

ВЛИЯНИЕ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА СВОЙСТВА ПЛЕНОК ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Радайкина Е.А.*, Кузьмин А.М., Конаков А.В.

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

*kotina.alena1992@yandex.ru

В работе получены и исследованы упруго-прочностные свойства и водопоглощение образцов пленок на основе поливинилового спирта и измельченной лузги подсолнечника. Выявлено, что введение биомодификатора снижает прочность и водопоглощение. Однако на низких концентрациях зафиксировано небольшое повышение модуля упругости.

Ключевые слова: поливинилового спирт, пленка, прочность, лузга.

INFLUENCE OF SUNFLOWER HUSK ON THE PROPERTIES OF POLYVINYL ALCOHOL FILMS

Radaikina E.A., Kuzmin A.M., Konakov A.V.

N.P. Ogarev Mordovia State University

In this work, the elastic-strength properties and water absorption of film samples based on polyvinyl alcohol and crushed sunflower husks were obtained and studied. It was revealed that the introduction of a biomodifier reduces strength and water absorption. However, at low concentrations, a slight increase in the elastic modulus was recorded.

Keywords: polyvinyl alcohol, film, strength, husk.

Введение

Перед современной промышленностью и наукой остро стоит проблема рационального природопользования и охраны окружающей среды. За несколько десятков лет потребление изделий и упаковки на основе пластиков из нефтепродуктов (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и т. д.) достигло рекордных размеров. В связи с этим перед учеными стоит задача поиска и внедрения в производство экологически чистых биоразлагаемых полимеров и композитов на их основе [1, 2].

Поставленная задача может быть решена двумя путями. Введением наполнителей, обеспечивающих придание биодеструктивных свойств полимерам, или частичный или полный переход на биоразлагаемые аналоги.

Придать биодеструктивные свойства полимеру возможно, к примеру, наполнением его растительными отходами. Так известны работы [3–6], в которых показано, что введение древесной муки приводит к частичному разрушению молекулярных связей полиэтилена. Однако подобные наполнители не обеспечивают полной биодеструкции полимера.

Одним из основных биоразлагаемых полимеров, используемом в большом количестве отечественных и зарубежных разработок, является поливиниловый спирт (ПВС). Данный синтетический полимер получается в результате реакции частичного или полного гидролиза поливинилацетата [7].

ПВС доступен на рынке, обладает отличными пленкообразующими, эмульгирующими и адгезионными свойствами, нетоксичен, растворим в воде биоразлагаем и имеет хорошую газопроницаемость. Однако при этом проявляет исключительную стойкость к маслам, жирам и растворителям [8].

Известны работы по введению древесной муки в раствор ПВС, в которой показана хорошая совместимость компонентов [9, 10].

В литературе основными используемыми биомодификаторами из отходов сельхоз промышленности являются древесная мука и солома. Однако предприятия на территории России производят большое количество различных растительных отходов (жом, дробина, лузга и т. д.).

В связи с этим целью исследования являлось изучение возможности наполнения растворов ПВС измельченной лузгой подсолнечника, исследование упруго-прочностных свойств полученных пленок и сравнение полученных значений с чистым ПВС.

Эксперимент

Объектами исследования являлись полностью гидролизованный поливиниловый спирт марки ВФ-17 (степень алкоголиза (моль/моль) %: 99–100, Вязкость мПз: 20–28, летучие вещества (%) макс.: 5, уровень рН: 5-7, ацетат натрия (%) макс.: 2,5) и измельченная лузга подсолнечника. Лузгу измельчали на роторно-ножевой мельнице РМ-120. С помощью ситового виброанализатора А-20 набором сит отбирали наполнитель с размером частицами менее 200 мкм. Далее растительный наполнитель высушивали при температуре 105 °С в течение 4 часов до влажности менее 5 %.

Для всех композиций готовили 5 %-ный водный р-р ПВС. Концентрация ПВС выбрана на основе ранее проведенного собственного исследования [11].

