



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu10.2015.4.6>

УДК 669.017

ББК 34.2

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ДЛЯ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД/УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Ажа Чупановна Айгубова

Аспирант кафедры общей, экспериментальной физики и методики ее преподавания,
Дагестанский государственный педагогический университет
azha05@mail.ru
ул. М. Ярагского, 57, 367003 г. Махачкала, Российская Федерация

Георгий Владимирович Козлов

Старший научный сотрудник УНИИД,
Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова
i_dolbin@mail.ru
ул. Чернышевского, 175, 360004 г. Нальчик, Российская Федерация

Гасан Мусаевич Магомедов

Доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей, экспериментальной физики и методики ее преподавания,
Дагестанский государственный педагогический университет
gasan_mag@mail.ru
ул. М. Ярагского, 57, 367003 г. Махачкала, Российская Федерация

Геннадий Ефремович Заиков

Доктор химических наук, профессор,
заведующий отделом биологической и химической физики полимеров,
Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН
chembio@sky.chph.ras.ru
ул. Косыгина, 4, 119334 г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Исследована зависимость водопоглощения от содержания нанонаполнителя для нанокomпозитов поливинилхлорид/углеродные нанотрубки, имеющая экстремальный характер. Показано, что минимум водопоглощения связан с изменением структуры нанонаполнителя в полимерной матрице. Этот эффект приводит к разрыхлению структуры полимерной матрицы, что является непосредственной причиной большой величины водопоглощения.

Ключевые слова: нанокomпозит, углеродные нанотрубки, водопоглощение, структура, кольцеобразные формирования.

Введение

Авторы [5] продемонстрировали, что в случае нанокomпозитов поливинилхлорид/мно-

гослойные углеродные нанотрубки (далее – ПВХ/МУНТ) при очень малых содержаниях нанонаполнителя наблюдаются экстремальные зависимости ряда свойств (прочности,

термостабильности, водопоглощения, вязкости расплава) от содержания МУНТ. Авторы [5] объяснили наблюдаемые изменения самими общими предположениями, не указав причины экстремальной формы этих зависимостей. Однако при более детальном исследовании указанных зависимостей обращают на себя внимание два важных аспекта. Во-первых, точки экстремума перечисленных выше свойств достигаются при одном и том же содержании МУНТ (~0,001–0,002 масс. %). Во-вторых, после достижения экстремума всегда следует ухудшение свойств нанокомпозитов ПВХ/МУНТ. Первый аспект предполагает, что при указанном содержании МУНТ реализуется некоторый экстремум структурных характеристик, который определяет экстремальное изменение свойств. Второй аспект предполагает, что точка экстремума соответствует началу агрегации МУНТ, поскольку известно, что указанный процесс, как правило, приводит к ухудшению свойств полимерных нанокомпозитов [8]. Целью настоящей работы является исследование структурных причин экстремального изменения водопоглощения для нанокомпозитов ПВХ/МУНТ.

Эксперимент

В качестве матричного полимера использован суспензионный ПВХ марки С-7058 с плотностью 1 420 кг/м². В качестве нанонаполнителя применялись многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) фирмы “Arkema” (Франция). Эти МУНТ имели диаметр 10–15 нм, длину 1–15 мкм и удельную поверхность 119 м²/г [5].

Для получения нанокompозитов ПВХ/МУНТ были приготовлены премиксы, содержащие 1 масс. % МУНТ, которые были получены на планетарной шаровой мельнице модели RETSCH PM 100СМ при 650 об/мин в течение 20 мин [5].

Испытания на растяжение выполнены согласно ГОСТ 14 236-81 на пленочных образцах с размерами 15 × 150 мм. Эти испытания проводились на испытательной машине РМУ-250 при температуре 293 К и скорости ползуна 100 мм/мин [5].

Испытания образцов на водопоглощение выполнены согласно ГОСТ 4650-80 на образ-

цах пленок размерами 50 × 50 мм в течение 24 часов [5].

