

УДК 541.64:661.683

Біодеградабельні органо-неорганічні композити на основі силікату натрія, ізоціанатного форполімеру і карбоксиметилцелюлози

В.Л. Будзінська¹, Т.М. Ногіна², Є.В. Лебедев¹

¹Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України
48, Харківське шосе, Київ, 02160, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України
154, вул. Академіка Заболотного, Київ, 03680, Україна

Розроблено метод синтезу органо-неорганічних композитів на основі силікату натрія, олігоетердіуретандіізоціанату та похідного природного полімеру карбоксиметилцелюлози. Методом ІЧ-спектроскопії встановлено, що синтетичне похідне природного полімеру хімічно не зв'язується з компонентами системи. Введення карбоксиметилцелюлози до органо-неорганічну поліуретансечовинну матрицю приводить до формування композиту, що являє собою напів-ВПС. Створені композити характеризуються більш однорідною структурною впорядкованістю в порівнянні з не модифікованою системою, яка в свою чергу, забезпечує високі експлуатаційні характеристики кінцевого матеріалу. Розроблені композити здатні до біодеструкції під впливом ґрунтових мікроорганізмів. Під час перебування композитів у ґрунті на поверхні зразків формується біоплівка, в якій наявні грампозитивні і грамнегативні бактерії, міцеліальні гриби та дріжджі. Деструкційна дія мікроорганізмів ґрунтової екосистеми призводить до зниження фізико-механічних параметрів композитів.

Ключові слова: біодеградабельні органо-неорганічні композити, карбоксиметилцелюлоза, біодеструкція, мікроорганізми, ґрунтова екосистема.

Вступ.

Постійно зростаючий рівень забруднення навколишнього середовища полімерними матеріалами свідчить про актуальність наукових розробок, спрямованих на створення полімерів, які руйнуються під дією природних чинників [1–3]. Є різні підходи до створення такого типу полімерів, а саме: синтез полімерів з використанням природних сполук або ж створення полімерних композитів з відомих полімерів шляхом наповнення їх природними сполуками, які легко відновлюються в природі [4–7]. Особливістю цих полімерів є необхідність збереження наданих експлуатаційних параметрів протягом всього періоду їх використання в поєднанні з прискороною деградацією під дією різних природних факторів. Серед таких біодеградабельних полімерних композитів на особливу увагу заслуговують органо-неорганічні композити (ОНК), що містять у своєму складі як органічну складову, так і здатні до біодеградації полімери природного походження. Саме таке поєднання може значно подовжити термін експлуатації композитів завдяки наявності неорганічної складової, і в той же час при попаданні в ґрунт вони розкладаються під дією мікроорганізмів і води з утворенням нешкідливих для довкілля органічних та неорганічних

(наприклад, SiO₂) продуктів [8].

Нами проводяться систематичні дослідження зі створення органо-неорганічних композитів із застосуванням водорозчинних силікатів лужних металів у поєднанні з органічними реагентами (мономерами, олігомерами і полімерами) [9, 10]. Такий підхід до створення ОНК дав змогу отримати різноманітні органо-неорганічні композиційні матеріали з високими експлуатаційними параметрами.

Раніше нами були створені гібридні композити шляхом проведення спільної полімеризації органічних олігомерів з неорганічними, такими як силікати, силікополіфосфати та інші змішані фосфати [11, 12]. Властивості ОНК визначаються як співвідношенням швидкостей реакцій при формуванні системи, так і особливостями формування структури таких композитів [13, 14]. Найбільш привабливими серед них виявилися органо-неорганічні поліуретансечовинні композити, отримувані при поєднанні силікатів натрія (рідкого скла) з діізоціанатами, поліізоціанатами та ізоціанатними форполімерами (олігоетеруретандіізоціанатами) [9, 15, 16]. У цьому аспекті перспективний шлях застосування в отримуваних на базі рідкого скла та ізоціанатної

складової як органічної похідної полімерів природного походження. Зі всього різноманіття природних полімерів нами була вибрана синтетична похідна природного полімеру – карбоксиметилцелюлоза (КМЦ). До переваг КМЦ слід віднести те, що вона біодеградабельна, а також дешева та екологічно безпечна. Слід зазначити, що синтез ОНК на основі поліуретансечовини, які містять як природні полімери, так і синтетичні похідні природних полімерів, зокрема КМЦ, та дослідження можливості мікробної деструкції таких ОНК раніше не проводились.

