

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

## О МЕХАНИЗМЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ КОМПОНЕНТОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАПОЛНЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Негматов Сайибжан Садикович, Абед Нодира Сойибжоновна, Негматова Комила Сайибжановна, Туляганова Васида Сунатиллаевна, Негматов Жахонгир Носир угли, Касимов Шерзод Баходирович, Бозорбоев Шухрат Абдурахимович, Муродов Илхом Исокжонович, Эргашев Нурбек Эркинович, Абдукаххоров Абдуазиз Абдулазизхон угли, Саидкулов Саидрахмон Абдумажид угли

*Государственное учреждение «Фан ва тараккиёт» при ТашГУ имени И. Каримова*

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования механизме физико-химических взаимодействий компонентов композиционных полимерных материалов, наполненных неорганическими и органическими ингредиентами. Выявлено, что физико-химическое взаимодействие наполнителей с полимером приводит к образованию прочных связей частиц наполнителей с полимером, обеспечивающие образование плотного адсорбционного слоя и адгезионных связей, возникающих между макромолекулами полимера и структурными группами частиц наполнителя.

**Ключевые слова:** механизм, структура, дисперсный наполнитель, физико-химические свойства, композиция, композиционный полимерный материал.

**Введение.** Повышенный интерес к созданию эффективных композиционных полимерных материалов (КПМ) для изготовления машиностроительных деталей с улучшенными триботехническими характеристиками, в том числе для хлопкоперерабатывающей отрасли, обусловлен современными требованиями и определяет перспективность развития инновационных технологий. В связи с этим разработка эффективных ресурсосберегающих технологий получения композиционных полимерных материалов конструкционного назначения на основе местных сырьевых ресурсов для машиностроения, в частности, для машин хлопкоперерабатывающей промышленности является актуальной.

Как известно, что введение механоактивированных наполнителей в полимерную матрицу заметно улучшает их свойства. Очевидно, что это связано со структурными изменениями, происходящими в процессе наполнения полимеров, обусловленное протеканием различного рода физико-химических взаимодействий между макромолекулами полимеров и поверхностными функциональными группами наполнителя [1].

Изучение адсорбционных и адгезионных взаимодействий молекул полимеров с поверхностью наполнителей является одним из важнейших факторов, определяющих свойства наполненных и армированных полимерных систем, особенно у поверхности активированных наполнителей. Рассматривая с позиций физикохимии наполненные системы, можно заметить возрастание плотности в наполненных полимерах за счет адсорбции макромолекул полиолефинов на поверхности

наполнителей, приводящее к изменению плотности упаковки. При наличии наполнителей наблюдается некоторое ограничение подвижности макромолекул полимера в поверхностном слое и на границе раздела, обусловленное взаимодействием молекул полимера с поверхностью наполнителя. Причём, чем больше поверхность наполнителя, тем сильнее ограничивается подвижность цепей полимера в ходе формирования поверхностного слоя и тем более рыхлой становится упаковка молекул в указанных системах. При этом происходит изменение распределения межмолекулярных сил и все это отражается на плотности упаковки макромолекул.

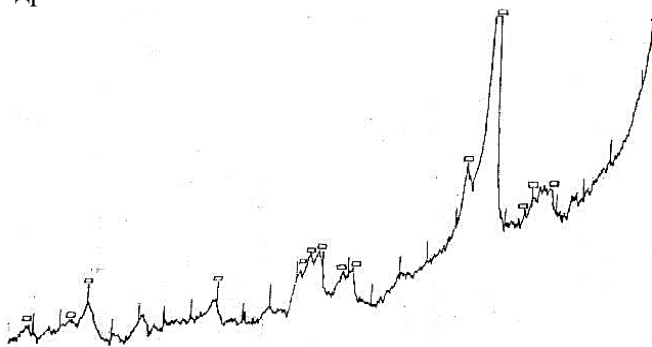
**Объект и метод исследования.** Объектами исследования являются термопластичные полимеры (полиэтилен высокой плотности), дисперсные (тальк, каолин, мел), волокнистые (волластонит, стекловолокно, хлопковый линт) и углеродистые (графит, сажа) наполнители. При получении наполненных композиционных полимерных материалов, особенно углеродистыми и волокнистыми наполнителями, имеет место химическое взаимодействие наполнителей с полимером, обеспечивающее образование плотного адсорбционного слоя и адгезионных связей.

