

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

4 (68)

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ 2019 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2019

М. Б. УМЕРЗАКОВА, В. Д. КРАВЦОВА, Р. Б. САРИЕВА, Р.М. ИСКАКОВ

АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

Аннотация. В обзоре литературных данных показан анализ современного состояния по исследованию полимерных композиционных материалов модифицированных природным минералом монтмориллонитом, способствующий повышению термических, прочностных, а также улучшению электростатических свойств, снижению газопроницаемости материала в целом.

Ключевые слова: полимерные композиции, монтмориллонит, полимеризация, модификация.

В настоящее время перспективным направлением является разработка новых композиционных материалов на основе высокомолекулярных соединений с природными минералами – каолином, цеолитом, монтмориллонитом и их активированными формами [1-3]. Это обусловлено возрастающими потребностями современной техники и технологии в новых типах материалов с повышенной эксплуатационной надежностью за счет высоких прочностных характеристик, износостойкости, термо- и теплостойкости, масло- и бензоустойчивости, улучшенными трибологическими и другими свойствами [4-6].

Анализ работ свидетельствует о том, что значительный объем исследований проводится с монтмориллонитом. Монтмориллонит (ММ) является основным компонентом бентонитовых глин и широко используется для получения новых полимерных композитов в качестве наполнителя, а также как модифицирующая добавка, способная улучшать некоторые характеристики полимерных материалов [6-11]. Полезные качества глинистого минерала определяются специфическими особенностями его минералогических, кристаллохимических и физико-химических свойств. Известно, что активными центрами силикагелей и алюмосиликатов, к которым относят ММ, являются поверхностные группы гидроксидов (гидратированный ММ) и атомы кислорода. Это с большим успехом используют для получения нанокompозитов в золь-гель технологиях, в которых исходными компонентами служат алкоголяты кремния и различные полимеры [12]. В основу процесса положен гидролиз алкоголята кремния, после чего проводят реакцию поликонденсации гидроксидов кремния, в результате из неорганической трехмерной сетки образуется керамика. Низкие температуры золь-гель реакции позволяют включать в процесс готовые полимеры и таким образом получать композиционные материалы. Для улучшения адгезионных свойств композиционного материала монтмориллонит предварительно модифици-

руют органическими веществами, что способствует повышению сродства минерала к полимеру [13]. Так, например, при *in situ* анионной полимеризации бутадиена [14], в зависимости от способа обработки минерала, в его присутствии можно варьировать молекулярно-весовое распределение в полибутадиене, от узкого до широкого.

Своеобразное расположение в ММ силикатных слоев дает возможность для внедрения макромолекул в свободное пространство минерала [15]. Рентгеноструктурный анализ композиций показал, что появление новых фаз не наблюдается, структура двумерных слоев при образовании соединений включений не меняется, а увеличивается лишь расстояние между слоями. При полимеризации в присутствии ММ расстояние между слоями несколько уменьшается, в этом случае образуется слоистый композиционный материал. При экстракции образовавшегося полимера из соединения включения в ММ восстанавливается исходная толщина слоев (9,6 Å). Это свидетельствует о том, что полимеризация протекает внутри каждого слоя, не нарушая при этом расположения силикатных слоев монтмориллонита. Структура слоев полимеров является более регулярной по сравнению с синтезируемыми при жидкофазной полимеризации. Внедрение макромолекул в межслоевое пространство силикатных слоев ММ называется интеркаляцией. Монтмориллонит используется для получения и полимеризации слоевых соединений в присутствии акрилонитрила и акриловой кислоты. Описано также получение слоистого нанокompозита полимеризацией метилметакрилата в массе в присутствии монтмориллонита [16]. Такие полимерные композиционные материалы в зависимости от природы исходных компонентов с учетом условий и способа синтеза разделяют на три основных типа. Первым является традиционный микрокомпозит, в котором частицы слоистого наполнителя сохраняют исходные размеры (несколько микрометров), он получается при условии, что полимер не проникает между слоями силиката [17, 18]. Второй – это материал с интеркалированной структурой, который получают в случае проникновения полимера в межслоевое пространство [15]. В этом случае происходит увеличение межслоевого расстояния, однако при этом сохраняется упорядоченная слоистая структура. Третий тип – эксфолиированный (неагрегированный) нанокompозит, когда происходит расслоение силиката на отдельные слои и диспергирование их в полимерной матрице [19].