Для получения 5 %-ного р-ра навеску поливинилового спирта массой 5 г растворяли в 95 мл дистиллированной воды в плоскодонной колбе с помощью магнитной мешалки WiseStir MSH-20A при температуре 85–90 °С в течение 20...30 мин. Далее в полученный горячий раствор, согласно рецептуре, добавляли растительный наполнитель. Перемешивание вели при температуре 80 °С в течение 30 мин до полного смачивания порошка лузги. Концентрация наполнителя лежала в пределах 1–50 % масс.

Материал в виде пленки получали методом полива формовочного раствора на плоскую пластиковую подложку. Раствор выдерживался до полного испарения влаги при комнатной температуре в течение 2–3 суток.

Из полученных пленочных материалов вырезались образцы размером 50×15 мм. Испытания упруго-прочностных свойств проводили согласно ГОСТ 11262-2017-дейст. и ГОСТ 34370-2017-дейст. на универсальной разрывной машине Gotech AI-7000M на зажимах МА-3Т. Испытания проводились при комнатной температуре и скорости движения зажимов – 1 мм/мин.

Водопоглощение полученных пленочных образцов определялось в течение 60 мин с интервалом в 10 мин. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Как видно из табл. 1 и рис. 1 и 2, показатели прочности у образцов, наполненных лузгой, несколько ниже, чем у чистого ПВС. Однако полученные значения все равно находятся на достаточно высоком уровне. Относительно модуля упругости был замечен некоторый рост данного показателя до 5 %-го наполнения. Затем зафиксировано ощутимое монотонное снижение.

Таблица 1

Средние значения физико-механических показателей пленок ПВС + лузга,
кв – относительное стандартное отклонение

Содержание наполнителя, %	σ , МПа	$\sigma_{\text{ит}}$, МПа	E, МПа	ε , отн.ед
0 (чистый ПВС)	44,59±6,8 кв=0,15	45,38±6,05 кв=0,13	439,56±92,47 кв=0,21	0,35±0,48 кв=0,36
1	27,14±3,08 кв=0,11	–	448,78±112,3 кв=0,25	0,90±0,24 кв=0,27
3	32,89±2,22 кв=0,07	–	508,63±122,17 кв=0,24	0,18±0,03 кв=0,3
5	27,39±3,07 кв=0,12	–	514,91±105,7 кв=0,20	0,09±0,01 кв=0,14
7	25,82±4,32 кв=0,17	–	339,33±90,04 кв=0,26	0,11±0,02 кв=0,18
10	23,56±2,67 кв=0,11	–	288,20±42,55 кв=0,15	0,15±0,06 кв=0,40
15	25,06±1,69 кв=0,07	–	336,13±63,74 кв=0,19	0,08±0,01 кв=0,05
20	15,38±1,97 кв=0,13	–	270,16±17,74 кв=0,07	0,08±17,74 кв=0,07
30	9,83±1,69 кв=0,17	–	289,00±25,84 кв=0,09	0,05±0,01 кв=0,12
40	10,15±1,21 кв=0,11	–	247,66±31,33 кв=0,13	0,07±0,01 кв=0,15
50	9,52±1,80 кв=0,18	–	230,20±27,10 кв=0,11	0,06±0,01 кв=0,16