Результаты и обсуждение

Как хорошо известно [16], углеродные нанотрубки всех типов склонны к сильной агрегации. Поэтому для дальнейших оценок необходимо определить их действительный диаметр $D_{\text{УНТ}}$, что можно сделать с помощью следующей формулы [10]:

$$S_u = \frac{6}{\rho_{\text{УНТ}} D_{\text{УНТ}}}, \quad (1)$$

где S_u – удельная поверхность МУНТ, $\rho_{\text{УНТ}}$ – их плотность, которая для наночастиц определяется следующим образом [8]:

$$\rho_{\text{УНТ}} = 188(D_{\text{УНТ}})^{1/3} \text{ (кг/м}^3\text{)}. \quad (2)$$

Сочетание уравнений (1) и (2) позволяет получить величину $D_{\text{УНТ}} = 66$ нм, что примерно в 5,5 раз больше диаметра исходных МУНТ. Указанные оценки подтверждают ожидаемую агрегацию МУНТ. Этот тип агрегации реализуется уже при получении МУНТ, когда углеродные нанотрубки формируют коллинеарно уложенные пачки (так называемые «жгуты») [4]. Кроме того, МУНТ в матрице полимерного нанокompозита формируют кольцеобразные структуры с радиусом $R_{\text{УНТ}}$ [7; 16]. Из геометрических соображений можно оценить критическую величину $R_{\text{УНТ}} (R_{\text{УНТ}}^{\text{кр}})$, при которой указанные структуры становятся полностью «замкнутыми»:

$$R_{\text{УНТ}}^{\text{кр}} = \frac{L_{\text{УНТ}}}{2\pi}, \quad (3)$$

где $L_{\text{УНТ}}$ – длина углеродной нанотрубки.

В свою очередь, объемное содержание МУНТ $\varphi_n^{\text{кр}}$, при котором достигается $R_{\text{УНТ}}^{\text{кр}}$, можно оценить следующим образом [15]:

$$\varphi_n^{\text{кр}} = \frac{\pi L_{\text{УНТ}} r_{\text{УНТ}}^2}{(2R_{\text{УНТ}}^{\text{кр}})^3}, \quad (4)$$

где $r_{\text{УНТ}}$ – радиус углеродной нанотрубки.

При $L_{\text{УНТ}} = 1\text{--}15$ мкм для используемых МУНТ величина $\varphi_n^{\text{кр}}$ варьируется в пределах

0,001–0,015. Объемное содержание нанонаполнителя φ_n можно рассчитать согласно хорошо известной формуле [8]:

$$\varphi_n = \frac{W_n}{\rho_{\text{УНТ}}}, \quad (5)$$

где W_n – массовое содержание нанонаполнителя.

Согласно формуле (5) критическое массовое содержание МУНТ $W_n^{\text{кр}} = 0,00076–0,0114$ масс. %, что хорошо согласуется с величиной $W_n^{\text{экт}}$, соответствующей достижению экстремума свойств и равной 0,001–0,002 масс. %. Отметим, что сочетание уравнений (3)–(5) позволяет оценить среднее значение $L_{\text{УНТ}}$ ($L_{\text{УНТ}}^{\text{cp}}$), соответствующее $W_n^{\text{экт}} = 0,002$ масс. %: $L_{\text{УНТ}}^{\text{cp}} = 6,34$ нм, что хорошо согласуется со средней величиной интервала $L_{\text{УНТ}} = 1–15$ мкм [5].

При рассмотрении агрегативной устойчивости в дисперсных системах предложено следующее выражение [11]:

$$\sigma_m = \gamma \frac{kT}{a^2}, \quad (6)$$

где σ_m – поверхностная энергия, $\gamma \approx 10$ – безразмерная константа, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, a – размер структурной единицы.

Уравнение (6) имеет размерность поверхностного натяжения и фактически представляет собой характерную энергию тепловой подвижности, отнесенную к поверхности структурной единицы. Самопроизвольное диспергирование становится возможным (микрогетерогенная система устойчива), если выражение (6) превышает поверхностную энергию порядка 0,01–0,10 Дж/м² в системе (энергетический выигрыш от участия частицы в тепловом движении превышает затраты энергии при увеличении площади межфазной границы) [11].

Уравнение (6) получено при условии 100 %-го содержания дисперсных частиц ($\varphi_n = 1,0$), и поэтому для нанокомпозитов, имеющих малое содержание таких частиц, требуется модификация этого уравнения следующего вида:

$$\sigma_T = \gamma \frac{kT}{a^2 \varphi_n^{\text{арп}}}, \quad (7)$$

где $\varphi_n^{\text{арп}}$ – порог агрегативной устойчивости нанонаполнителя на шкале его концентраций.