Для изучения композиционных полимерных материалов в работе применялись стандартные методы определения физико-механических, механических и триботехнических свойств. Строение и структура КПМ изучены с помощью рентгеноструктурного анализа, ЭПР- и ИК-спектроскопии, а также химического анализа [2-8].

Одним из важных методов количественной оценки изменения структуры полимера в присутствии наполнителя является удельная поверхность и объём пор, позволяющие дать ценную информацию о плотности упаковки макромолекул, о размере надмолекулярных образований, о характере возникновения и развития дефектов, и распределение напряжений в системе в целом.

**Результаты и их осуждения.** В соответствии с вышеизложенным, представляло интерес изучить влияние как неактивированного, так и механоактивированного наполнителя на характер изменения структуры полиолефинов. Установлено, что при механической обработке алюмосиликатного наполнителя типа каолин и углеродитового наполнителя типа сажи под действием ударно-раскалывающе-стирающей деформации они претерпевают существенные структурные изменения, в частности, возрастание удельной поверхности, адсорбционной способности и проявление активных центров в зависимости от условий механоактивации [2].

Проведены тонко химические исследование как отдельных компонентов, так и наполненных полимеров, результаты рентгенограммы исходного вторичного обогащенного каолина Ангренского месторождения представлена на рис. 1, из которой видно, что ангрениский каолин состоит, в основном, из каолинита с показателем преломления  $N_g = 1,561$ , в качестве примесей встречаются единичные зерна железа, слюды и др.



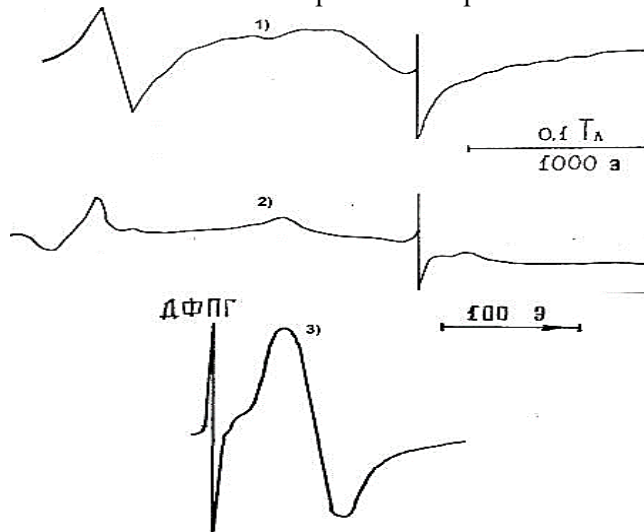
**Рис. 1. Рентгенограмма вторично-обогащенного каолина Ангренского месторождения**

Межплоскостные расстояния каолинита  $d/n = 0,436; 0,384; 0,356; 0,255; 0,248; 0,237; 0,233$  нм. В каолините в качестве примесей содержится кварц с  $d/n = 0,424; 0,417; 0,334; 0,245; 0,228$  нм, гидрослюды с  $d/n = 0,445; 0,245; 0,255$  %;  $0,212$  нм.

Результаты исследования свойств и структуры вторичного обогащенного каолина представляют большой интерес для

исследования возможности его применения в качестве неорганического наполнителя при получении полимерных композиционных материалов. Каолин применяется в качестве неорганического наполнителя благодаря его высокой пластичности, связующей способности, высокой дисперсности и достаточной механической прочности высушенных образцов.