Метою роботи була розробка методу синтезу ОНК поліуретансечовинного типу, що містять КМЦ, вивчення особливостей їх формування і структури утворених композитів, вивчення властивостей синтезованих композитів, а також здатності до деструкції під дією ґрунтових мікроорганізмів.

Експериментальна частина.

Об'єктами досліджень були α , ω -олігооксипропілендіуретандіізоціанат (МДІ), силікат натрію та синтетичне похідне природного полімеру – карбоксиметилцелюлоза (КМЦ).

МДІ синтезували реакцією гнучколанцюгового етеру – олігооксипропіленгліколю ММ 1052 з подвійним мольним надлишком толуїлендіізоціанату (суміш ізомерів 2,4 – 65 % і 2,6 – 35 %) безпосередньо перед використанням. МДІ містив $6,0 \pm 0,5$ % NCO-груп.

Силікат натрію (СН) із силікатним модулем (силікатний модуль ($m_{\text{сн}}$) – відношення кількості SiO_2 г/моль до Na_2O г/моль) рівним $2,94 \pm 0,50$, який визначався згідно з ГОСТ 13079. Відсоток вільної води в СН становив 50 ± 3 % мас.

Синтетичним похідним природного полімеру була КМЦ, яка випускається у вигляді натрієвої солі (Aldrich). У роботі використовували свіжоприготовлені 5, 10 та 15 %-ві водні розчини КМЦ, із яких 15 %-вий розчин КМЦ являв собою густий колоїдний розчин, що втратив текучість.

Синтез ОНК у вигляді плівок було проведено шляхом введення водного розчину КМЦ у силікат натрію з наступним додаванням до реакційної суміші МДІ при постійному перемішуванні за кімнатної температури на мішалці за швидкості 50 об/хв. У подальшому плівки залишали на тефлоновій підкладці для повного затвердіння. Композиції отримували за співвідношення неорганічної і органічної складової, рівного 40:60 масових часток (мас. ч.) відповідно. В композити вводили розчини КМЦ відповідної концентрації у кількості 5 мас.ч. від загальної маси композиту.

ІЧ-спектри зразків ОНК знімали на спектрометрі "TENSOR 37" фірми BRUKER в області $400\text{--}4000$ cm^{-1} за температури 20 ± 1 °С.

Для термогравіметричного аналізу використовували прилад Q50 (TA Instruments, США). Зразки досліджували в температурному інтервалі від 20 до 700 °С зі швидкістю нагрівання 20 °С/хв. в атмосфері повітря.

Таблиця. Склад отриманих зразків ОНК

№ п/п	Вміст, %		
	СН	МДІ	КМЦ
1	25	75	0
2	24,9	74,8	0,3
3	24,7	74,0	1,3
4	24,3	73,0	2,7

Визначення міцності і відносного подовження при розтягуванні зразків ОНК проводили відповідно до ГОСТ 18299 після старіння зразків протягом 14 діб за кімнатної температури на розривній машині Р-5 за швидкості 50 мм/хв.

Дослідження морфології ОНК проводили методом трансмісійної оптичної мікроскопії на мікроскопі Primo Star, Carl Zeiss (Німеччина).

Дослідження здатності ОНК до біодеградації під впливом ґрунтових мікроорганізмів проводили в модельних дослідах з використанням чорнозему суглинкового. Для цього зразки ОНК поміщали у спеціальні контейнери із ґрунтом і витримували у ньому за кімнатної температури ($20 \pm 0,2$ °С) протягом 30 діб, підтримуючи вологість ґрунту в межах 65–75 %. Наприкінці експерименту зразки виймали із ґрунту, відбирали проби із їхньої поверхні для проведення мікроскопічних досліджень, після чого ретельно відмивали від залишків ґрунту проточною водою та висушували за кімнатної температури до сталої ваги. Підготовлені таким чином зразки ОНК використовували для дослідження міцності та подовження при розтягуванні.