Для полимерных систем химическое взаимодействие между ММ и макромолекулой происходит при замещении ионов металлов в ММ на ионы сшивающих агентов. В работе [20] в качестве сшивающего агента для получения интеркалированных поли(ϵ -капролактаном) монтмориллонитных нанокompозитных материалов использован диметил-2-этилгексин-октадециламмоний. Известны нанокompозиционные материалы на основе полиэтилентерефталата и SiO_2 (ПЭТФ/ SiO_2) [21, 22]. Методами электронной микроскопии в проходящем пучке, ДСК и ТГА изучены свойства материала на основе ПЭТФ, наполненного 2–5 % наночастицами SiO_2 . Показано, что эти частицы хорошо диспергируются в полимере и влияют на темпера-

турные характеристики и скорость кристаллизации материала. В работе [23] органически модифицированный ММ использовали для получения нанокompозитов ПЭТФ-глина.

Имеются данные по системам на основе полиэтилена и полипропилена с монтмориллонитом (ПЭ/ММ и ПП/ММ). Авторами [24] методами рассеяния рентгеновских лучей в широких углах, электронной микроскопии в проходящем пучке и ДСК рассмотрено влияние содержания и размера частиц ММ на кристаллизацию полимера, изучено также влияние наполнителя на ориентацию полиэтилена в композитах ПЭ/Na⁺ММ [25]. Обнаружено, что макромолекулы ПЭ, локализованные в аморфной фазе композита ПЭ/Na⁺ММ, лучше ориентируются вдоль напряжения растяжения, чем такие же макромолекулы "чистого" ПЭ, изготовленного и деформируемого при тех же условиях. Модифицированный ПЭ с привитыми группами малеинового ангидрида используют для улучшения совместимости с органомонтмориллонитом (ОММ). Показано, что текучесть и механические свойства композитов зависят от степени диспергируемости ОММ в полимерную матрицу. Методом *in situ* полимеризации этилена в присутствии металлоорганического катализатора, нанесенного на гибридную основу, состоящую из ММ и внедренного в свободное пространство его силикатных слоев диоксида кремния, получен композиционный материал, содержащий полиэтилен в качестве матрицы [26]. Материал обладает хорошими механическими свойствами, имеет морфологию гранул и высокую плотность. Для тройных систем, включающих полипропилен, привитый малеиновым ангидридом и ММ (ПП/МПП/ММ) показано, что температура кристаллизации ниже, чем у смесей ПП/ММ. Монтмориллонит используется для получения композиций с электропроводящими полимерами. Методом ЭПР установлено, что взаимодействие в композиционном материале происходит в результате действия кулоновских сил между положительно заряженным полимером и отрицательно заряженной поверхностью глины [27, 28]. При увеличении содержания глины от 0,2 до 1,0 % проводимость композита на постоянном токе увеличивается от $3,090 \cdot 10^{-2}$ до $1,370 \cdot 10^{-1}$ Ом/см.

С целью получения нанокompозитов с органоглинами используются также полиуретаны (ПУ); полимеризацией *in situ* через набухание органоглин в различных диолах с последующим добавлением диизоцианата получен композит с более высокой термической устойчивостью по сравнению с исходным полимером. В работах [29, 30] показано, что получение нанокompозитов на основе водорастворимого ПУ и поликремневой кислоты происходит за счет водородных связей, при этом образуются продукты кристаллической структуры. При протекании химических реакций в ходе синтеза полиуретана в присутствии частиц модифицированной глины установлено, что в нанокompозите произошло расслоение пластинок глины [31]. Научный и прикладной интерес представляют полимерные композиции ПУ с обработанной метилен-бис-о-хлоранилином реакционноспособной глиной (РГ), которые по термическим свойствам на 300 и 700 % превышают термо-

устойчивость исходного ПУ [32]. Как и в случае других полимеров при добавлении модифицированной глины улучшаются также его механические характеристики, увеличивается теплостойкость и появляется огнестойкость [33].