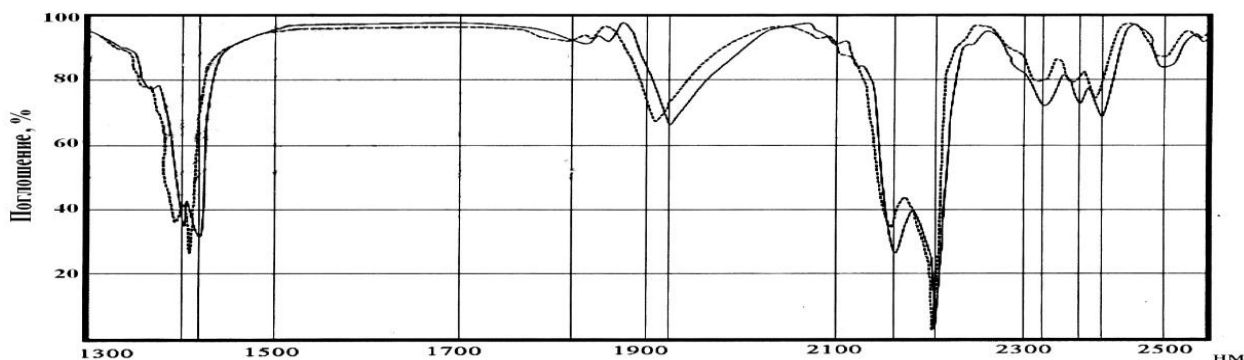
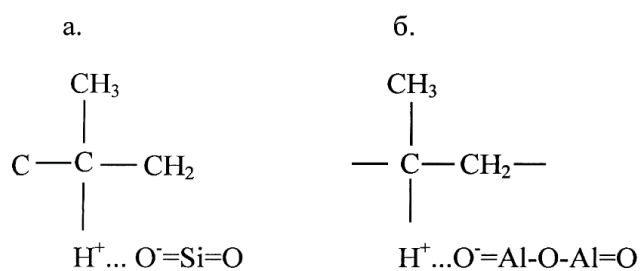
Исследование спектров ЭПР механоактивированного каолина Ангренского месторождения указывает на возрастание интенсивности одиночного сигнала в областях  $g - фактора 2,0036 (\Delta H = 740 \text{ Э})$  и  $g - 4,0002$ , близкого  $g - фактору$  дифенилпикрилгидразина, характерного для стабильного радикала (рис. 2). Полученные данные указывают о радикально активном характере механоактивированных наполнителей. Благодаря радикальной активности механоактивированных наполнителей в условиях переработки КПМ, возможно протекание радикальных процессов с образованием химических связей с активными центрами полиолефинов, приводящее к структурным изменениям на поверхностном слое наполнителя по сравнению с традиционно наполненными полимерными материалами.



- 1 – механоактивированный каолин;
- 2 – исходный каолин;
- 3 – механоактивированная сажа

**Рис. 2. ЭПР – спектры**

*Система ПЭВП + каолин.* Каолин состоит, в основном, из минерала каолинита - гидросиликата алюминия –  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . При использовании каолина в качестве наполнителя с ПП взаимодействуют основные оксиды металлов компонентов каолинита ( $Al_2O_3, SiO_2, H_2O$ ) с атомами водорода ПП, находящиеся в  $\alpha$ -положении к метильным группам, с образованием водородных связей по схеме:



исходный каолин - сплошная; механоактивированный каолин - штриховая линия

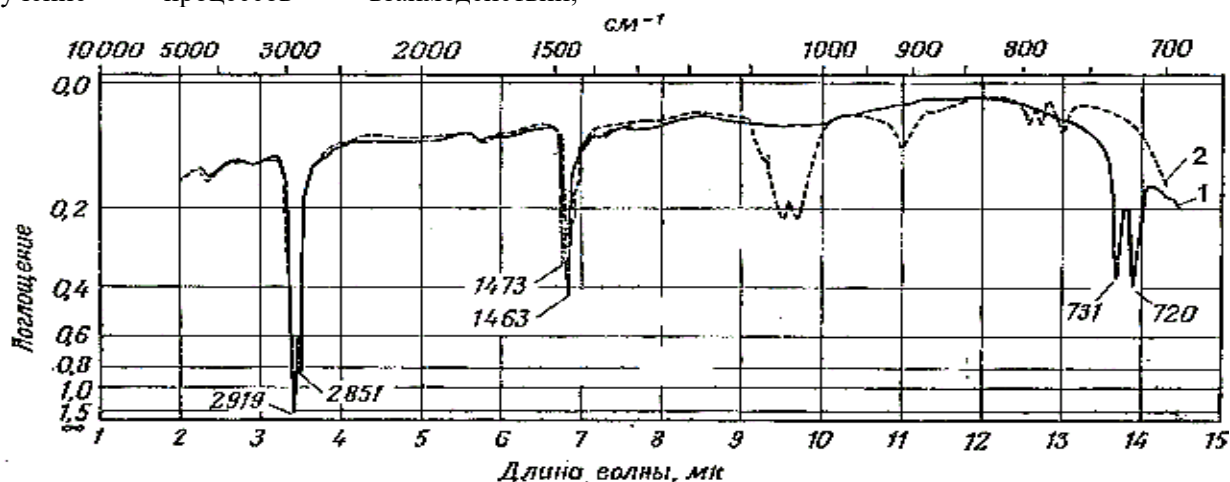
**Рис. 3.** ИК – спектры исходного и механоактивированного каолина

В этой связи были изучены ИК-спектры неактивированного и активированного каолина, которые приведены на рис. 3. Как видно из представленных ИК-спектров (рис. 3), наличие полос поглощения ОН групп в областях 1398-1416 и 1389-1416 нм характерно как для исходного, так и для механоактивированного образцов каолина Ангренского месторождения.