Результати дослідження та їх обговорення.

Синтез запропонованих у цьому дослідженні біодеградабельних ОНК базувався на модифікації розробленої нами базової системи СН – ізоціанатний форполімер [9, 16] за допомогою КМЦ. Базову систему, яка

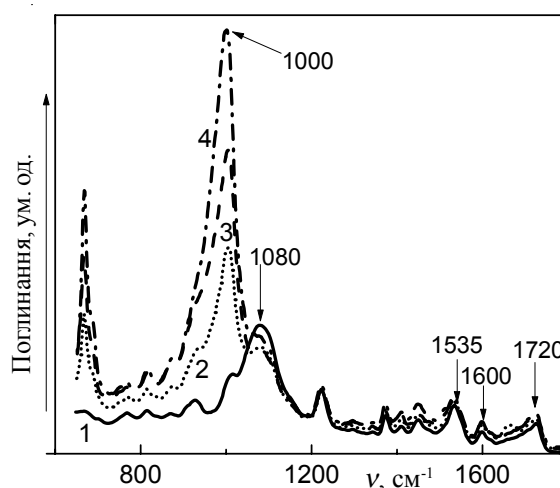


Рис. 1. ІЧ-спектри зразків ОНК, що містять різну кількість КМЦ: 1 – СН+МДІ (контроль); 2 – 0,3 % КМЦ; 3 – 1,3 % КМЦ; 4 – 2,7 % КМЦ. Співвідношення неорганічної і органічної складової дорівнює 40:60 % мас. для всіх трьох рисунків

розглядається як модельна для порівняння, отримували за співвідношення СН:МДІ, рівного 40:60 % ваг. Раніше було встановлено [16], що саме за такого співвідношення компонентів вдається отримати ОНК з найкращими експлуатаційними параметрами, а саме міцністю при розтягуванні та деформативними показниками. КМЦ вводили в базову (модельну) систему у кількості 5 мас. ч. 5, 10 та 15 %-ого водного розчину відповідно. Саме за таких співвідношень вдається отримати ОНК у вигляді прозорих плівок без вкраплень і спінення. Експериментально було встановлено, що при введенні більшої кількості КМЦ у систему ОНК відбувається миттєва конденсація СН з подальшим склуванням суміші. За такою методикою було отримано ОНК, склад яких наведено в таблиці.

Результати впливу КМЦ на хімізм формування ОНК досліджено методом ІЧ-спектрального аналізу та методом термогравіметрії. На рис. 1 подані ІЧ-спектри як модельної системи СН/МДІ, так і ОНК із різним вмістом доданої КМЦ. Проведені раніше дослідження [9, 16] дали змогу встановити, що при формуванні ОНК на основі ізоціанатів і силікатів, у системі відбувається ряд паралельно-конкуруючих реакцій. По-перше, – це реакція сечовиноутворення, під час якої витрачається максимальна кількість вільної води, наявної в СН. По-друге, за рахунок втрати води та утворення гідрокарбонату натрію, в системі СН порушується рівновага [17], що приводить до поліконденсації СН. Паралельно відбувається реакція між органічною та неорганічною складовими з утворенням поліуретансилікатів. Загалом можна стверджувати, що при взаємодії СН з МДІ відбувається формування поліуретансечовинної матриці, наповненої частками поліконденсованого СН. На спектрі 1 рис. 1 чітко прописуються смуги, характерні для сформованого композиту. Смуги за 1600 і 1535 см^{-1} характеризують поглинання сечовинних груп різної асоціації [18], а пік за 1720 см^{-1} відповідає поглиннанню уретанових зв'язків [19]. Смуги поглинання, характерні для зв'язків Si–O–Si, спостерігаються за 1080 см^{-1} [17].

