



На правах рукописи

Соловьев Валерий Сергеевич

**КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВОДОПОГЛОЩАЮЩИЕ
МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ И
БЕНТОНИТОВ**

05.17.06 --

Технология и переработка полимеров и композитов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, доцент

М.В. Успенская

5 АПР 2012

Санкт – Петербург

2012

Работа выполнена в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики.

Научный руководитель доктор технических наук, доцент
Успенская Майя Валерьевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Мазур Андрей Семёнович
кандидат химических наук, старший
научный сотрудник
Мельникова Наталия Анатольевна

Ведущая организация: **ФГУП НИИСК им. акад. С.В. Лебедева**

Защита диссертации состоится «18» мая 2012 г. в 15³⁰ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.230.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» по адресу: 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 26.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

Отзывы и замечания в одном экземпляре по данной работе, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 26, СПбГТИ (ТУ), Ученый Совет.

Тел. 494-93-75; факс: 712-77-91; E-mail: dissovet@technolg.edu.ru

Автореферат разослан «14» марта 2012 г.

Ученый секретарь Совета Д 212.230.05,
доктор химических наук, профессор



М.А. Ищенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В настоящее время в различных технологиях являются востребованными полимерные материалы, которые не только обладают определенными физико-химическими свойствами, но и способны в зависимости от внешних условий в процессе эксплуатации целенаправленно изменять свои характеристики.

Особое внимание уделяется сшитым акриловым полиэлектролитам, которые также называются супервлагоабсорбентами или гидрогелями. Основными характеристиками акриловых гидрогелей, необходимыми для практического использования, являются высокая степень набухания и приемлемые физико-механические свойства. Однако на практике, высокая сорбционная емкость полимера ведет к значительному снижению деформационно-прочностных параметров материала.

Одним из способов решения указанной задачи является создание полимерных композиций. В качестве неорганических наполнителей могут выступать различные породы глин, углеродные или стеклянные частицы и т.д. Использование в качестве модификаторов полимерной матрицы различных видов глин позволяет решить комплекс поставленных задач от улучшения физико-механических характеристик до получения материалов заданной геометрической формы, что приводит к созданию целого ассортимента новых «интеллектуальных» полимерных композиционных материалов. В предоставленной работе в качестве модификаторов водопоглощающей полимерной матрицы были использованы бентониты, поэтому создание сорбирующих акриловых композитов с улучшенными прочностными и термическими характеристиками и прогнозируемыми свойствами, является актуальным, что позволит расширить спектр уже известных областей применения водопоглощающих материалов.

Представленная работа являлась частью исследований, проводимых при поддержке Правительства Санкт-Петербурга «Конкурс грантов для студентов и аспирантов вузов и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга» в 2008 г. (грант № 25/30-04/28, «Создание

трудногорючих композиционных материалов на основе акрилатных полимеров и бентонита») и в 2009 г. (грант № 29\30-04\059, «Получение материалов многофункционального назначения»), что подтверждает актуальность и значимость проведенных исследований.

Цель настоящей работы – создание и исследование физико-химических свойств водопоглощающих бентонит-содержащих акриловых композитов с улучшенными прочностными и термическими характеристиками.

В связи с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

1. Установить закономерности получения радикальной полимеризацией акриловых композитов в присутствии бентонитов в качестве наполнителей.
2. Исследовать влияние наполнителей на физико-химические свойства акриловых супервлагоабсорбентов.
3. Изучить воздействие бентонитов на горючесть и термическую стабильность полученных полимерных композиций.
4. Исследовать влияние доли наполнителя – бентонита на сорбционные характеристики акриловых минерал-содержащих композитов.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

В работе впервые получен минерал-содержащий полиакриловый водопоглощающий композит радикальной полимеризацией и исследованы кинетические закономерности протекания процесса гелеобразования в системе акриловая кислота – акриламид – N,N'-метиленбисакриламид – бентонит.

Изучены физико-химические характеристики новых полимерных композитов.

Показано влияние наполнителя на структуру и свойства полимерных акриловых композитов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

На основе бентонита разработаны полимерные влагопоглощающие материалы с улучшенными прочностными и сорбционными характеристиками.