Наблюдается интенсивность валентных колебаний Si-O связей в областях 2208-2162 и 2208-2162 нм. Максимумы триплета в областях 2381-3218-2356 и 2380-2356-2318 нм указывают на незначительную деформацию кремнекислородных тетраэдров. Результаты ИК-спектроскопических исследований свидетельствуют о некоторых структурных изменениях в процессе механоактивации.

Определенный интерес представляет изучение процессов взаимодействий,

протекающих в системе полиэтилен + каолин с помощью ИК-спектроскопии (рис.4). Как известно, в ИК-спектре исходного полиэтилена высокой плотности наблюдаются характеристические полосы поглощения: валентные колебания CH<sub>2</sub> – групп в области 2900 см<sup>-1</sup>, дублет деформационных колебаний CH<sub>2</sub> – групп в области 1470 см<sup>-1</sup> и дублет маятниковых колебаний CH<sub>2</sub> – групп в области 720 см<sup>-1</sup>.



1- ненаполненный полиэтилен; 2 - наполненный полиэтилен

**Рис. 4.** ИК – спектры ненаполненного и наполненного полиэтилена

Из анализа представленных ИК-спектров (рис. 3.21) видно, что введение активированного каолина в состав полиэтилена приводит к некоторому изменению спектра полимера с появлением характеристических полос поглощения в области 700 – 1150 см<sup>-1</sup>, относящихся к связи оксида металлов. Подобные изменения в ИК-спектрах

наблюдаются также и в полиэтилене, наполненном тальком и воластонитом.

*Система ПЭВП + сажа, ПЭВП + графит.* Важно отметить, что вязкоупругие свойства наполненных полиолефинов, прежде всего, определяются природой химии поверхности наполнителя, структурой сетки наполнителя, степенью взаимодействия между полимерами и

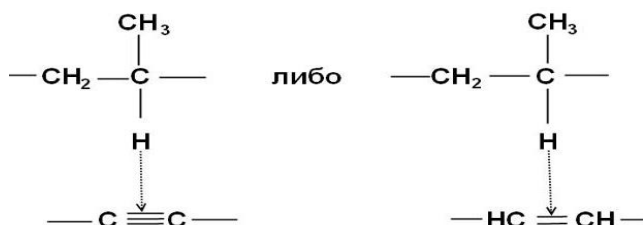
наполнителями и молекулярной подвижностью цепей.

В связи с этим особый интерес представляют КПП, состоящие из полиэтилена+сажи, являющиеся микрогетерогенной системой из адсорбированных на поверхности сажи макромолекул полиолефинов.

В системе ПЭВП + сажа частицы сажи с ПЭВП образуют усиленную микрогетерогенную структуру за счет адсорбции и ориентации участков макромолекул, приводящие к заметному повышению прочностных показателей ПЭВП.

Разумно было бы предположить, что, благодаря специфики химии поверхности дисперсного углерода, наличие полярных функциональных групп: карбоксильных, фенольных, гидроксильных, альдегидных, катонных и других, представляет значительный интерес при создании КПП с высокой прочностью и износостойкостью.

Структурную формулу сажи условно можно представить в виде  $(-C \equiv C-)_n$  или даже  $(=C=C=)_n$ , где в обоих случаях в молекулах сажи присутствуют  $\pi$ -связи. Наличие неспаренных  $\pi$ -электронов в структуре ацетиленовой сажи, дающие узкие одиночные сигналы, характерны для свободных радикалов с концентрацией ПМЧ  $1 \cdot 10^{14}$  спин/г, что указывает на возможность образования комплексов с водородами ПП по схеме:



Эта связь из-за подвижности составляющей ее электронной пары легко взаимодействует с  $\alpha$ -водородами ПЭВП с образованием не очень прочных, так называемых  $\pi$ -комплексов.

В условиях переработки саженанополненной полиэтиленовой композиции литьем под давлением при повышенных температурах, возможно, имеет место взаимодействие  $\alpha$ -водорода с активными центрами в структуре сажи, приводящее к сшиванию макромолекул ПЭВП.