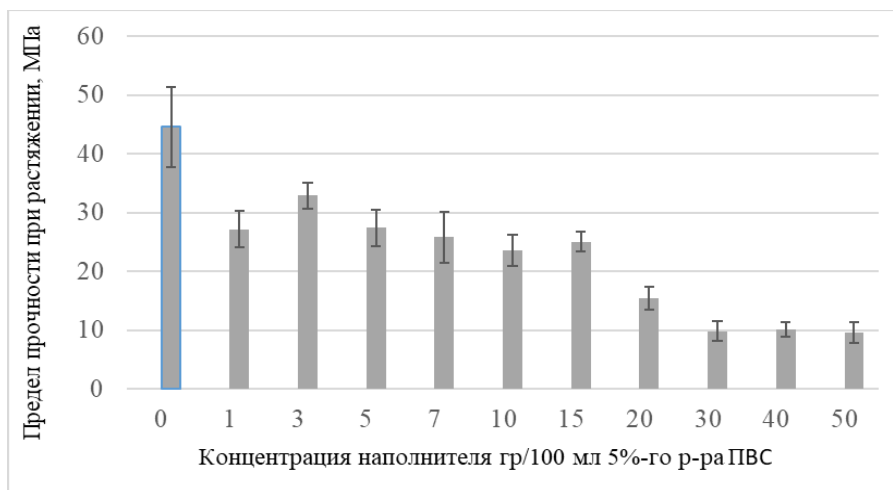


Рис. 1. Зависимость предела прочности от концентрации наполнителя

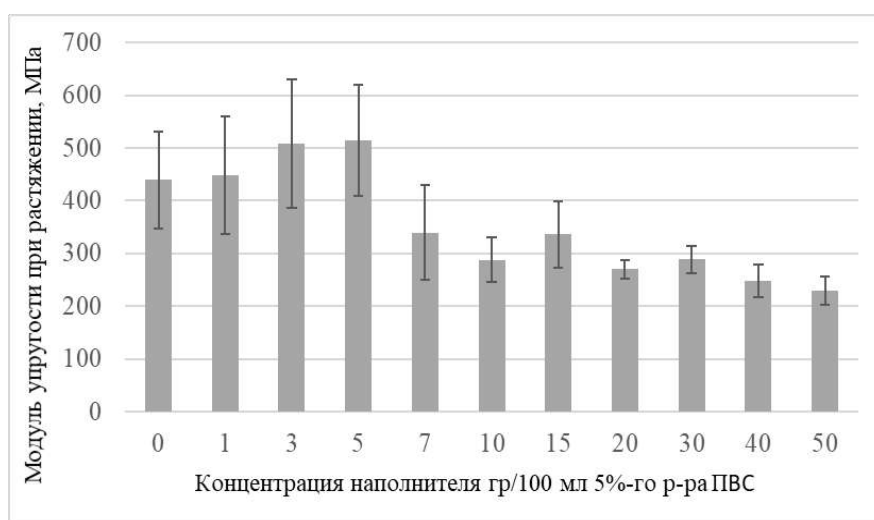


Рис. 2. Зависимость модуля упругости от концентрации наполнителя

При исследовании водопоглощения образцов пленок выявлено, что чистый ПВС при помещении в воду сразу начинает набухать, а уже к 20 минуте опыта полностью растворяется. При введении даже малых концентраций лузги (1–3 %) водопоглощение снижается. Причем при увеличении концентрации наполнителя данный параметр постепенно уменьшается.

Таблица 2

Водопоглощение (%) образцов пленок ПВС+лузга в воде, кв – относительное стандартное отклонение

Содержание наполнителя, %	Водопоглощение, % при различном времени выдержки в воде, мин					
	10	20	30	40	50	60
0	572,00±57,16 k _в =0,09	Образцы полностью растворились				
1	146,40±86,7 k _в =0,06	181,63±7,14 k _в =0,04	190,00±6,84 k _в =0,03	190,89±9,55 k _в =0,05	182,25±8,92 k _в =0,05	182,07±9,37 k _в =0,05
3	124,35±8,30 k _в =0,07	147,89±12,79 k _в =0,09	150,55±6,40 k _в =0,04	152,07±7,88 k _в =0,05	145,74±2,52 k _в =0,02	141,75±11,34 k _в =0,08
5	139,32±22,10 k _в =0,16	163,48±11,68 k _в =0,07	176,95±2,48 k _в =0,01	176,54±11,65 k _в =0,07	179,82±3,95 k _в =0,02	182,77±3,45 k _в =0,02
7	98,14±4,09 k _в =0,04	136,32±5,49 k _в =0,04	145,78±7,10 k _в =0,05	150,97±8,18 k _в =0,05	155,86±8,11 k _в =0,05	159,65±5,61 k _в =0,04
10	104,43±10,80 k _в =0,10	121,75±8,36 k _в =0,07	125,07±10,84 k _в =0,09	134,48±3,00 k _в =0,02	127,93±13,46 k _в =0,10	127,00±10,68 k _в =0,08
15	267,05±24,79 k _в =0,09	295,29±20,95 k _в =0,07	308,61±28,81 k _в =0,09	605,69±17,46 k _в =0,06	312,95±20,42 k _в =0,07	319,69±18,57 k _в =0,06