Наряду с полимерами, содержащими эфирные, оксидные группы, благодаря чему происходит интеркаляция полимерных систем в глинистые минералы, в литературе имеются данные о полимеризации акриламида в силикатных слоях ММ [34]. Исследование структуры новой композиции показало, что полиакриламид находится в слоях ММ размерами от 1,25 до 2,09 нм. Установлено, что ПАА, интеркалированный между силикатными слоями ММ в тонких биомолекулярных слоях, комплексно связан с ним посредством ван-дер-ваальсовских сил и водородных связей. На внешней стороне минерала полимер находится в «свободном» положении, так как поверхностный заряд монтмориллонита компенсирован его катионами. Имеются также сведения о гелеобразных полуразбавленных коллоидных дисперсиях полиэтиленоксид (ПЭО)–глина [35], при изучении которых установлено, что дискообразные частицы глины слабо адсорбируют полимер. Обнаружено, что при встряхивании образцов происходит резкий переход от низковязкой жидкости к самоподдерживающемуся мутному гелю. Такое поведение коллоидной системы наблюдается в узком интервале составов композиций, процесс обратим и определяется температурой.

Модификацию глины проводят для улучшения диспергирования и смешиваемости с полимерной матрицей, снижения полярности глины и увеличения сродства к органическим соединениям. Помимо приведенных выше примеров этой цели достигают также путём замещения неорганических катионов органическими, например аммониевой солью, содержащей 4-ацетилбифенил [36], 3-аминопропил-3-мет- или этоксисилан и другие соединения [37]. После подобной обработки глина легко расслаивается на отдельные пластины в результате возникновения сдвиговых напряжений во время смешения в расплаве [38] или при протекании химических реакций полимеризации исходных мономеров [19].

Представляет интерес создание полимерных материалов с добавками ММ промышленного производства. Опубликованы данные о гиперразветвленных металлоорганических полимерах и их использовании в качестве сырья для изготовления керамических материалов. Такие полимеры синтезируют ионной полимеризацией комплекса диметилферроцена с кремний-содержащим органическим соединением [39]. Керамический материал получают пиролизом при 700–1200°C гипер-разветвленных металлоорганических полимеров в атмосфере инертного газа. Керамический материал имеет структуру трехмерной мезопористой сетки типа нанокластеров.

Из приведенных данных видно, что новый тип композитных материалов, основанный на полимерах, наполненных наномерными частицами слоистых силикатов, вызывает большой научный и практический интерес. Это обусловлено рядом существенных преимуществ таких материалов, в

частности при введении в полимерную матрицу слоистых силикатов происходит увеличение модуля упругости, прочности, повышение термической стабильности и устойчивости к горению, улучшение электростатических свойств, снижение газопроницаемости материала [40].

В литературе имеются сведения по получению композитов на основе ароматических полиимидов с добавками монтмориллонита. Композиционный материал был получен на основе полипиромеллитимида модифицированного аммонийной солью монтмориллонита до 2 % [41]. В работе [42] используют частицы Na^+ -монтмориллонита (неэкслоирированный наполнитель) для активации процесса имидизации полиамидокислоты ароматического строения. Известны композиционные материалы на основе полиимида из диангирида 3,3',4,4'-оксидифталата и 1,3-бис-(4-аминофенокси)-2-пропанола с кремнеземом [43]. В результате исследования свойств таких материалов показано, что в полученных композитах ковалентно-связанный кремнезем распределяется в ПИ по активным аминокруппам.