Подобные закономерности образования молекулярного взаимодействия наблюдались при использовании механоактивированного графита в качестве наполнителя в полимерных композиционных материалах. При этом каждый атом углерода связан с соседними тремя  $\sigma$ -связями, а четвертый электрон фактически остается неспаренным. Из-за этого

элементарное звено графита значительно реакционноспособно и весьма склонно к образованию водородной связи, в частности, с  $\alpha$ -водородом макромолекул ПЭВП.

Кроме того, при формировании композиционных материалов под действием повышенной температуры может оторваться  $\alpha$ -водород от макромолекул ПЭВП. В результате этого, очевидно, посредством графита может происходить сшивание макромолекул ПЭВП.

Резюмируя вышеизложенное, можно прийти к заключению о том, что все функциональные группы на поверхности дисперсного углерода характеризуются разной степенью активности и влияют на молекулярный состав адсорбционных слоев. Отмечено, что с увеличением содержания кислорода до 5-6 % в функциональных группах технического углерода возрастает интенсивность взаимодействия его с полимерами, создавая благоприятные условия усиления межфазного взаимодействия, приводящее к усилению физико-механических показателей КПП.

На рисунке 5 представлена рентгенограмма полиэтилена. Анализируя, рентгенограмма (рис. 5), можно сказать, что тонкодисперсные наполнители, в основном, скапливаются в менее упорядоченных областях полиэтилена, создавая повышенную концентрацию. Этим и объясняется увеличение прочностных показателей композиционных полимерных материалов.

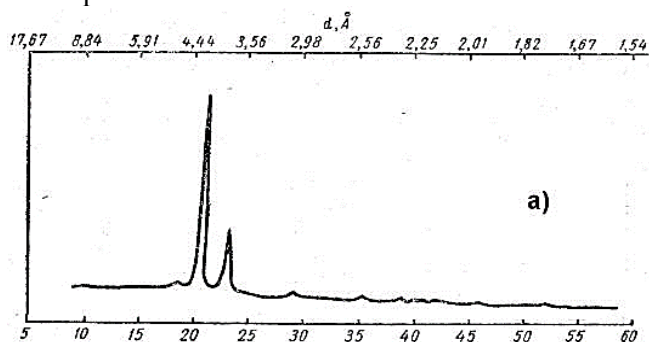


Рис. 5. Рентгенограмма полиэтилена

Система ПЭВП + волокнистые наполнители (стекловолокно, хлопковый линт). Стекловолокно - искусственное волокно, получаемое вытягиванием или расчленением расплавленного стекла состава, вес. %: SiO<sub>2</sub> - 56; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5; CaO - 22; Na<sub>2</sub>O - 11; MgO - 6. Оно обладает высокой механической прочностью, химической устойчивостью и термостойкостью.

Основные составляющие - оксидные компоненты стекловолокна, способны образовывать водородные связи между  $\alpha$ -водородами ПЭВП и кислородными атомами, присутствующими в оксидах металлов.

Наполнение полиолефинов стеклянными волокнами открывает широкие перспективы создания КПП с улучшенными эксплуатационными свойствами и обеспечивает повышение модуля упругости и коррозионностойкости деталей трущихся пар рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин. В предыдущем разделе было показано улучшение физико-механических свойств ПЭВП, содержащих в своем составе в качестве наполнителя стеклянное волокно, обусловленное протеканием физико-химических взаимодействий между подвижными атомами водорода в  $\alpha$  - положении и активными центрами на поверхности стеклянного волокна.

Следует отметить, что в ИК-спектре исходного полипропилена наблюдается валентные колебания  $\text{CH}_2$  - групп в области  $2920 - 2875\text{см}^{-1}$ , деформационные колебания  $\text{CH}_2$  - групп при  $1435\text{ см}^{-1}$ , асимметричные деформационные колебания  $\text{CH}_2$  - групп в области  $1460$  и  $1454\text{ см}^{-1}$ , симметричные деформационные колебания  $\text{CH}_3$  - групп проявляются в области  $1378\text{ см}^{-1}$ . В области  $1200-1370\text{ см}^{-1}$  находятся крутильные колебания  $\text{CH}_2$  - групп и деформационные колебания  $\text{CH}$  - групп. Полосы поглощения в области  $700-1200\text{ см}^{-1}$  вызваны маятниковыми колебаниями  $\text{CH}_3$  - и  $\text{CH}_2$  - групп.