Разработаны методики создания бентонит-наполненных полимерных материалов, обладающих достаточной механической прочностью и сорбционной способностью, которые могут быть использованы для очистки сточных вод от примесей би- и поливалентных металлов, а также при создании элементов интегрально-оптических сенсоров.

Совместно с Белгородским государственным университетом показана возможность создания трудногорючих композиционных полимерных материалов. Получено положительное заключение Санкт-Петербургского Государственного университета противопожарной службы МЧС России.

Проведенные, совместно с ВМА им. С.М. Кирова, исследования показали, перспективность использования бентонит-содержащих акриловых композитов в создании сорбирующих повязок при местном лечении поверхностных, инфицированных и гнойных ран.

Разработан и апробирован в условиях опытного производства НПО «Аналитика» процесс получения полимерных бентонит-содержащих композитов.

Практическая значимость некоторых частей работы и предлагаемых технических решений подтверждена актами испытаний.

Материалы диссертации и разработанные экспериментальные методики используются в лабораторном практикуме по физико-химическим методам анализа в НИУ ИТМО на кафедре ИТТЭК.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА

Все исследования и подготовка статей к публикации проводились лично автором или при его непосредственном участии.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Основные положения диссертационной работы были представлены на международных и всероссийских конференциях, форумах, совещаниях и симпозиумах, в том числе на Политехническом симпозиуме (Санкт-Петербург, 2006); Петербургских чтениях по проблемам прочности, (Санкт-Петербург, 2007); на VI и VII Международных конференциях «Химия твердого

тела и современные микро- и нанотехнологии» (Кисловодск – Ставрополь, 2006, 2007); на XX всероссийском совещании по температуроустойчивым функциональным покрытиям, (Санкт–Петербург, 2007); на Всероссийском форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах», (Санкт–Петербург, 2007, 2008, 2009); на Всероссийском форуме студентов, аспирантов и молодых ученых, (Санкт–Петербург, 2007).

По материалам конференций опубликованы тезисы докладов.

Публикации

Основные результаты исследований изложены в 18 публикациях, в том числе, 4 статьи в отечественных журналах: «Журнал прикладной химии» и «Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО», «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки», входящие в перечень журналов ВАК.

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, выводов, списка использованных источников из 113 наименований, 8 приложений. Диссертация изложена на 129 страницах и содержит 70 рисунков и 19 таблиц.

Достоверность выводов, приведенных в представленной работе, основывается на применении современных методов исследования полимеров, таких как ИК-, УФ-спектроскопии, дифференциально-сканирующей колориметрии, рентгено-флуоресцентном анализе, электронной и атомно-силовой микроскопии, гравиметрии, дифференциально-термическом и спектрофотометрическом анализах, эллипсометрии и рефрактометрии, а также использованием математико-статистических методов обработки результатов. В работе был использован фрактальный анализ для описания процесса набухания полимерных композиционных материалов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены основные методы получения наполненных полиакриловых водопоглощающих полимеров и композитов на их основе, проанализированы достоинства и их недостатки, проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, показывающей современное состояние исследований в изучаемой области. Это позволило определить цели и задачи работы, а также выбрать объекты исследования.

Во второй главе представлены объекты исследований, экспериментальные методы исследований и методики расчетов. В настоящей работе в качестве объектов исследования были выбраны композиции на основе акриловых сополимеров и бентонитов.

В третьей главе представлены экспериментальные результаты и их обсуждение.

Новые минерал-содержащие полимерные материалы, на основе акриловых производных и наполнителя - бентонита с различной долей, получены методом радикальной полимеризации в водной среде.

В качестве мономеров были использованы акриловая кислота и акриламид в соотношении 70% кислоты – 30% акриламида и N,N'-метиленабис-акриламида. Для иницирования была использована окислительно-восстановительная система: персульфат аммония – тетраметилэтилендиамин.

Одним из вопросов, поставленным при изучении процесса радикальной полимеризации бентонит-содержащих полимерных композиций, было распределение частиц наполнителя при синтезе в матрице полимера.

Известно, что при проведении интеркаляционной полимеризации, т.е. при синтезе полимера осуществляемого непосредственно в межслоевом пространстве пластинчатых кристаллов, в зависимости от условий синтеза возможно образование различных структур композита: от интеркалированного до эксфолиированного.