Оценка величины $\varphi_n^{\text{арп}}$ согласно уравнению (7) при $a = D_{\text{УНТ}} = 66$ нм, $\sigma_m = 0,01$ Дж/м² и $T = 453$ К дала величину 0,00144 или массовое содержание $W_n^{\text{арп}} = 0,0011$ масс. %, что достаточно хорошо согласуется с приведенными выше интервалами значений $W_n^{\text{экт}}$ и $W_n^{\text{кр}}$. Следовательно, как и ожидалось, ухудшение свойств нанокомпозитов ПВХ/МУНТ после достижения экстремума при $W_n^{\text{экт}} = 0,001–0,002$ масс. % обусловлено агрегацией МУНТ в специфической для этого нанонаполнителя форме, а именно формированием «замкнутых» кольцеобразных структур МУНТ.

Как отмечалось выше, такое изменение структуры МУНТ должно вызвать изменение структуры полимерной матрицы нанокомпозитов ПВХ/МУНТ и соответствующее изменение свойств указанных нанокомпозитов. Структурные изменения полимерной матрицы рассматриваемых нанокомпозитов будут описаны в рамках кластерной модели структуры аморфного состояния полимеров [6], где напряжение при разрушении σ_p можно определить следующим образом:

$$\sigma_p = 1,4 \times 10^5 \left[\frac{\rho_n}{M_{\text{кл}}} \left(1 - \frac{M_{\text{кл}}}{M_n} \right) \right]^{5/6}, \text{ Па}, \quad (8)$$

где ρ_n – плотность полимера, $M_{\text{кл}}$ – молекулярная масса участка цепи между областями локального порядка (нанокластерами), M_n – среднечисловая молекулярная масса.

В первом приближении выражение в круглых скобках уравнения (8) полагаем равным единице ($M_{\text{кл}} \ll M_n$), и тогда это уравнение позволяет определить величину $M_{\text{кл}}$ по экспериментальным значениям σ_p для рассматриваемых нанокомпозитов [5]. Как показали оценки, согласно уравнению (8) наблюдается минимум $M_{\text{кл}}$ при $W_n^{\text{экт}} = 0,002$ масс. %, что соответствует максимуму плотности кластерной сетки макромолекулярных зацеплений $v_{\text{кл}}$, определяемой согласно уравнению [6]:

$$v_{\text{кл}} = \frac{\rho_n N_A}{M_{\text{кл}}}, \quad (9)$$

где N_A – число Авогадро.

Водопоглощение Q в рамках кластерной модели можно выразить следующим образом [3]:

$$Q = Q_m \varphi_{p.m.}^{дoст} D_{ц}, \quad (10)$$

где Q_m – водопоглощение матричного полимера, $\varphi_{p.m.}^{дoст}$ – относительная доля рыхлоупакованных областей полимерной матрицы, доступная для проникновения кластеров воды, $D_{ц}$ – фрактальная размерность участка полимерной цепи между нанокластерами, характеризующая молекулярную подвижность в нанокompозите.

Величина $\varphi_{p.m.}^{дoст}$ определяется согласно уравнению [7]:

$$\varphi_{p.m.}^{дoст} = \varphi_{p.m.}^{d_{H_2O}}, \quad (11)$$

где $\varphi_{p.m.}$ – относительная доля рыхлоупакованной матрицы, d_{H_2O} – диаметр кластера воды, равный 7,8 Å.

Структурный параметр $\varphi_{p.m.}$ в случае аморфных полимеров определяется следующим образом [6]:

$$\varphi_{p.m.} = 1 - \varphi_{кл}, \quad (12)$$

где $\varphi_{кл}$ – относительная доля нанокластеров, которая равна [6]:

