А. Семиколенов, Журн. прикл. химии, ЦНИИТЭнефтехим, Москва, (1997) 785.

23. В. А. Семиколенов, Успехи химии, 61 (1992) 320.

24. А. Н. Старцев, С. А. Шкуропат, В. И. Зайковский и др., Кинетика и катализ, Наука, Москва, (1988) 398.

25. В. А. Мамян, Л. А. Геворкян, Л. А. Оганесян, А. С. Лисицын, Пласт. массы, Химия, Москва (1990) 80 с.

26. В. А. Мамян, Л. А. Геворкян, Л. А. Оганесян, А. С. Лисицын, Пласт. массы, Химия, Москва, (1990) 80 с.

27. М. А. Ряшенцева, Изв. РАН. Сер. хим., А. с. 1352707 СССР, (1996) 2119.

28. М. А. Ряшенцева, В. И. Аваев, Химия, Москва, (1999) 1006 с.

29. В. Ф. Суровикин, Л .В. Полуэктов, С. И. Филиппов и др., Пат. 1319475 РФ, 1993.

30. О. Н. Бакланова, В. К. Дуплякин, В. В. Шим и др., Междунар. семинар. Блочные носители и катализаторы сотовой структуры., Тез. докл., Новосибирск, 1995, ч. 1, с. 192.

31. С. В. Земсков, Л. Л. Горностаев, В. Н. Митькин и др., Пат. 2054375 РФ, 1996.

32. Г. А. Коваленко, В. А. Семиколенов, Е. В. Кузнецова и др., Коллоид.журн., 61 (1999) 787.

33. В. Ф. Суровикин, М. С. Цеханович, В. М. Шопин, Ю. В. Суровикин, Тр. Междунар. симп. по адсорбции и хроматографии макромолекул, Москва, 1994, с. 109.

34. Лыньков Л.М., Богуш В.А., Колбун Н.В. и др. // Доклады БГУИР. 2004. Т. 2, № 5. С. 152–167.

35. ГОСТ 30381-95 ССБТ. Поглотители электромагнитных волн для экранированных камер. Общие технические тре-

бования. Мн., 2000. 24 с.

36. Украинец Е.А., Колбун Н.В. // Докл. БГУИР. 2003. Т. 1, № 4. с. 122.

37. Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Колбун Н.В., Хижняк А.В., Чембрович В.Е. // Изв. военной академии. 2004. №3 (4), c. 75–77.

38. Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Колбун Н.В.Пат. № 1119 BY, МПК Н 01Q 17/00. Поглотитель электромагнитного

излучения – №u20030142; Заявл. 04.04.2003; Опубл. 15.10.2003 // Афiцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. 2003. № 4. с. 322.

39. Колбун Н.В., Фан Н. Занг, Лыньков Л.М. и др. // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: Материалы докл. Междунар. науч.-техн. семинара. Минск, 2004. с. 78–84.

40. Борботько Т.В., Колбун Н.В., Лыньков Л.М., Терех И.С. // Новые технологии изготовления многокристальных модулей: Материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Нарочь, 27 сентября – 1 октября 2004 г. Мн., 2004. с. 132–135.

41. Дерягин Б.В., Чураев Н.В, Овчаренко Ф.Д. и др. Вода в дисперсных системах. М., 1989 г., 288 с.

42. Васильев Н.Н., Исатян О.Н., Рагинский Н.О. и др. // Технический железнодорожный справочник. Государственное транспортное железнодорожное издательство – 1941.

43. Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут // Биология в трех томах под редакцией Р. Сопера. Москва "Мир", 2004, 449 с.

44. Федотов А.Ю.Пористые матрицы на основе хитозана и гидроксиапатита для замещения костных дефектов // Перспективные материалы. 2007. Специальный выпуск, c. 160.

45. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.Б. Болотин и др.; под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

46. Исследование состояния влаги в пористых средах на основе силикагеля при их низкотемпературной обработке / Н.В. Колбун, Л.М. Лыньков - Минск, Беларусь, 2005.