Таким образом, как показал анализ публикаций по разработке полимерных композиционных материалов с использованием монтмориллонита, имеют непреклонный интерес, как в научном, так и в прикладном значении. Актуальность исследований в этом направлении не вызывает сомнений, вследствие этих причин авторами был получен ряд новых композиций на основе полиимидов алициклического строения с монтмориллонитом и его активированными формами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cheng C., Cheng H., Cheng F., Lee Y. Effect of reactive channel functional groups and nanocomposite of nanoscale mesoporous silica on properties of polyimide // *Macromol.* – 2006. – Vol. 39, N 22. – P. 7583-7590.
- [2] Лысенков Э.А., Гомза Ю.П., Клепко В.В. Структура и ионная проводимость полимерных электролитов на основе полиэтиленгликоля и органоимодифицированного монтмориллонита // *Сб. матер. X Межд. конф. по химии и физико-химии олигомеров.* – Волгоград, 2009. – С. 240.
- [3] Гончар А.Н., Штомпель В.И., Савельев Ю.К. Наноккомпозиты на основе линейного анионоактивного полиуретанового иономера и монтмориллонита // *Полимерн. журн.* – 2009. – № 1. – С. 81-88.
- [4] Машков Ю.К., Овчар З.Н., Суриков В.И., Канистратова Л.Ф. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. – М.: Машиностроение, 2005. – 240 с.
- [5] Борисов В.А., Беданков А.Ю., Кармоков А.Г. и др. Свойства полимерных наноккомпозитов на основе органоимодифицированного Na^+ -монтмориллонита // *Пласт. массы.* – 2007. – № 5. – С. 30-33.
- [6] Кахраманов Н.Т., Касумова Г.Ш., Осипчик В.С., Гаджиева Р.Ш. Износостойкие полимерные материалы. Структура и свойства // *Пласт. массы.* – 2017. – № 11-12. – С. 8-14.
- [7] Петров В.Т. Бентониты. – М.: Наука, 1980. – 273 с.
- [8] Баталова Ш.Б. Физико-химические основы получения и применения катализаторов и адсорбентов из бентонитов. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 168 с.
- [9] Охлопкова А.А., Попов С.Н., Слепцова С.А. и др. Полимерные наноккомпозиты триботехнического назначения // *Журн. структ. химии.* – 2004. – № 45. – С. 172-175.
- [10] Воронцов А.С., Люпо В.А., Авдейчик С.В., Козелло А.В. Процессы агрегации дисперсных частиц модификаторов полимерных матриц // *Горная механика и машиностроение.* – 2011. – № 4. – С. 81-85.