$$\varphi_{кл} = SC_{\infty} l_0 v_{кл}, \quad (13)$$

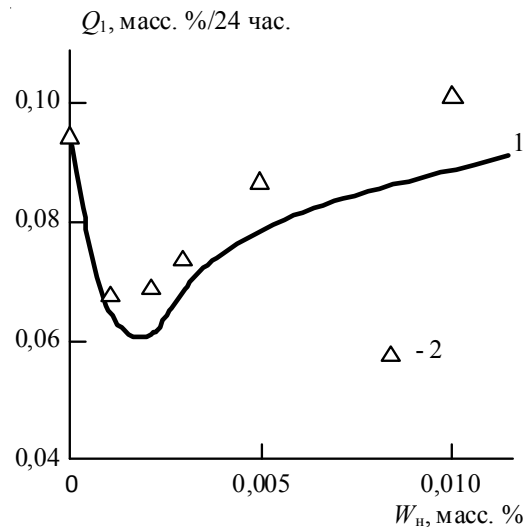
где S – площадь поперечного сечения макромолекулы, равная для ПВХ 22,1 Å² [13], C_{∞} – характеристическое отношение (для ПВХ $C_{\infty} = 6,7$ [14]), l_0 – длина скелетной связи основной цепи, равная 1,54 Å для ПВХ [14].

И наконец, размерность $D_{ц}$ можно оценить следующим образом [6]:

$$D_{ц} = 2 - \frac{1}{C_{\infty}}. \quad (14)$$

На рисунке приведено сравнение рассчитанного согласно описанной выше методике Q^T и полученного экспериментально Q водопоглощения как функции содержания МУНТ для нанокompозитов ПВХ/МУНТ. Как следует из данных этого рисунка, теоретическая оценка водопоглощения согласуется с экспериментом как качественно (получен минимум Q^T в интервале $W_n = 0,001-0,002$ масс. %), так и количественно (среднее расхождение теории и эксперимента составляет 9,8 %, что

допустимо с учетом сделанных при расчете упрощающих допущений).



Зависимости водопоглощения Q от массового содержания нанонаполнителя W_n для нанокompозитов ПВХ/МУНТ:

1 – расчет согласно уравнению (10);
2 – экспериментальные данные

Выводы

Таким образом, полученные в настоящей работе результаты продемонстрировали, что экстремум свойств является функцией содержания нанонаполнителя для нанокompозитов МУНТ. Анизотропный нанонаполнитель присутствует в специфической форме «замкнутых» кольцеобразных структур. В свою очередь, изменение структуры нанонаполнителя определяет изменение структуры полимерной матрицы, что и обусловило вариацию свойств нанокompозита. Конкретно изменение структуры полимерной матрицы за точкой экстремума выражается ее разрыхлением, что является причиной ухудшения свойств нанокompозита, в частности увеличения его водопоглощения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние содержания азота на структуру и свойства нитроцементованной стали / В. И. Шапочкин [и др.] // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2010. – № 9. – С. 12–18.
2. Геометрия углеродных нанотрубок в среде полимерных композитных матриц / Г. В. Козлов

[и др.] // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 131–153.

3. Джангуразов, Б. Ж. Структура и свойства нанокompозитов полимер/органоглина / Б. Ж. Джангуразов, Г. В. Козлов, А. К. Микитаев. – М.: Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. – 316 с.

4. Елецкий, А.В. Механические свойства углеродных нанотрубок / А. В. Елецкий. – Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177, № 3. – С. 223–274.

5. Исследование поливинилхлоридных композиций с углеродными нанотрубками / А. Х. Ашрапов, Л. А. Абдрахманова, Р. К. Низамов, В. Г. Хозин // Нанотехнологии в строительстве. – 2011. – № 3. – С. 13–24.

6. Козлов, Г. В. Структура аморфного состояния полимеров / Г. В. Козлов, Е. Н. Овчаренко, А. К. Микитаев. – М.: Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. – 392 с.

7. Козлов, Г. В. Фрактальный анализ процесса газопереноса в полимерах: теория и практические применения / Г. В. Козлов, Г. Е. Заиков, А. К. Микитаев. – М.: Наука, 2009. – 199 с.

8. Микитаев, А. К. Полимерные нанокompозиты: многообразие структурных форм и приложений / А. К. Микитаев, Г. В. Козлов, Г. Е. Заиков. – М.: Наука, 2009. – 278 с.

9. Семенова, Л. М. Образование фуллеренов при нестационарной нитроцементации стали / Л. М. Семенова, Ю. С. Бахрачева, Е. В. Николаева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10, Инновационная деятельность. – 2012. – № 7. – С. 113–116.

10. Синергетика композитных материалов / А. Н. Бобрышев, В. Н. Козомазов, Л. О. Бабин, В. И. Соломатов. – Липецк: НПО ОРИУС, 1994. – 154 с.