При порівнянні смуг поглинання модельної системи СН/МДІ з композитами, які містять КМЦ, помітні тільки незначні відмінності. При введенні КМЦ в систему незначно зростає інтенсивність смуги поглинання за 1600 і 1535 см^{-1} (спектри 2–4), що вказує на утворення більшої кількості полісечовини у порівнянні із системою без КМЦ. У той же час на спектрах 2–4 прописується досить інтенсивна смуга поглинання за 1000 см^{-1} , яка характеризує коливання етерних С–O–С зв'язків КМЦ. Інтенсивність цієї смуги зростає зі збільшенням концентрації розчину КМЦ. Загалом можна стверджувати, що введення КМЦ практично не впливає на положення та перерозподіл основних смуг поглинання поліуретансечовинної матриці, що вказує на відсутність хімічної взаємодії між КМЦ і складовими ОНК. При введенні в композит КМЦ відбувається формування системи типу напів-взаємопроникна полімер-

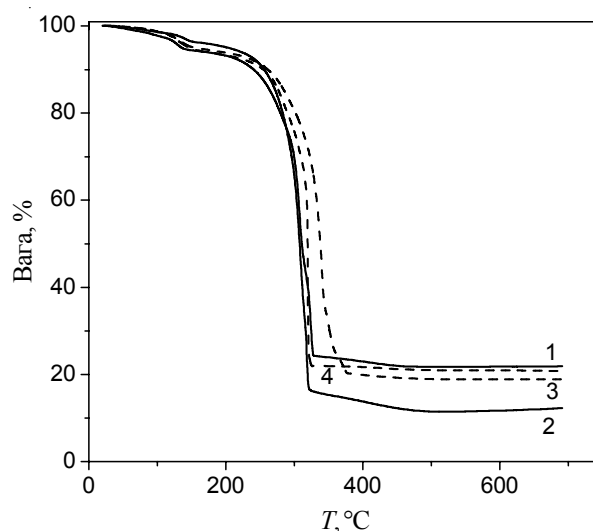


Рис. 2. Термограми зразків ОНК, що містять різну кількість КМЦ: 1 – СН+МДІ (контроль); 2 – 0,3 % КМЦ; 3 – 1,3 % КМЦ; 4 – 2,7 % КМЦ

на сітка (напів-ВПС), де в сітці поліуретансечовини містяться ланцюги КМЦ.

На рис. 2 наведені термограми створених ОНК. Аналіз кривих свідчить про складність процесу деструкції, який включає не менш як три основні стадії. На першій стадії відбувається втрата води, яка міститься у кожному композиті, незалежно від його складу. При цьому втрата ваги становить приблизно 3 %, що відповідає кількості води, яка не вступає у реакцію під час формування ОНК. Починається ця стадія за температури 100–150 °С. В області цієї стадії відбувається також деструкція КМЦ у температурному інтервалі 130–140 °С [20]. Наступна стадія в межах температур 220–390 °С характеризує термоокиснювальну деструкцію як уретанових, так і сечовинних груп композитів [21, 22]. Остання стадія за високих температур (від 490 °С та вище) відповідає деструкції скелету молекули [23]. На кривій композиту, що містить КМЦ, не має додаткових піків, що вказує на відсутність формування міцних хімічних зв'язків між компонентами системи та введеною КМЦ.

Отже, за результатами ІЧ-спектроскопічних і термогравіметричних досліджень можна зробити висновки про відсутність хімічної взаємодії між компонентами ОНК та КМЦ. При введенні у систему КМЦ відбувається формування композиту типу напів-ВПС, в якому КМЦ розподілено в сітці поліуретансечовини, що утворюється в процесі реакції СН з МДІ.