- [11] Финевич В.П., Аллерт Н.А., Карпова Т.Р., Дуплякин В.К. Композиционные наноматериалы на основе кислотного-активированных монтмориллонитов // Рос. хим. журн. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2007. – Т. LI, № 4. – С. 69-74.
- [12] Чвалун С.Н. Полимерные наноккомпозиты // Природа. – 2000. – № 7. – С. 1-13.
- [13] Тиннус К.М. Пластификаторы. – М.: Химия, 1964. – 916 с.
- [14] Бегиева М.Б., Лигидов М.Х., Пахомов С.И. Влияние модифицированного N,N'-диаллиламинозогексановой кислотой Na⁺-монтмориллонита на структуру и свойства полипропилена // Изв. ВУЗов. – 2015. – № 2. – С. 53-57.
- [15] Schuler B., Baumstark R., Kirsch S., et al. Structure and properties of multiphase particles and their impact on the performance of architectural coatings // Prog. Org. Coat. – 2000. – Vol. 40. – P. 139-50.
- [16] Hsu-Tung Lu. Synthesis and characterization of amino-functionalized silica nanoparticles // Colloid J. 2013. – Vol. 75, N 3. – P. 311-318.
- [17] Соколова Ю.А., Шубанов С.М., Кадырин Л.Б., Калугина Е.В. Полимерные наноккомпозиты. Структура. Свойства // Пласт. массы. – 2009. – № 3. – С. 18-23.
- [18] Maksimov R.D., Gaidukovs S., Zicans J., et al. Nanocomposites based on styrene-acrylate copolymer and organically modified montmorillonite 2 // Mechanics of Composite Materials. – 2006. – Vol. 42, N 4. – P. 353-362.
- [19] Трофимов А.Е., Степанов И.С., Теньковец А.В. Новый подход к синтезу органо-неорганических наноккомпозитов // Журн. прикл. химии. – 2007. – Т. 80, вып. 4. – С. 627-631.
- [20] Gardelien F. Synthesis of dense ceramics of single-phase mayenite (Ca₁₂Al₁₄O₃₂)O // J. Phys. Chem. Ser. B. – 2004. – Vol. 108, N 30. – P. 10678-10686.
- [21] Lin W., Tian X. Synthesis and Properties of New Polyimide-Silica Hybrid Films through both Intrachain and Interchain Bonding // J. Polym. Sci. – 2004. – Vol. 94, N 2. – P. 1229-1232.
- [22] Cheng-Tang O. Use of a strain amplification factor to describe the elastic behavior of filler reinforced vulcanized rubber // J. Appl. Polym. Sci. – 2003. – Vol. 89, N 12. – P. 3315-3322.
- [23] Davis C.H., Mathias L.J., Gilman J.W., et al. Polietilen asosida qiyin yonuvchan kompozitsiyalami yaratish // J. Polym. Sci. – 2002. – Vol. 40 B, N 23. – P. 2661-2666.
- [24] Xia Y., Fan X. Thermomechanical Analysis of Polymer Nanocomposites // J. Polym. Mater. Sci. – 2005. – Vol. 21, N 3. – P. 117-120.
- [25] Герасин В.А., Бахов Ф.Н., Мерекалова Н.Д. и др. // Структура формирующихся на Na⁺-монтмориллоните слоев поверхностно активных веществ и совместимость модифицированной глины с полиолефинами // Высокомолек. соед. – 2005. – Т. 47 А, № 9. – С. 1635-1651.
- [26] Wei L., Tang T., Huang B. Synthesis and characterization of polyethylene/montmorillonite/composite // J. Polym. Sci. 2004. – Vol. 42 А, N 4. – P. 941-949.
- [27] Zidi R., Bekri-Abbes I., Srasra E. The effect of monomer and clay proportion on the formation of polypyrrole clay intercalated nanocomposite // Электронная обработка материалов. – 2016. – № 52(4). – С. 22-29.
- [28] Anuar K. Metastable phase relation and phase equilibria in the Cr₂O₃-Fe₂O₃ system // J. Preparation and characterization Mater. Sci. – 2004. – Vol. 10, N 3. – P. 255-258.
- [29] Rehab A., Salahuddin N. Synthesis and Characterization of New Reducing Agent Based on Methylmethacrylate-Vinylpyridene Copolymer-Clay Nanocomposites // J. Mater. Sci. – 2005. – Vol. 399, N 1-2. – P. 368-376.
- [30] Ma C.M., Su H.Y., et al. Synthesis and thermal studies of flexible polyurethane nanocomposite forms obtained using nanoclay modified with flame retardant compound // J. Polym. Sci. – 2006. – Vol. 44, N 9. – P. 1076-1089.
- [31] Mehmet Atilla Tasdelen, Wim Van Camp, Eric Goethals, Philippe Dubois, et al. Poly-tetrahydrofuran/Clay Nanocomposites by in situ Polymerization and “Click” Chemistry Processes // Macromol. – 2008. – Vol. 41. – P. 6035-6040.
- [32] Xiong I, Zheng Z., Jifng H., et al. Organic/inorganic nanocomposites for high temperature // J. Composites. – 2007. – Vol. 38, N 1. – P. 132-137.
- [33] Bedanokov A.Yu., Mikitaev A.K., Borisov V.A., et al. Properties of polymer nanocomposites based on organomodified Na⁺-montmorillonite // J. of the Balkan Tribological Association. – 2007. – Vol. 13, N 3. – P. 360-366.

- [34] Den Gao, Robert B. Heimann. Structure and mechanical properties of superabsorbent poly(acrilamide)-montmorillonite composite hydrogels // *Polymer Gels and Networks*. – 1993. – Vol. 1, N 4. – P. 225-246.
- [35] Pozzo D.C. Reversible shear gelation of polymer–clay dispersions // *J. Colloids and Surfaces*. – 2004. – Vol. 240, N 1-3. – P. 187-198.
- [36] Chigwada G., Wang D., Jiang D., Wilkie C. Transition metal complexes of N-picolyl polyurethane // *J. Polym.* – 2006. – Vol. 91, N 4. – P. 755-762.
- [37] Семенов В.В., Меленкова Н.В., Черепенникова Н.Ф. Функциональные кремний-содержащие иминолы и енамин-кетоны: получение и гидролитическая конденсация // *Журн. прикл. химии*. – 2007. – Т. 80, вып. 4. – С. 663-669.
- [38] Поплевина Н.В. Азотсодержащие карбо- и гетероциклические соединения на основе ацетилзамещенных циклогексанонов и оксоциклогександикарбоксилатов: Автореф. канд. хим. наук. – Саратов, 2009. – 24 с.
- [39] Сомпонг Пирияон. Структура, механические и триботехнические свойства нанокompозитов на основе условно химически модифицированного сверхвысокомолекулярного полиэтилена: Автореф. канд. хим. наук. – Томск, 2012. – 24 с.
- [40] Леднев О.Б. Слоистосиликатные нанокompозиты на основе полибутилентерефталата: Автореф. канд. хим. наук. – М., 2006. – 24 с.
- [41] Цурова А.Т. Влияние химического строения органо-модификатора монтмориллонита на физико-химические свойства полиамид-6/слоистосиликатных нанокompозитов: Автореф. канд. хим. наук. – Нальчик, 2014. – 24 с.
- [42] Зайков Г.Е., Ломакин С.М. Композиты пониженной горючести на основе слоистых силикатов // *Конструкции из композиционных материалов*. – 2005. – № 1. – С. 17-36.
- [43] Шоранова Л.О., Чуков Н.М., Микитаев А.К. Нанокompозиты на основе простейших полиолефинов // *Наукоемкие технологии*. – 2011. – Т. 12, № 2. – С. 61-71.