В ИК-спектре наполненного полиэтилена наблюдается довольно интенсивное поглощение в области  $500-1200\text{ см}^{-1}$ , которое обусловлено поглощением оксида кремния (рис. 6). Необходимо также отметить значительное уширение полосы и смещение ее в область  $1150\text{ см}^{-1}$ , что, вероятно, можно объяснить взаимодействием полимерного связующего с  $\text{SiO}_2$ . При этом наиболее сильными линиями поглощения на ИК-спектрах являются линии  $\text{SiO}_2$  в составе наполнителя - стеклянного волокна.

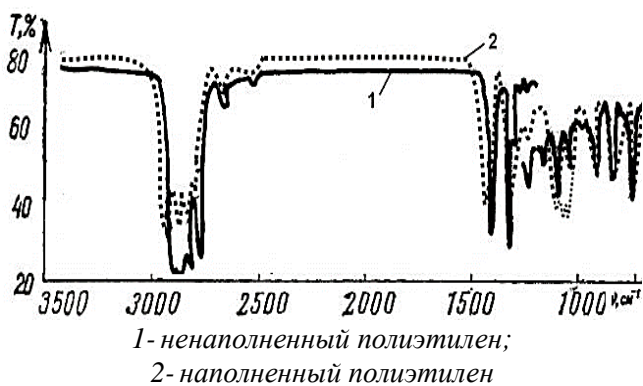


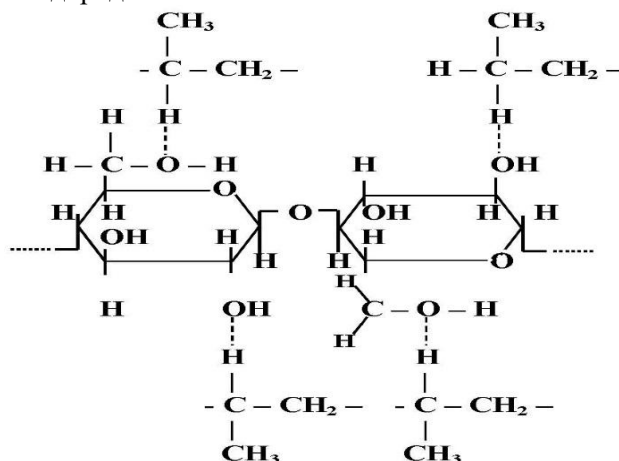
Рис. 6. ИК – спектры ненаполненного и наполненного полиэтилена

Изменения ИК-спектра полимерного связующего, вероятно, объясняются тем, что в

системе полимер-наполнитель происходят молекулярные взаимодействия между активными центрами на поверхности наполнителя и молекулами полимера. Известно, что на поверхности кварца и других алюмосиликатных наполнителей (каолин, волластонит) имеются ионообменные и химически активные участки. При этом происходит адсорбция полиолефинов на их поверхности. В ИК-спектрах наполненного полиэтилена и полипропилена зафиксированы изменения формы и положения полос, ответственных за валентные колебания связей в полимере.

*Линт* - отход переработки хлопковой целлюлозы, представляет собой полисахарид, построенный из элементарных звеньев ангидро - D - глюкозы, которая насыщена гидроксильными группами. Последние взаимодействуют с  $\alpha$  - водородом ПЭВП, создавая прочные кислородно-водородные связи.

Как известно, у целлюлозы, в том числе и у линта, имеется сильное взаимодействие между макромолекулами из-за наличия многочисленных водородных связей, в основном, между атомами кислорода гидроксильных групп и атомами водорода элементарных звеньев. Причем, атомы кислорода гидроксильных групп линта могут также взаимодействовать и с другими водородсодержащими реагентами, в том числе с полимерами типа ПЭВП из-за наличия в его макромолекулах более активных  $\alpha$  - атомов водорода по схеме:



Основываясь на результатах ИК- и ЭПР - спектроскопических исследований и современных достижений в области физикохимии наполненных полимерных систем, механизм взаимодействия полимеров с неорганическими и органическими наполнителями в композиционных полимерных материалах можно представить следующим образом.