Введення більшої кількості КМЦ в систему приводить до більш рівномірного наповнення та розподілення її в ОНК. Такий механізм розподілення впливає і на фізико-механічні характеристики ОНК. Відомо [24], що при введенні в полімерну матрицю наповнювачів спостерігається зростання міцнісних показників композитів. Тому нами було досліджено фізико-механічні

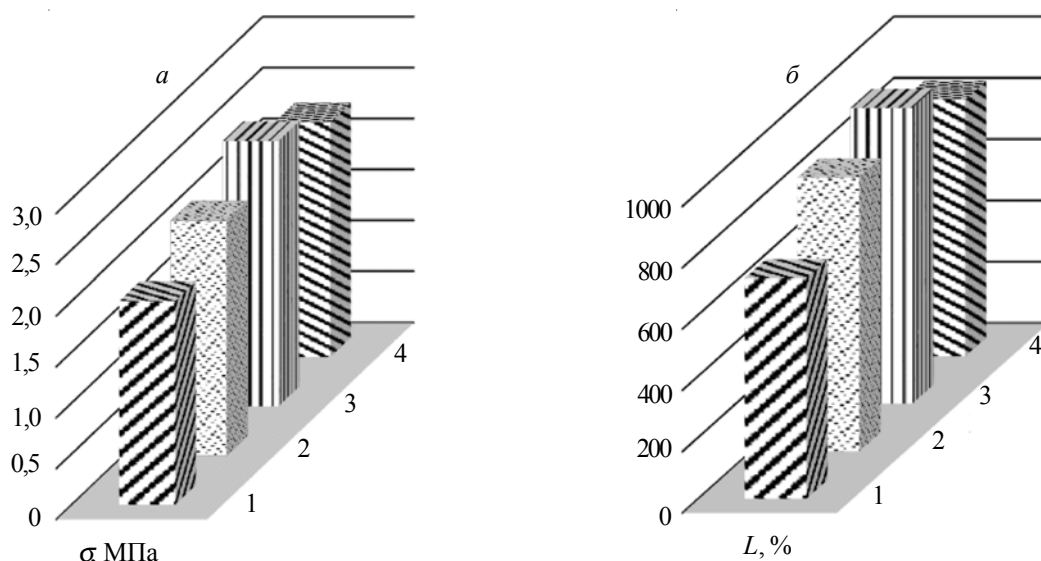


Рис. 3. Фізико-механічні характеристики зразків ОНК, що містять різну кількість КМЦ: 1 – СН+МДІ (контроль); 2 – 0,3 % КМЦ; 3 – 1,3 % КМЦ; 4 – 2,7 % КМЦ. Міцність при розтягуванні (а); відносне подовження при розтягуванні (б)

параметри зразків ОНК. Насамперед в композитах, які містять природні полімери, враховується необхідність збереження функціональності матеріалів у процесі їх експлуатації. Експериментально було встановлено, що введення в систему КМЦ не приводить до погіршення фізико-механічних показників систем. На рис. 3 наведені значення міцності (а) та відносного подовження при розтягуванні (б) зразків ОНК. Як видно з рисунка, при збільшенні концентрації введеного розчину КМЦ спостерігається незначне посилення міцності при розтягуванні, в той час як подовження зростає, що є досить несподіваним результатом, оскільки загалом відомо, що введення природних полімерів у склад синтетичної матриці приводить до погіршення фізико-механічних властивостей системи [25, 26]. У нашому випадку отримані фізико-механічні показники пов'язані з формуванням просторової структури композиту.

Оскільки ми використовуємо водні розчини КМЦ, то вода вступає в реакцію з органічною матрицею, утворюючи поліуретансечовину, а КМЦ відіграє роль модифікатора. Відомо, що за незначної кількості КМЦ, виникає ефект впливу модифікатора на процеси структуроутворення та стабілізацію структури за рахунок генерації рівномірних і малих за розміром частинок модифікатора [27]. Як зазначалось вище, в процесі формування ОНК на основі силікатів та ізоціанатів відбувається ряд паралельно-конкуруючих реакцій, однією з яких є поліконденсація СН з утворенням полікремніевої кислоти, яка формується у вигляді часточок овоїдальної форми. При введенні КМЦ зменшується розмір силікатних часточок конденсованого СН, що сприяє збільшенню площі контактів двох фаз (органічної і неорганічної), що приводить до утворення компактної структури композитів [28]. Ці дані пояснюють ріст фізико-механічних показників зразків ОНК при зменшенні

розмірів силікатних часточок при дії модифікатора неорганічної складової. Отже, введення в ОНК невеликих кількостей КМЦ приводить до формування більш однорідної структурної впорядкованості, що і зумовлює більш високі фізико-механічні показники. Слід зауважити, що для композиту 4 (див. таблицю) показники подовження при розтягуванні дещо нижчі, ніж для ОНК, де кількість введеного КМЦ нижча. На нашу думку, це пов'язано, з тим, що більша кількість КМЦ утруднює перебіг реакцій формування композиту між реакційними групами МДІ та скоагульованими (закритими в оболонці конденсованого СН) групами неорганічної складової.