REFERENCES

- [1] Cheng C., Cheng H., Cheng F., Lee Y. Effect of reactive channel functional groups and nanocomposite of nanoscale mesoporous silica on properties of polyimide // *Macromol.* 2006. Vol. 39, N 22. P. 7583-7590.
- [2] Lyisenkov E.A., Gomza Yu.P., Klepko V.V. Структура и ионная проводимость полимерных электролитов на основе полиэтиленгликоля и органо-модифицированного монтмориллонита // *Sb. mater. H Mezhd. konf. po himii i fiziko-himii oligomerov*. Volgograd, 2009. P. 240.
- [3] Gonchar A.N., Shtompel V.I., Savelev Yu.K. Nanokompозиты на основе линейного анионоактивного полиуретанового иономера и монтмориллонита // *Polimern. zhurn.* 2009. N 1. P. 81-88.
- [4] Mashkov Yu.K., Ovchar Z.N., Surikov V.I., Kanistratova L.F. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. М.: Mashinostroenie, 2005. 240 p.
- [5] Borisov V.A., Bedankov A.Yu., Karmakov A.G. i dr. Svoystva polimernykh nanokompозитov na osnove organomodifitsirovannogo Na-montmorillonita // *Plast. massyi*. 2007. N 5. P. 30-33.
- [6] Kahramanov N.T., Kasumova G.Sh., Osipchik V.S., Gadzhieva R.Sh. Iznosostoykie polimernye materialy. Структура и свойства // *Plast. massyi*. 2017. N 11-12. P. 8-14.
- [7] Petrov V.T. Bentonity. М.: Nauka, 1980. 273 p.
- [8] Battalova Sh.B. Fiziko-himicheskie osnovy polucheniya i primeneniya katalizatorov i adsorbentov iz bentonitov. Alma-Ata: Nauka, 1986. 168 p.
- [9] Ohlopkova A.A., Popov S.N., Sleptsova S.A. i dr. Polimernye nanokompозиты tribo-tehnicheskogo naznacheniya // *Zhurn. strukt. himii*. 2004. N 45. P. 172-175.
- [10] Vorontsov A.S., Liopo V.A., Avdeychik S.V., Kozello A.V. Protsesty agregatsii dispersnykh chastits modifikatorov polimernykh matrits // *Gornaya mehanika i mashinostroenie*. 2011. N 4. P. 81-85.
- [11] Finevich V.P., Allert N.A., Karpova T.R., Duplyakin V.K. Композиционные наноматериалы на основе кислотно-активированных монтмориллонитов // *Ros. him. zhurn. (Zh. Ros. him. obva im. D.I. Mendeleeva)*. 2007. Vol. LI, N 4. P. 69-74.