Исследования поверхности новых синтезированных бентонит-содержащих композитов с различной долей бентонита, выполненные с помощью оптического микроскопа Axio Observer D.1., представлены на

рисунке 1. Как видно из рисунка 1 при введении частиц наполнителя в процессе синтеза наблюдается получение частично упорядоченной структуры типа карточного домика.

Одной из основных характеристик описания закономерности образования полимерной сетки является время начала гелеобразования.

В ходе работы было изучено влияние времени синтеза, соотношения и доли сомономеров и температуры реакционной смеси, концентрации бентонитов на время начала гелеобразования.

На рисунке 2 показана зависимость времени начала гелеобразования от концентрации наполнителя – бентонита.

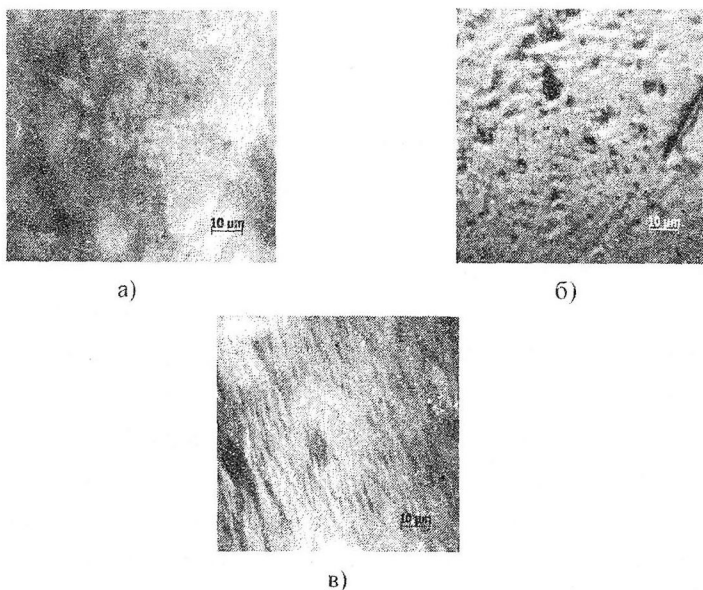


Рисунок 1 – Фотографии поверхности композитов на основе акриловых полимеров и бентонита: а) ненаполненный полимер; б) композит с концентрацией бентонита 10 масс.%; в) композит с концентрацией бентонита 50 масс.%.

Как видно из рисунка 2, время начала гелеобразования для наполненных систем выше, чем для ненаполненных. Это можно объяснить тем, что уменьшается подвижность молекул в адсорбционном слое, и это оказывает существенное влияние на скорость полимеризации на начальной стадии реакции.

Эффективная энергия активации радикальной сополимеризации акриловых производных в присутствии бентонита, как наполнителя, составила

$$E_{\text{эф}} = 128 \text{ кДж/моль.}$$

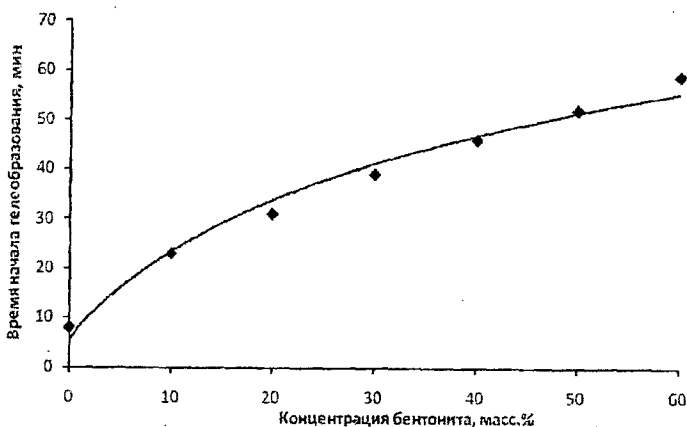


Рисунок 2 – Зависимость времени начала гелеобразования от содержания бентонита при синтезе полиакриловых минерал-содержащих композитов.

Условия синтеза: время синтеза – 90 мин, температура синтеза – 50°C, содержания МБАА – 0,1 масс.%, доля мономеров – 22 масс. %, соотношение мономеров: АК – 70 %, АА – 30%, ПСА – 2%, ТМЭД – 0,1%, степень нейтрализации АК – 0,8.