Отже, створені ОНК, що містять синтетичну похідну природного полімеру, характеризуються більш однорідною структурною впорядкованістю, яка, в свою чергу, забезпечує високі експлуатаційні характеристики.

Оскільки у склад композитів входить КМЦ, то ми вважаємо, що такі ОНК будуть розкладатися під впливом мікроорганізмів. Перед початком таких досліджень необхідно провести стерилізацію синтезованих ОНК. Як видно з даних ТГА, втрата ваги для всіх зразків починається за температури, вище 100 °С, що свідчить про можливість проведення стерилізації (яка відбувається за температури 100 °С).

Наступним етапом роботи було визначення здатності ОНК до біодеструкції під впливом ґрунтових мікроорганізмів. Встановлено, що у поверхневій біоплівці, яка сформувалась на зразках ОНК під час їх 30-ти добового перебування у ґрунті, були наявні грам-позитивні і грамнегативні бактерії, міцеліальні гриби та дріжджі. При дослідженні змін фізико-механічних показників самих полімерних композитів виявлено, що порівняно із початковими характеристиками ОНК, у зразках після впливу ґрунтових мікроорганізмів змен-

шилось відносно подовження при розтягуванні на 20-25 % і міцність при розриві – на 15 %. Отримані дані свідчать про те, що досліджені зразки полімерних матеріалів піддавалися деградації мікроорганізмами ґрунтової екосистеми. Як раніше зазначалось, дослідження можливості мікробної деструкції ОНК на основі поліуретансечовини, які містять КМЦ, раніше не проводились. У літературі описані результати вивчення біодеградації інших полімерів, зокрема композиційних плівок на основі поліетилену, наповненого крохмалем та органічними і неорганічними біогенними елементами за різних співвідношень [29, 30]. Дослідження дії мікроорганізмів на природу деструкції отриманих ОНК показали, що для змішаної популяції природних штамів ґрунтових мікроорганізмів, виявлених на поверхні полімерного матеріалу після його витримування у ґрунті, характерна наявність міцеліальних грибів, актиноміцетів і бактерій, зокрема псевдомонад. Відома також здатність мікроорганізмів, зокрема асоціації грамнегативних бактерій роду *Pseudomonas* і грампозитивних бактерій родів *Bacillus* і *Rhodococcus*, до біодеструкції КМЦ, яка входить до складу целюлозовмісних бурових реагентів [31]. Поряд із бактеріями штами, які здатні до

гідролізу КМЦ, виявлені серед дріжджів, що містяться у відходах пивоваріння, і міцеліальних грибів [32]. Враховуючи всі дані, отримані в результаті встановлення механізмів їх біодеструкції та оптимізації цього процесу, необхідно проведення подальших досліджень, які передбачають ідентифікацію домінуючих груп мікроорганізмів, що безпосередньо беруть участь у біодеградації молекул полімерів і визначення рівня їх деструктивної активності щодо цих речовин.

Отже, в результаті виконання роботи нами створено органо-неорганічні композити на основі органо-неорганічної поліуретансечовинної матриці, які містять у своєму складі синтетичне похідне природного полімеру. Створені матеріали мають комплекс необхідних експлуатаційних параметрів, що в поєднанні з їхньою здатністю до біодеградації дає можливість отримати екологічно безпечні матеріали поліфункціонального призначення (захисні покриття, пакувальні матеріали), які можна застосовувати в різних галузях промисловості та життєдіяльності людини. Використання таких матеріалів перспективне та дає змогу визначити шляхи вирішення проблеми покращення екологічного стану навколишнього середовища людини.