При технологических условиях синтеза КПМ частицы наполнителя смешиваются с оплавленным полимером. При этом происходит образование адгезионных связей за счет слабых сил притяжения Ван-дер-Ваальса с энергией связи  $E = 0,1-1,0$  ккал/моль, и за счет молекулярного взаимодействия, возникающего между макромолекулами полиолефинов (ПЭВП) и структурными группами частиц наполнителя. Как известно, из имеющихся в макромолекуле ПП атомов водорода наиболее подвижными и положительно заряженными, т.е. активными, являются атомы водорода, находящиеся в  $\alpha$ -положении к метильным группам. По природе электронного строения, вероятно, эти атомы водорода более склонны к участию в молекулярных взаимодействиях.

В случае использования механоактивированных алюмосиликатных наполнителей, за счет увеличения удельной поверхности, по всей вероятности, имеет место образование дополнительных водородных связей и возникновение хемосорбции полимера на развитой поверхности наполнителя за счет взаимодействия с активными центрами. Полученные данные указывают на возрастание площади поверхностного контакта, и, следовательно, концентрации граничных слоёв, что, в конечном счете, приводит к изменению не только структуры, но и свойств композитов. Следует отметить, что наполнители характеризуются также геометрией частиц, т.е. формой и размерами частиц и распределением по размерам - полидисперсностью.

Механоактивация увеличивает число частиц, удельную поверхность частиц и способствует активации поверхности, возникающих в процессе измельчения частиц [9, 10].

Очевидно, что в процессе переработки между активными центрами частиц наполнителя и макромолекулами ПЭВП

происходит молекулярное взаимодействие. Для крупных частиц эти связи носят единичный характер, а для мелких - множественный характер. В последнем случае наблюдается упрочнение межмолекулярных связей между макромолекулами ПЭВП, даже если некоторые из этих макромолекул имеют атактическое строение. Имеет место своеобразная сшивка макромолекул ПЭВП. Наблюдаемую картину можно представить как точечное армирование полимера, в результате которого образуется качественно новый материал - КПМ. Этот материал, благодаря совершенству структуры, будет иметь улучшенные физико-механические характеристики. При этом сажа и графит уменьшат коэффициент трения, волластонит, линт, стекловолокно придадут композиционным материалам большую износостойкость, мел и каолин повысят их твердость, волластонит, линт и стекловолокно увеличат ударную вязкость, предел прочности на изгиб и в целом наполнители увеличат модуль упругости и прочностные свойства КПМ.

**Заключение.** Таким образом, целенаправленное использование комбинаций органоминеральных наполнителей, благодаря особенностям специфики структур, создает благоприятные условия переработки композиционных полимерных материалов с пониженной усадкой, достаточной плотностью и улучшенными механическими и триботехническими характеристиками, которые являются весьма важными при изготовлении деталей из КПМ сложной конструкции. Выявлено, что физико-химическое взаимодействие наполнителей с полимером приводит к образованию прочных связей частиц наполнителей с полимером, обеспечивающие образование плотного адсорбционного слоя и адгезионных связей, возникающих между макромолекулами полимера и структурными группами частиц наполнителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева Т.Н., Филоненко В.И. Исследование влияния наномодифицированного наполнителя на свойства полимерных композиций // Пластические массы, 2009. - № 3. - С.35-37.
2. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур. Изд. Наука, 1966, с.316.
3. Андрианова Г.П. Физикохимия полиолефинов. - М.: Химия, 1974. - 230 с.
4. Метод испытания на статический изгиб ГОСТ 4648-71.- М.: Стандарт, 1989. - 10 с.
5. Метод определения ударной вязкости по Шарпи ГОСТ 4647-80.- М.: Стандарт, 1987. - 10 с.
6. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе ГОСТ9550-81.-М.: Стандарт, 1981. -9 с.
7. Метод определения триботехнических свойств конструкционных материалов при взаимодействии с волокнистой массой. ГОСТ 23.223-97. М.: Стандарт, 1997. - 9 с.
8. Лаптева Е.С., Юсупова Г.С. и др. Физико-химические изменения слоистых силикатов в процессе механической активации. - Новосибирск: Наука, 1981 - 87 с.
9. Симонов-Емельянов Н.Д. и др. Структурирование, составы и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокomпозитов // Пластические массы. - Москва, 2012. - № 6. - С. 7-13.
10. Негматов С.С., Гулямов Г. Механоактивация наполненных полимерных композиций / Композиционные материалы и их применение: Сб. науч. тр. -Ташкент: Фан ва тараккиёт, 1998. -С.7-10.