Изучение кинетических параметров набухания полимерных композитов, является одной из главных задач при создании влагопоглощающих материалов, поскольку, в большинстве случаев, необходимо быстрое реагирование образца на внешнее воздействие. Как известно, скорость

абсорбции зависит как от характеристик самой набухающей полимерной композиции (степени сшивки, концентрации наполнителя, природы полимерной матрицы и т.д.), так и от внешних условий, таких как, температура, давление, природа окружающей среды и т.д.

При введении в композицию природного сорбента – бентонита, происходит изменение абсорбционной способности всей полимерной системы в водных растворах CoCl_2 в различной концентрации, что представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, увеличение доли бентонита в составе композита приводит к росту значений его равновесной степени набухания.

Увеличение концентрации электролита в окружающем гидрогель водном растворе приводит к уменьшению степени набухания всех изучаемых систем, что объясняется эффектом полиэлектролитного подавления. Увеличение концентрации ионов поливалентных металлов в водных растворах более чем 10^{-2} М ведет к коллапсу полимерного материала.

Таблица 1 – Зависимость равновесной степени набухания в водном растворе CoCl_2 от концентрации бентонита в полимерной матрице.

Концентрация соли CoCl_2 , М	Значение равновесной степени набухания в водном растворе солей CoCl_2 , г/г				
	0 масс.%	10 масс.%	30 масс.%	50 масс.%	60 масс.%
	бентонита	бентонита	бентонита	бентонита	бентонита
10^{-5}	350	300	245	220	150
10^{-4}	210	170	160	150	90
10^{-3}	125	120	110	90	60
10^{-2}	25	20	20	20	15
Вода дистиллированная	570	410	620	800	940

Кинетические параметры процесса набухания новых полимерных композитов были изучены в водных растворах моно- и поливалентных металлов, в также в дистиллированной воде. Значения констант скорости

набухания для полимерных акриловых композиций с различной долей бентонита в дистиллированной воде представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, с увеличением доли наполнителя в полимерной матрице скорость набухания возрастает. При этом, скорость на начальном участке и константа скорости набухания для полимерных бентонит-содержащих композитов с долей наполнителя 60 масс.% увеличиваются более чем в 4 раза, по сравнению с ненаполненным полимером.

Таблица 2 – Зависимость константы и средней скорости набухания полимерных акриловых композиций в дистиллированной воде при температуре 20°C от концентрации наполнителя.

Доля бентонита, масс.%	Скорость на начальном участке, г/ч	Константа скорости набухания, мин ⁻¹
0	21,9	0,043
30	31,9	0,057
50	52,9	0,076
60	99,3	0,184

Количество ионов поливалентных металлов, сорбированных бентонит-содержащим акриловым композитом из водных растворов CoCl_2 и CuCl_2 различных концентраций определялось при помощи спектрофотометрического анализа. На рис.3 представлена зависимость доли поглощенных ионов кобальта из водного раствора хлорида кобальта концентрацией 10^{-4} М от содержания бентонита в полимерной матрице. При концентрациях водных растворов солей электролитов более 10^{-4} моль/л, наблюдается сорбция ионов металлов, что приводит к уменьшению водопоглощения и водоудерживания. Это можно объяснить или экранированием моновалентными катионами, которые находятся в поглощаемом растворе, полимерных зарядов, или комплексобразованием, которое приводит к увеличению плотности шивки.

Представленную зависимость можно описать в виде приведенного ниже экспоненциального уравнения: $D = 0,08e^{-0,22C}$, где D – доля поглощенных ионов Co^{2+} , C – содержание бентонита, масс. %.