Література

1. Кобріна Л.В., Рябов С.В., Керча Ю.Ю. // Композиц. полімер. матеріали. – 2003. – № 2. – С. 86-90.
2. Рибкіна С.Т., Шостак Т.С., Пахаренко В.О., Яценко С.С., Пахаренко В.В. // Хім. пром. України. – 2009. – №6. – С. 42-45.
3. Fontanella S., Bonhomme S., Koutny M., Husarova L., Brusson J.-M., Courdavault J.-P., Pitteri S., Samuel G., Pichon G., Lemaire J., Delort A.M. // Polymer Degradation and Stabilization. – 2010. – **95**, N 6. – P. 1011-1021.
4. Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов. – Тамбов: ТГТУ, 2005. – 80 с.
5. Xianyun He, Zhichen Zhai, Yingjun Wang, Gang Wu, Zhiwen Zheng, Qunfang Wang, Yang Liu // J. of Applied Polymer Sci. – 2012. – **126**. – P. E353–E360.
6. Васнев В.А. // Высокомолекуляр. соединения. – 1997. – **39**, № 12. – С. 2073–2086.
7. Аристархов Д.В., Журавский Г.И. // Инженерно-физ. журн. – 2001. – № 6. – С. 152–156.
8. Кржан А. // Биоразлагаемые полимеры и пластики. – 2011. – P. 4.
9. Ищенко С.С., Новикова Т.И., Придатко А.Б., Лебедев Е.В. // Журн. прикл. химии. – 1995. – **68**. – №7. – С.1198-1201.
10. Будзінська В.Л., Лебедев С.В. // Полімер. журн. – 2013. – **35**, № 3. – С. 298-303.
11. Лебедев Е.В., Ищенко С.С., Придатко А.Б. // Композиц. полимер. материалы. – 1999. – **21**, № 1. – С. 3-12.
12. Лебедев С.В., Ищенко С.С., Будзінська В.Л. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2002. – **3**. – С.80-86.
13. Лебедев С.В., Гомза Ю.П., Ищенко С.С., Будзінська В.Л., Денисенко В.Д. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2006. – **3**. – С.89–94.
14. Будзінська В.Л., Ищенко С.С., Козак Н.В., Лебедев С.В. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2011. – № 1. – С. 38-42.
15. Юрженко М.В. // Дис. на здобуття наукового ступ к.ф.-м.н. – 2009. – 22 с.
16. Будзінська В.Л. // Дис. на здобуття наукового ступ к.х.н. – 2003. – 21 с.
17. Айлер Р. Химия кремнезема. – М.: Мир, 1982. – 1127 с.
18. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М.: Мир, 1965. – 216 с.
19. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: ИЛ, 1963. – 590 с.
20. Nishioka N., Yamaoka M., Haneda H., Kawakami K., Uno M. // Macromolecules. – 1993. – **26**. – P. 4694-4698.
21. Низельский Ю.Н., Ищенко С.С., Запунная К.В. // Укр. хим. журн. – 1983. – **49**, – № 1. – С. 80–84.
22. Веселовский Р.А., Ищенко С.С., Файнерман А.А. // Журн. прикл. химии. – 1988. – **10**. – С. 2232–2234.
23. Сметанкина Н.П., Опря В.Я., Омельченко С.И. // Синтез и физико-химия полимеров. – 1976. – **19**. – С.76–79.
24. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. – М.: Химия, 1997. – 303 с.
25. Рябов С.В., Бойко В.В., Кобріна Л.В., Бортницкий В.И., Штомпель В.И., Т.В. Дмитриева, Керча Ю.Ю. // Высокомолекуляр. соединения. Сер. А. – 2006. – **48**, № 8. – С. 1448-1461.