## СОДЕРЖАНИЕ

## 1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

- Негматов С.С., Абед Н.С., Негматова К.С., Туляганова В.С., Негматов Ж.Н., Касимов Ш.Б., Бозорбоев Ш.А., Муродов И.И., Эргашев Н.Э., Абдукаххоров А.А., Саидкулов С.А.** О механизме физико-химических взаимодействий компонентов композиционных полимерных материалов, наполненных неорганическими и органическими ингредиентами ..... 3
- Абед Ф.Ж., Иногамов С.Е., Туреева Г.А.** Разработка и валидация методов анализа экстракта Алоэ и метилурацила в комбинированных фитоплёнках ..... 9
- Негматов С.С., Бабаханова М.А., Касимова М.Н., Раупова Д.Н., Шамсиевна С.С.** Исследование влияния состава на свойства композиционных лакокрасочных материалов на основе местного сырья, применяемых в различных отраслях промышленности ..... 13
- Сафаева Д.Р., Шукруллаева М.С., Тиллаев Т.У., Шин И.Г.** Взаимосвязь структуры и энергетического состояния запечатываемых полимерных пленок с напряжением коронного разряда при их активации .... 16
- Негматов С.С., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Абед Н.С., Холмурадова З.К., Икрамова М.Э., Эрнийёзов Н.Б.** Исследование состава и технологических режимов флотационного обогащения медно-молибденовых руд месторождения «Кальмакыр» с применением флотореагента-вспенивателя КХФ-ВС..... 18
- Жумаева А.А.** Модификацияланган поливинилхлориднинг юмшаш ҳароратларини ўрганиш ..... 21
- Khusanova M.F., Djalilov A.T., Beknazarov X.S.** Synthesis and physicochemical characterization of highly absorbent oleogels ..... 24
- Эшдавлатова Г.Э., Камолов Л.С., Бобилова Ч.Х.** Исследование эффективности пенообразования на основе блок-сополимеров в растворах диэтанолamina ..... 27
- Radjabov O.I., Yariev O.O., Azimova L.B., Djurabaev Dj.T., Filatova A.V., Turaev A.S.** Na-KMS va I tip kollagenning o'zaro ta'sirini molekulyar doking usulida ilmiy asoslash ..... 30
- Айтмуратова А.Е., Сидрасулиева Г.Б., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И., Дадаходжаев А.Т.** Синтез нанодисперсного NiO из отработанного промышленного катализатора ТО-2 и исследование его структурных и адсорбционных свойств ..... 34

## 2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

- Abed N., Negmatova K., Tulyaganova V., Tukhtasheva M., Shamsiyeva S., Kosimov Sh.** Investigation of the influence of the nature and type of fillers on the antifriction-wear-resistant properties of composite polymer coatings ..... 39
- Алланазаров А.А.** Оқ чўянларни кесувчи асбоб тифининг ейилишга бардошлигини назарий тадқиқи ..... 42
- Berdiyev D.M., Liang Z., Abdullayev A.X., Ibroximova M.M.** Nikel asosli olovbardosh qotishmalar xossalariга metallmas qo'shimchalarning ta'siri ..... 44
- Абдуллаев Ф.К., Йулдошев О.Ч.** Экспериментальное исследование жидкотекучести чугуновых сплавов. 47
- Алланазаров А.А., Ахмедов А.Х., Шакиров Ш.М., Хусанов У.С.** Оқ чўянга механик кесиб ишлов бериш жараёнини назарий тадқиқ этиш ..... 50
- Saidakhmedova G.R., Inoyatkhodjaev J.Sh., Saydakhmedov R.Kh., Parpiev M.M.** Effect of aluminum coating thickness on the performance characteristics of reflectors ..... 54
- To'rayev A.N., Murodqosimov R.X., Axmedova M.E., Solijonova Sh.X., Xolmatov E.M., Rajabova M.A.** Nikel qo'shimchasining alyuminiy qotishmalarining yeyilishbardoshligiga ta'sirini o'rganish ..... 57
- Kodirov O., Safarov T., Beknazarov Kh.** Study kinetic results of the inhibitors synthesis of corrosion inhibitor based on P-phenylenediamine, formalin and alanine ..... 59

## 3. Разработка и технология получения композиционных материалов

- Абед Н.С.** Разработка метода формирования электропроводящих композитов с сегрегированной структурой, содержащих наноразмерный углеродный наполнитель ..... 64