- [12] Chvalun S.N. Polimernye nanokompozityi // Priroda. 2000. N 7. P. 1-13.
- [13] Tinnus K.M. Plastifikatoryi. M.: Himiya, 1964. 916 p.
- [14] Begieva M.B., Ligidov M.H., Pahomov S.I. Vliyanie modifitsirovannogo N,N'-diallilaminoizogeksanovoy kislotoy Na-montmorillonita na strukturu i svoystva polipropilena // Izv. VUZov. 2015. N 2. P. 53-57.
- [15] Schuler B, Baumstark R, Kirsch S., et al. Structure and properties of multiphase particles and their impact on the performance of architectural coatings // Prog. Org. Coat. 2000. Vol. 40. P. 139-50.
- [16] Hsu-Tung Lu. Synthesis and characterization of amino-functionalized silica nanoparticles // Colloid J. 2013. Vol. 75, N 3. P. 311-318.
- [17] Sokolova Yu.A., Shubanov S.M., Kadyirin L.B., Kalugina E.V. Polimernye nanokompozityi. Struktura. Svoystva // Plast. massyi. 2009. N 3. P. 18-23.
- [18] Maksimov R.D., Gaidukovs S., Zicans J., et al. Nanocomposites based on styrene-acrylate copolymer and organically modified montmorillonite 2 // Mechanics of Composite Materials. 2006. Vol. 42, N 4. P. 353-362.
- [19] Trofimov A.E., Stepanov I.S., Tenkovets A.V. Novyyi podhod k sintezu organo-neorganicheskikh nanokompozitov // Zhurn. prikl. himii. 2007. Vol. 80, N 4. P. 627-631.
- [20] Gardelien F. Synthesis of dense ceramics of single-phase mayenite (Ca₁₂Al₁₄O₃₂)O // J. Phys. Chem. Ser. B. 2004. Vol. 108, N 30. P. 10678-10686.
- [21] Lin W., Tian X. Synthesis and Properties of New Polyimide-Silica Hybrid Films through both Intrachain and Interchain Bonding // J. Polym. Sci. 2004. Vol. 94, N 2. P. 1229-1232.
- [22] Cheng-Tang O. Use of a strain amplification factor to describe the elastic behavior of filler reinforced vulcanized rubber // J. Appl. Polym. Sci. 2003. Vol. 89, N 12. P. 3315-3322.
- [23] Davis C.H., Mathias L.J., Gilman J.W., et al. Polietilen asosida qiyn yonuvchan kompozitsiyalami yaratish // J. Polym. Sci. 2002. Vol. 40 V, N 23. P. 2661-2666.
- [24] Xia Y., Fan X. Thermomechanical Analysis of Polymer Nanocomposites // J. Polym. Mater. Sci. 2005. Vol. 21, N 3. P. 117-120.
- [25] Gerasin V.A., Bahov F.N., Merekalova N.D. i dr. // Struktura formiruyuschisya na Na -montmorillonite sloev poverhnostno aktivnyih veschestv i sovsestnost modifitsirovannoy glinyi s poliolefinami // Vysokomolek. soed. 2005. Vol. 47 A, N 9. P. 1635-1651.
- [26] Wei L., Tang T., Huang B. Synthesis and characterization of polyethylene/montmorillonite /composite // J. Polym. Sci. 2004. Vol. 42 A, N 4. P. 941-949.
- [27] Zidi R., Bekri-Abbes I., Srasra E. The effect of monomer and clay proportion on the formation of polypyrrole clay intercalated nanocomposite // Elektronnaya obrabotka materialov. 2016. N 52(4). P. 22-29.
- [28] Anuar K. Metastable phase relation and phase equilibria in the Cr₂O₃-Fe₂O₃ system // J. Preparation and characterization Mater. Sci. 2004. Vol. 10, N 3. P. 255-258.
- [29] Rehab A., Salahuddin N. Synthesis and Characterization of New Reducing Agent Based on Methylmethacrylate-Vinylpyridene Copolymer-Clay Nanocomposites // J. Mater. Sci. 2005. Vol. 399, N 1-2. P. 368-376.
- [30] Ma C.M., Su H.Y., et al. Synthesis and thermal studies of flexible polyurethane nanocomposite forms obtained using nanoclay modified with flame retardant compound // J. Polym. Sci. 2006. Vol. 44, N 9. P. 1076-1089.
- [31] Mehmet Atilla Tasdelen, Wim Van Camp, Eric Goethals, Philippe Dubois, et al. Poly-tetrahydrofuran/Clay Nanocomposites by in situ Polymerization and "Click" Chemistry Processes // Macromol. 2008. Vol. 41. P. 6035-6040.
- [32] Xiong I, Zheng Z., Jifng H., et. al. Organic/inorganic nanocomposites for high temperature // J. Composites. 2007. Vol. 38, N 1. P. 132-137.
- [33] Bedanokov A.Yu., Mikitaev A.K., Borisov V.A., et al. Properties of polymer nanocomposites based on organomodified Na-montmorillonite // J. of the Balkan Tribological Association. 2007. Vol. 13, N 3. P. 360-366.
- [34] Den Gao, Robert B. Heimann. Structure and mechanical properties of superabsorbent poly(acrilamide)-montmorillonite composite hydrogels // Polymer Gels and Networks. 1993. Vol. 1, N 4. P. 225-246.