26. Рябов С.В., Керча Ю.Ю., Котельникова Н.Е., Гайдук Р.Л., Штомпель В.И., Косенко Л.А., Яковенко А.Г., Кобрина Л.В. // Высокомолекуляр. соединения. Сер. А. – 2001. – **43**, № 12. – С. 2128-2134.
27. Лебедев Е.В. Полимерные модификаторы наполненных полимерных композиций, С.318-340 // В кн. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем. – Т.2. – К.: Наук. думка, 1986. – 383 с.
28. Ищенко С.С., Будзінська В.Л., Лебедев Є.В., Головань С.В. // Полімер. журн. – 2011. – **33**, № 3. – С. 228-233.
29. Агзамов Р.З., Рафаилова Э.А., Панкова А.В., Сироткин А.С., Алимова Ф.К. // Матер. научно-практ. конф. „Становление и достижения биохимической школы казанского университета” – Казань, 2009. – С. 10–12.
30. Агзамов Р.З. // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2011. – 20 с.
31. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б., Мухутдинов Р.Р., Рахматуллин Д.В. // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 5 – С. 87–88.
32. Максина Е.В., Гурьянова А.О., Ермаков В.В., Быков Д.Е., Лямин А.В. // Изв. Самарского науч. центра Рос. академии наук. – 2013. – **15**, № 3(6). – С. 1850–1852.

Надійшла до редакції 2015 р.

Биодеградабельные органо-неорганические композиты на основе силиката натрия, изоцианатного форполимера и карбоксиметилцеллюлозы

В.Л. Будзинская¹, Т.М. Ногина², Е.В. Лебедев¹

¹Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины
48, Харьковское шоссе, Киев, 02160, Украина

²Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины
154, ул. Академика Заболотного, Киев, 03680, Украина

Разработано метод синтеза органо-неорганических композитов на основе силиката натрия, олигоэтердиуретандиизоцианата и производного природного полимера карбоксиметилцеллюлозы. Методом ИК-спектроскопии установлено, что синтетическое производное природного полимера химически не связано с компонентами системы. Введение карбоксиметилцеллюлозы в органо-неорганическую полиуретанмочевинную матрицу приводит к формированию композита типа полу-ВПС. Созданные композиты характеризуются более однородной структурной упорядоченностью, в сравнении с не модифицированной системой, которая, в свою очередь, приводит к увеличению эксплуатационных характеристик конечного материала. Разработанные композиты способны к биодеструкции под действием микроорганизмов почвенной экосистемы. Во время нахождения композитов в почве на поверхности образцов формируется биоплёнка, в которой присутствуют грамположительные и грамотрицательные бактерии, мицелиальные грибы и дрожжи. Деструкционное действие микроорганизмов почвенной экосистемы приводит к уменьшению физико-механических параметров композитов.

Ключевые слова: биодеградабельные органо-неорганические композиты, карбоксиметилцеллюлоза, биодеструкция, микроорганизмы, почвенная экосистема.

Biodegradable organo-inorganic composites on the basis on sodium silicate, urethane oligomer carboxymethyl cellulose

V. L. Budzinska¹, T.M. Nogina², E.V. Lebedev¹

¹Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine
48, Kharkivske shose, Kyiv, 02160, Ukraine

²Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology NAS of Ukraine
154, Acad. Zabolotny str., Kyiv, 03680, Ukraine

The organic-inorganic composites on the basis of sodium silicate, urethane oligomer and carboxymethyl cellulose were obtained. It is shown by IR-spectroscopy that carboxymethyl cellulose chemically is not connected with system components. Insertion carboxymethyl cellulose in organic-inorganic polyurethaneurea matrix leads to formation of a composite, type to a floor-interpenetrating polymer networks. The created composites which contain carboxymethyl cellulose are characterised by more homogeneous structural orderliness, in comparison with not modified system, as leads to increase in operational characteristics of a final material. Research biological degradation parameters has shown, that on a surface of a biofilm which was generated on samples of composites during their finding in soil, were present gram-positive bacteria and gram-negative bacterium, filamentous fungi and yeast. Influence of microorganism's soil ecosystem is confirmed by reduction of physicmechanical parameters of composites after experiment carrying out.

Keywords: biodegradable organo-inorganic composites, carboxymethyl cellulose, biological degradation, microorganisms, soil ecosystem.