11. Смирнов, В. А. Размерные эффекты и топологические особенности наномодифицированных композитов / В. А. Смирнов, Е. В. Королев, А. И. Альбакасов // Нанотехнологии в строительстве. – 2011. – № 4. – С. 17–27.

12. Шапочкин, В. И. Нитроцементация в условиях периодического изменения состава атмосферы / В. И. Шапочкин, Л. М. Семенова, Ю. С. Бахрачева // Материаловедение. – 2010. – № 8. – С. 52–58.

13. Aharoni, S. M. Correlations between chain parameters and failure characteristics of polymers below their glass transition temperature / S. M. Aharoni // Macromolecules. – 1985. – Vol. 18, № 12. – P. 2624–2630.

14. Aharoni, S. M. On entanglements of flexible and rodlike polymers / S. M. Aharoni // Macromolecules. – 1983. – Vol. 16, № 9. – P. 1722–1728.

15. Bridge, B. Theoretical modeling of the critical volume fraction for percolation conductivity of fibre-loaded conductive polymer composites / B. Bridge // J. Mater. Sci. Lett. – 1989. – Vol. 8, № 2. – P. 102–103.

16. Schaefer, D. W. How nano are nanocomposites? / D. W. Schaefer, R. S. Justice // Macromolecules. – 2007. – Vol. 40, № 24. – P. 8501–8517.

REFERENCES

1. Shapochkin V.I., Semenova L.M., Bakhracheva Yu.S., Gyulikhandanov E.L., Semenov S.V. Vliyaniye soderzhaniya azota na strukturu i svoystva nitrotsementovannoy stali [The Influence of Nitrogen Content on the Structure and Properties of Carbonitriding Steel]. *Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov*, 2010, no. 9, pp. 12-18.

2. Kozlov G.V., Yanovskiy Yu.G., Zhirikova Z.M., Alov V.Z., Karnet Yu.N. Geometriya uglerodnykh nanotrubok v srede polimernykh kompozitnykh matrits [The Geometry of Carbon Nanotubes in the Environment of Polymer Composite Matrices]. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruksiy*, 2012, vol. 18, no. 1, pp. 131-153.

3. Dzhangurazov B.Zh., Kozlov G.V., Mikitaev A.K. *Struktura i svoystva nanokompозитов polimer/organoglina* [Structure and Properties of Polymer/Organoclay Nanocomposites]. Moscow, Izd-vo RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2013. 316 p.

4. Eletskiy A.V. Mekhanicheskie svoystva uglerodnykh nanotrubok [Mechanical Properties of Carbon Nanotubes]. *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 2007, vol. 177, no. 3, pp. 223-274.

5. Ashrapov A.Kh., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K., Khozin V.G. Issledovanie polivinilkhlоридnykh kompozitsiy s uglerodnymi nanotrubkami [The Study of Polyvinylchloride Compositions With Carbon Nanotubes]. *Nanotekhnologii v stroitelstve*, 2011, no. 3, pp. 13-24.

6. Kozlov G.V., Ovcharenko E.N., Mikitaev A.K. *Struktura amorfного sostoyaniya polimerov* [The Structure of the Amorphous State of Polymers]. Moscow, Izd-vo RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2009. 392 p.

7. Kozlov G.V., Zaikov G.E., Mikitaev A.K. *Fraktalnyy analiz protsessа gazoperenosa v polimerakh: teoriya i prakticheskie primeneniya* [Fractal Analysis of Gas Transfer Process in Polymers: Theory and Practical Applications]. Moscow, Nauka Publ., 2009. 199 p.

8. Mikitaev A.K., Kozlov G.V., Zaikov G.E. *Polimernye nanokompозиты: mnogoobrazie strukturnykh form i prilozheniy* [Polymer Nanocomposites: Variety of Structural Forms and Applications]. Moscow, Nauka Publ., 2009. 278 p.

9. Semenova L.M., Bakhracheva Yu.S., Nikolaeva E.V. Obrazovanie fullerenov pri nestatsionarnoy nitrotsementatsii stali [The Formation of Fullerenes at Non-Stationary Steel Carbonitriding]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta*.

Seriya 10, Innovatsionnaya deyatel'nost [Science Journal of Volgograd State University. Technology and Innovations], 2012, no. 7, pp. 113-116.