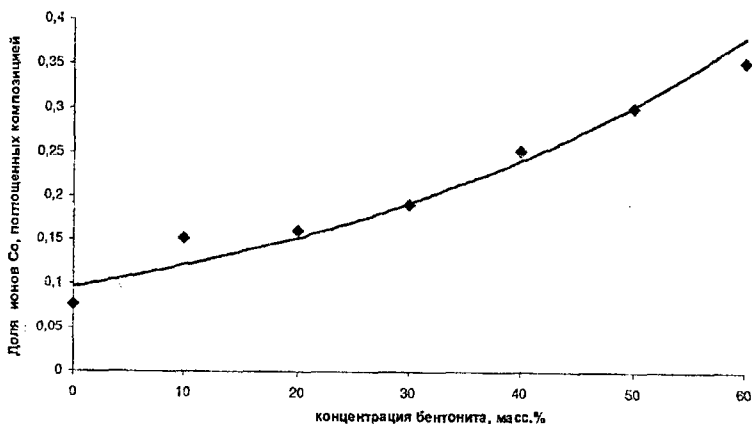


Рисунок 3 – Зависимость доли поглощенных ионов Co^{2+} от концентрации бентонита в 10^{-4} М водном растворе хлорида кобальта

Возможность использования бентонит-содержащих композитов в качестве основного компонента для медицинского применения в раневых покрытиях была продемонстрирована при изучении сорбции физиологических жидкостей.

Исследования кинетики набухания полимерных бентонит-содержащих матриц-покрытий и других видов покрытий в 10%-ном растворе альбумина, являющегося основным компонентом раневого экссудата представлены на рисунке 4.

Из представленных графиков установлено, что степень набухания модифицированных бентонитом образцов акрилового гидрогеля в растворе альбумина значительно превосходит другие матрицы раневых покрытий: угольный сорбент АМН в 14 раз, бактериальную целлюлозу, не отжатую в 6 раз, сорбент АУТ-М в 3 раза. Следует заметить, что новые минерал-содержащие композиты обладают и повышенной сорбцией белковых молекул

(альбумина) по сравнению с другими типами покрытий.

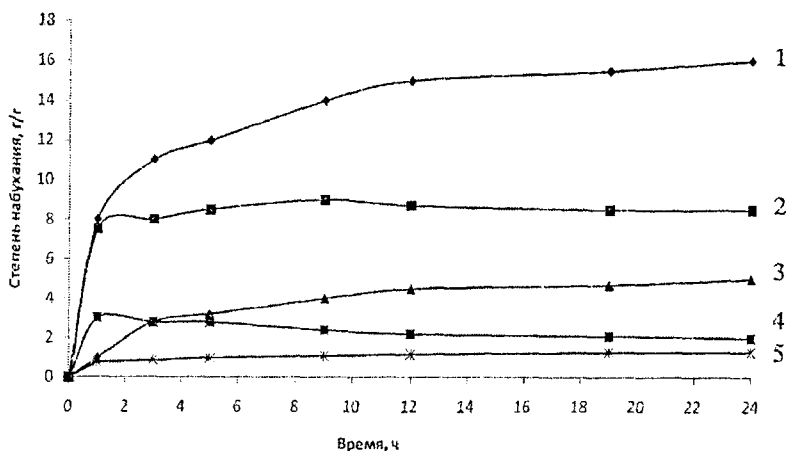


Рисунок 4 – Кинетические кривые набухания матриц раневых покрытий в 10%-ном растворе альбумина: 1 – Акриловая композиция с содержанием бентонита 2 масс.%, 2 – бактериальная целлюлоза неотжатая, 3 – угольное покрытие АУТ-М, 4 – бактериальная целлюлоза отжатая, 5 – угольное покрытие АМН.

На рисунке 5 представлена зависимость прочности на разрыв пленок на основе минерал-содержащих акриловых композитов от доли бентонита в составе полимерной матрицы. Представленную зависимость можно описать приведенным ниже степенным уравнением: $E = 72,66e^{0,25[B]}$, где [B] – содержание бентонита, масс. %, E – прочность на разрыв, кПа.

Из рисунка видно, что введение 60 масс.% бентонита в полимерную матрицу увеличивает прочность на разрыв полимерных пленок в 4 раза (до 400 кПа). Такие заметные изменения свойств при введении даже небольшого количества наполнителя невозможно объяснить, если принимать во внимание только взаимодействие между поверхностью наполнителя и отдельными

макромолекулами без участия надмолекулярных структурных образований, которые изменяют свои свойства под действием наполнителя.