- [35] Pozzo D. C. Reversible shear gelation of polymer–clay dispersions // *J. Colloids and Surfaces*. 2004. Vol. 240, N 1-3. P. 187-198.
- [36] Chigwada G., Wang D., Jiang D., Wilkie C. Transition metal complexes of N-picolyl polyurethane // *J. Polym.* 2006. Vol. 91, N 4. P. 755-762.
- [37] Semenov V.V., Melenskova N.V., Cherepennikova N.F. i dr. Funktsionalnyie krem-niysoderzhaschie iminenolyi i enaminy-ketonyi: poluchenie i gidroliticheskaya kondensatsiya // *Zhurn. prikl. himii*. 2007. Vol. 80, N 4. P. 663-669.
- [38] Poplevina N.V. Azotsoderzhaschie karbo- i geterotsiklicheskie soedineniya na osnove atsetilzameschennyih tsiklogeksanov i oksotsiklogeksandikarboksilatov: Avtoref. kand. him. nauk. Saratov, 2009. 24 p.
- [39] Sompong Piriyaon. Struktura, mehanicheskie i tribotekhnicheskie svoystva nanokompozitov na osnove uslovno himicheskii modifitsirovannogo sverhvyisokomolekulyarnogo polietilena: Avtoref. kand. him. nauk. Tomsk, 2012. 24 p.
- [40] Lednev O.B. Sloistosilikatnyie nanokompozityi na osnove polibutilentereftalata: Avtoref. kand. him. nauk. M., 2006. 24 p.
- [41] Tsurova A.T. Vliyanie himicheskogo stroeniya organomodifikatora montmorillonita na fiziko-himicheskie svoystva poliamid-6/sloistosilikatnyih nanokompozitov: Avtoref. kand. him. nauk. Nalchik, 2014. 24 p.
- [42] Zaikov G.E., Lomakin S.M. Kompozityi ponizhennoy goryuchesti na osnove sloistyih silikatov // *Konstruktsii iz kompozitsionnyih materialov*. 2005. N 1. P. 17-36.
- [43] Shoranova L.O., Chukov N.M., Mikitaev A.K. Nanokompozityi na osnove prosteyshih poliolefinov // *Naukoemkie tehnologii*. 2011. Vol. 12, N 2. P. 61-71.

Резюме

М. Б. Әмірзақова, В. Д. Кравцова, Р. Б. Сариева, Р. М. Ыскаков

ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛАР, ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН МОНТМОРИЛЛОНИТПЕН

Ұсынылған шолуда әдеби деректер көрсетілді қазіргі жай-күйін талдау бойынша зерттеу полимерлік композициялық материалдарды түрлендірілген табиғи минералды монтмориллонитпен ететін арттыру термиялық, беріктік, сондайақ жақсарту электростатикалық қасиеттерін азайту, газ өткізбеуін материалды тұтастай алғанда.

Түйін сөздер: полимерлік қоспалар, монтмориллонит, полимерлеу, түрлендіру.

Summary

M. B. Umerzakova, V. D. Kravtsova, R. B. Sarieva, R. M. Iskakov

POLYMER COMPOSITIONS MODIFIED WITH MONTMORILLONITE

The review of the literature data shows the analysis of the current state of the study of polymer composite materials modified by the natural mineral montmorillonite, contributing to the increase of thermal, strength, and electrostatic properties, reducing the gas permeability of the material as a whole.

Key words: polymer compositions, montmorillonite, polymerization, modification.