20	177,62±22,98 k _B =0,13	213,67±22,89 k _B =0,11	235,45±21,03 k _B =0,09	234,77±9,50 k _B =0,04	248,90±17,90 k _B =0,07	248,16±15,67 k _B =0,06
30	103,79±11,33 k _B =0,10	138,48±15,11 k _B =0,11	161,11±8,57 k _B =0,05	171,54±12,09 k _B =0,07	176,49±9,42 k _B =0,05	178,11±11,9 k _B =0,07
40	99,32±7,83 k _B =0,08	128,48±7,76 k _B =0,06	151,09±7,20 k _B =0,05	156,80±4,01 k _B =0,03	164,60±4,89 k _B =0,03	166,62±2,98 k _B =0,02
50	95,22±5,55 k _B =0,06	110,52±2,85 k _B =0,03	151,00±7,16 k _B =0,05	152,31±2,56 k _B =0,02	155,85±5,37 k _B =0,03	158,28± k _B =0,04

Выводы

В результате проделанной работы получены и исследованы образцы пленок на основе ПВС с растительным наполнителем – измельченной лузгой подсолнечника. Выявлено, что введение наполнителя снижает прочность, однако, при введении малых концентраций способствует увеличению модуля упругости. Водопоглощение образцов при введении биомодификатора также снижается.

Библиография

1. Глухих В.В., Шкуро А.Е., Гуда Т.А., Стоянов О.В. Получение, свойства и применение биоразлагаемых древесно-полимерных композитов (обзор) // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 9. С. 75–82.
2. Ярославов А.А., Аржаков М.С., Хохлов А.Р. Жизненный цикл полимерного материала: проблемы и перспективы // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. С. 15–22.
3. Zyкова A.K., Pantuykhov P.V., Mastalygina E.E., Popov A.A., Chaverri-Ramos C., Nikolaeva S.G., Saavedra-Arias J.J., Wortman S.E., Poletto M. Biocomposites of Low-Density Polyethylene Plus Wood Flour or Flax Straw: Biodegradation Kinetics across Three Environments // Polymers. 2021. V. 13, N 13. P. 2138.
4. Попов А.А., Зыкова А.К., Мастальгина Е.Е. Биоразлагаемые композиционные материалы (обзор) // Химическая физика. 2020. Т. 39, № 6. С. 71–80.
5. Шабарин А.А., Кузьмин А.М., Шабарин И.А., Бутяйкин В.В. Полимерные композиты на основе полиолефинов и тонко измельченной ячменной соломы // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26, № 7. С. 4–9.
6. Садритдинов А.Р., Хуснуллин А.Г., Захарова Е.М., Захаров В.П. Полимерные композиты на основе вторичного сополимера пропилена с этиленом, наполненного рисовой шелухой // Химическая промышленность сегодня. 2021. № 1. С. 22–27.
7. Aslam M., Ali Kalyar M.M. Polyvinyl alcohol: A review of research status and use of polyvinyl alcohol based nanocomposites // Polymer Engineering and Science. 2018. V. 58. P. 2119–2132.
8. Yudhanto F., Jamasri J., Rochardjo H.S.B. Experimental study of polyvinyl alcohol nanocomposite film reinforced by cellulose nanofibers from Agave Cantala // International Journal of Engineering Science. 2021. V. 34. P. 987–998.
9. Bana R., Banthia A.K. Green Composites: Development of Poly (Vinyl Alcohol)-Wood Dust Composites // Polymer-Plastics Technology and Engineering. 2007. V. 46. P. 821–829.
10. Jecu L., Raut I., Grosu E., Calin M., Purcar V., Ghiurea M., Badea-Doni M., Oancea F., Nicolae C.A. Biodegradation behavior of poly(vinyl alcohol) – wood composites // Environmental Engineering and Management Journal. 2019. V. 18, N 1. P. 125–136.
11. Radaykina E.A., Kuzmin A.M., Konakov A.V., Kotin A.V. The influence of polyvinyl alcohol solutions concentration on the rheological and elastic and strength properties of film materials // Key Engineering Materials. 2021. V. 899. P. 420–425.