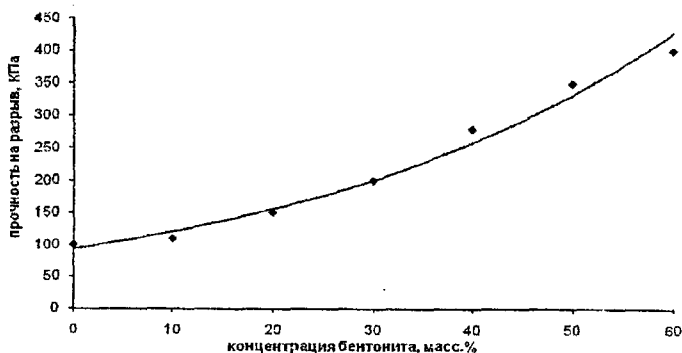


Рисунок 5 – Зависимость прочности на разрыв наполненных полимеров от концентрации бентонита.

В таблице 3 представлена зависимость модуля Юнга от концентрации бентонита в акриловой полимерной матрице. Как видно из таблицы 3, при увеличении концентрации бентонита до 40 масс.% наблюдается рост модуля Юнга в 2,5 раза (до 0,73 МПа). Таким образом, частицы глины, включенные в набухшую полимерную сетку, улучшают прочностные характеристики гидрогелевых композиций, но понижают его эластичность.

Таблица 3 – Зависимость модуля Юнга от концентрации наполнителя в полимерной композиции.

Концентрация бентонита, %	Влагосодержание, %	Модуль Юнга, МПа
0	44,3	0,27
5	65	0,28
10	50,3	0,29
20	36,9	0,33
30	36,7	0,65
40	39,2	0,72

Характеристика огнестойкости полученных полимерных композиционных минерал-содержащих материалов на основе бентонита и акрилового супервлагоабсорбента представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследования горючести наполненных акриловых минерал-содержащих композитов

Масс.% бентонита, %	Влагосодержание, %	Площадь Si, см ²	K _{ср}
50	67	565	0,1
20	68	570	0,11
10	65	577	0,13
5	67	550	0,07
0	67	565	0,1

Как видно из табл. 4, исследуемый полимерный композиционный материал по величине показателя горючести классифицируется как трудногорючий: $K_{ср} \leq 1$.

Выводы

1. Впервые интеркаляционной полимеризацией в водной среде синтезированы сорбирующие полимерные композиции на основе акриловых производных, модифицированные частицами бентонита.

2. Установлено влияние рецептурных параметров процесса: температуры и времени синтеза, концентрации реагентов, природы и доли наполнителя – на физико-химические характеристики новых композиционных материалов, что позволяет получать полимерные продукты с регулируемыми свойствами.

3. Изучены закономерности сорбции ионов поливалентных металлов и молекул растворителя полученными акриловыми минералсодержащими композициями.

4. Показано, что увеличение доли бентонита в составе композита повышает абсорбционные характеристики материала в 2 раза (до 940 г/г) по

сравнению с акриловыми абсорбентами, синтезированных при прочих равных условиях, и приводит к росту значения константы скорости набухания влагопоглощающих материалов в $1,5 \div 4$ раза (до $0,184 \text{ мин}^{-1}$).

5. Выявлено влияние наполнителей: бентонита на структуру и физико-химические свойства получаемых полимерных материалов, а также возможность их регулирования. Введение бентонита в состав композиции повышает прочность пленок на разрыв в $2 \div 4$ раза (до 400 кПа). Предложены уравнения и проведены расчеты, демонстрирующие возможность прогнозирования деформационно-прочностных характеристик новых полимерных композитов, в зависимости от условий синтеза и природы полимерных материалов.

6. Показана перспективность использования бентонит-содержащих полимерных композитов в медицине и в качестве основы для интегрально-оптических химических сенсоров. Полученные композиционные материалы являются трудногорючими, что позволяет и рекомендовать их для комплектации элементов огнезащитных конструкций

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях

1. Горский В.А. Модификация фуллереном полиакрилатной матрицы / В.А. Горский, Н.В. Сиротинкин, Ю.Г. Голощапов, В.С. Соловьев, Д.Н. Макин, М.В. Успенская // Химия твердого тела и современные микро- и нанотехнологии. VI Международная конференция. Кисловодск – Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – С. 510.
2. Успенская М.В. Акрилатные сополимеры в качестве фиксирующей матрицы карбонизированных остатков / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Материалы конференции Политехнического симпозиума. – 2006. – С. 139-140.
3. Успенская, М.В. Композиционные полимерные материалы с бинарным наполнением / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Сборник материалов XVII Петербургских чтений по проблемам прочности. – 2007. – Т. 2. – СПб. – С. 187.