10. Bobryshev A.N., Kozomazov V.N., Babin L.O., Solomatov V.I. *Sinergetika kompozitnykh materialov* [Synergetics of Composite Materials]. Lipetsk, NPO ORIUS Publ., 1994. 154 p.

11. Smirnov V.A., Korolev E.V., Albakasov A.I. Razmernye efekty i topologicheskie osobennosti nanomodifitsirovannykh kompozitov [Dimensional Effects and Topological Features of the Nanomodified Composites]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve*, 2011, no. 4, pp. 17-27.

12. Shapochkin V.I., Semenova L.M., Bakhracheva Yu.S. Nitrotsementatsiya v usloviyakh periodicheskogo izmeneniya sostava atmosfery [Nitrocarburizing in the Conditions of Periodic Changes

in Atmospheric Composition]. *Materialovedenie*, 2010, no. 8, pp. 52-58.

13. Aharoni S.M. Correlations Between Chain Parameters and Failure Characteristics of Polymers Below Their Glass Transition Temperature. *Macromolecules*, 1985, vol. 18, no. 12, pp. 2624-2630.

14. Aharoni S.M. On Entanglements of Flexible and Rodlike Polymers. *Macromolecules*, 1983, vol. 16, no. 9, pp. 1722-1728.

15. Bridge B. Theoretical Modeling of the Critical Volume Fraction for Percolation Conductivity of Fibre-Loaded Conductive Polymer Composites. *J. Mater. Sci. Lett.*, 1989, vol. 8, no. 2, pp. 102-103.

16. Schaefer D.W., Justice R.S. How Nano Are Nanocomposites? *Macromolecules*, 2007, vol. 40, no. 24, pp. 8501-8517.

STRUCTURAL ANALYSIS OF WATER SORPTION FOR NANOCOMPOSITES OF POLY(VINYL CHLORIDE)/CARBON NANOTUBES

Azha Chupanovna Aygubova

Postgraduate Student, Department of General, Experimental Physics and Methods of Its Teaching,
Dagestan State Pedagogical University

azha05@mail.ru

M. Yaragskogo St., 57, 367003 Makhachkala, Russian Federation

Georgiy Vladimirovich Kozlov

Senior Researcher, Department of Research and Innovative Activity Management,
Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

i_dolbin@mail.ru

Chernyshevskogo St., 175, 360004 Nalchik, Russian Federation

Gasán Musaevich Magomedov

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Department of General,
Experimental Physics and Methods of Its Teaching,

Dagestan State Pedagogical University

gasan_mag@mail.ru

M. Yaragskogo St., 57, 367003 Makhachkala, Russian Federation

Gennadiy Efremovich Zaikov

Doctor of Chemical Sciences, Professor,

Head of Department of Biological and Chemical Physics of Polymers,
Institute of Biochemical Physics named after N.M. Emanuel, RAS

chembio@sky.chph.ras.ru

Kosygina St., 4, 119334 Moscow, Russian Federation

Abstract. It is known that in the case of nanocomposites PVC/multi-walled carbon nanotubes having very small contents of nanosatellites we may observe extreme dependence

of some properties (strength, thermal stability, water absorption, melt viscosity) on the content of nanotubes. Moreover, the extremum of the above properties are achieved with the same content of nanotubes (~ 0,001-0,002 mass. %). Secondly, after reaching an extremum, the process is always followed by the deterioration of the properties of nanocomposites. The first aspect assumes that when a specific filler is implemented, some extremum of the structural characteristics that determines the extreme properties, changes. The second aspect implies that the extremum point corresponds to the beginning of aggregation of carbon nanotubes, since it is known that the process usually leads to deterioration of properties of polymer nanocomposites.

The dependence of water sorption on nanofiller content for nanocomposites of poly(vinyl chloride)/carbon nanotubes, having extreme character, has been studied. It has been shown that minimum water sorption is connected with change of nanofiller structure in polymer matrix. Thus, the results obtained in the present work showed that the extremum properties as a function of the content of nanosatellites for nanocomposites of multi-walled carbon nanotubes is specific for this anisotropic nanosatellites form – the formation of a “closed” annular structures. In turn, the change in the structure of nanosatellites determines the change in the structure of the polymer matrix, which contributed to the variation of nanocomposite properties.

This effect results in loosening of polymer matrix structure that is direct cause of large values of water sorption.

Key words: nanocomposite, carbon nanotubes, water sorption, structure, ring-like formations.