4. Успенская М.В. Создание материалов на основе бентонита и акрилатных сополимеров / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Материалы всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах» – 2007. – СПб. – С.109.
5. Успенская М.В. Исследование пористости наполненных акрилатных сополимеров / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Материалы всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах» – 2007. – СПб. – С.110.
6. Успенская М.В. Создание трудногорючих композиционных материалов на основе акрилатных полимеров и бентонита / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Двенадцатая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. Аннотации работ победителей конкурса грантов Санкт-Петербурга 2007 года для студентов, аспирантов и молодых кандидатов наук – 2007. – С.32.
7. Успенская М.В. Акрилатные сополимеры в качестве фиксирующей матрицы карбопизированных остатков / В.С. Соловьев, М.В. Успенская, // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики – 2007. – № 37 – С. 135-136.
8. Успенская М.В. Модификация акрилатных сополимеров / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // VII международная научная конференция «Химия твердого тела и современные микро- и нанотехнологии», материалы конференции, Кисловодск. – 2008. – С. 407.
9. Успенская, М.В. Исследование сорбции ионов тяжелых металлов композициями на основе акрилатных сополимеров и бентонита / И.Ю. Зацепин, И.Е. Саратов, В.С. Соловьев, М.В. Успенская, // Молодые ученые - промышленности северо-западного региона. Материалы конференции политехнического симпозиума 2007 года. – 2007.– С.105-106.
10. Лукьянов Г.Н. Количественное описание процесса набухания акрилатных пленок / Г.Н. Лукьянов, В.С. Соловьев, М.В. Успенская // XX всероссийское совещание по температуроустойчивым функциональным

- покрытиям. – 2007. – С. 96-97.
11. Успенская М.В. Сорбция ионов металлов полимерными композитами / И.Ю. Зацепин, В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики – 2008. – № 49 – С. 235-237.
 12. Успенская М.В. Исследование температуры гелеобразования акрилатных композиций, модифицированных бентонитами / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Наука и инновации в технических университетах. Материалы всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2008 – С. 113-114.
 13. Успенская М.В. Получение материалов многофункционального назначения / В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Тринадцатая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. Аннотации работ победителей конкурса грантов Санкт-Петербурга 2008 года для студентов, аспирантов и молодых кандидатов наук – 2008. – С.96-97.
 14. Успенская М.В. Исследование физико-механических свойств и горючести наполненных акрилатных композиций / Ю.Н. Бельшина, В.С. Соловьев, М.В. Успенская // Журнал прикладной химии. – 2009. – Т.82. – Вып. 4 – С. 691-693
 15. Успенская М.В. Исследование сорбции ионов тяжелых металлов акрилатными композициями, модифицированными бентонитами / В.С. Соловьев, М.В. Успенская, // Наука и инновации в технических университетах. Материалы всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2009. – октябрь – С.97.
 16. Успенская М.В. Разработка монтмориллонит содержащей матрицы биоактивного сорбирующего раневого покрытия / К.Н. Касанов, В.А. Попов, М.В. Успенская, В.С. Соловьев, Д.Н. Макин, А.И. Везенцев, Н.Ф. Пономарева, В.М. Мухин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. - 2011. - №3 (98), вып. 14. - С.168-173.

17. Lukyanov G. Quantitative description of nonlinear dynamics of swelling in porous acrylic thin films / G. Lukyanov, M. Uspenskaya, V. Solovyev, A. Gorlyak // ENOC 2008, Saint Petersburg, 2008, С. 58-61.
18. Успенская М.В. Полимерные водопоглощающие композиции с повышенной прочностью / В.С. Соловьев, М.В. Успенская, Н.В. Сиротинкин // Приборостроение. – 2010. – Т. 53, № 4. – С. 63 – 66.

Тиражирование и брошюровка выполнены в учреждении

«Университетские телекоммуникации»

197101, Санкт-Петербург, Саблинская ул., 14

Тел. (812) 233 46 69. Объем 1,0 у.п.л.

Тираж 100 экз.