

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА С ПРИРОДНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Е. А. ГРИГОРЬЕВА¹, А. А. ПОПОВ^{1,2}, А. А. ОЛЬХОВ^{1,2,3}, Н. Н. КОЛЕСНИКОВА¹

¹ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля» РАН

²ФБГОУ ВО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова»

ФГБУН «Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова» РАН

raraavis171009@rambler.ru

Накопление полимерных бытовых отходов представляет большую проблему для окружающей среды. Одним из возможных направлений получения биоразлагаемых полимерных материалов является создание композитов на основе смесей синтетических полимеров и веществ природного происхождения, способных разлагаться и усваиваться микроорганизмами, участвовать в круговороте веществ в природе. В данной работе в качестве матрицеобразующего полимера был выбран газонаполненный полиэтилен (ПЭ), в качестве биодеструктирующих компонентов были взяты древесная мука и крахмал. Выбор этих компонентов обусловлен высокой степенью биоразложения и доступностью для микроорганизмов, а также невысокой стоимостью.

Для создания пористой структуры полимера использовался газообразующий агент на основе азодикарбонамида – гидроцерол. В качестве природного компонента использовались древесная мука в сыпучем виде трёх фракций: от 0 до 80мкм, от 0 до 140мкм, от 0 до 200мкм, кукурузный крахмал в виде тонкодисперсного порошка. В исходной навеске каждой композиции (100%) доля гидроцерола составляла 5% либо 15%, доля природного наполнителя 15%, доля полиэтилена 80% или 70% соответственно.

Для получения образцов полиэтилен приводили в состояние расплава на подогреваемых лабораторных вальцах; гидроцерол и природный компонент вводились в расплав полимера в виде порошка. Полимерная масса с включениями частиц наполнителя остывала и затвердевала. Вспенивание пластов отвердевшей массы осуществлялось при температуре 160°C на подогреваемом прессе или в свободном состоянии. В готовом образце гидроцерол отсутствовал, поскольку при нагревании до температуры 160°C он разлагается необратимо с выделением газов, которые вспенивают полимер и формируют пористую структуру.

Для прогнозирования свойств полимерных композиционных материалов проводились исследования макроструктуры методом оптической микроскопии с помощью микроскопа Axio Imager Z2m Carl Zeiss (Германия) (Центр коллективного пользования ИБХФ РАН «Новые материалы и технологии»). Был рассмотрен поперечный срез образца каждого материала при стократном увеличении. На рисунке 1 показаны микрофотографии срезов некоторых образцов.

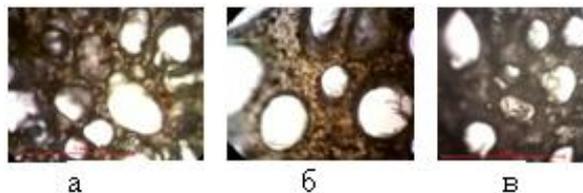


Рисунок 1 - Микрофотографии наполненных образцов композиций (полимер+ гидроцерол+ природный компонент (фракция)) при увеличении $\times 100$, а – ПЭ+5%гид.+15%древ. м.(0-140мкм), б – ПЭ+15%гид.+15%древ. м.(0-80мкм), г – ПЭ+15%гид.+15%крахм.

На микрофотографиях видно, что структура материала неоднородная: присутствуют поры правильной сферической или искажённой формы, частицы древесной муки или крахмала закапсулированы в массе полимера.

Полимерные композиционные материалы предлагается использовать для изготовления элементов упаковки товаров, поэтому образцы были подвергнуты

испытаниям на определение прочности, модуля упругости и относительного удлинения при разрыве. Испытания образцов толщиной 4 мм проводили в соответствии с ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» при скорости растяжения 50 мм/мин. Результаты испытаний показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования прочностных характеристик образцов

Композиции (ПЭ+гидроцелол+природный компонент (фракция))	Прочность, МПа, ±0,5МПа	Модуль упругости, МПа, ±20%	Относительное удлинение при разрыве, %, ±2%
ПЭ	10,6	160	115,8
ПЭ+5%гид.+15%древ. м.(0-80мкм)	9,0	310	15,1
ПЭ+5%гид.+15%древ. м.(0-140мкм)	9,0	312	15,2
ПЭ+5%гид.+15%древ. м.(0-200мкм)	9,0	312	15,2
ПЭ+5%гид.+15%крахм.	8,5	197	45,3
ПЭ+15%гид.+15%древ. м.(0-80мкм)	10,2	323	24,7
ПЭ+15%гид.+15%древ. м.(0-140мкм)	10,0	293	17,4
ПЭ+5%гид.+15%древ. м.(0-200мкм)	9,6	310	10,0
ПЭ+15%гид.+15%крахм.	8,0	204	59,0

Понижение прочности и относительного разрывного удлинения можно объяснить тем, что пузырьки газа и частицы наполнителя создают неоднородную структуру, их включения ведут к образованию дефектов, которые инициируют разрушение образцов.

Пористая структура композиционного материала обеспечивает проникновение микроорганизмов в толщу материала в условиях окружающей среды. В качестве источников питания они будут использовать природный наполнитель. После выдержки образцов композиционных материалов в почве обнаружен рост и развитие микроорганизмов, разрушение образцов, сопровождающееся потерей массы. На рисунке 3 показана фотография образца, обросшего гифами грибов. На рисунке 4 показаны результаты измерения потери массы образцов после нахождения в почве.



Рисунок 2 – Образец композиции ПЭ+15% гид.+15% дрв. м.(0-140мкм) после 12 мес. натуральных испытаний, а – внешний вид образца, б – вид образца при увеличении x 100

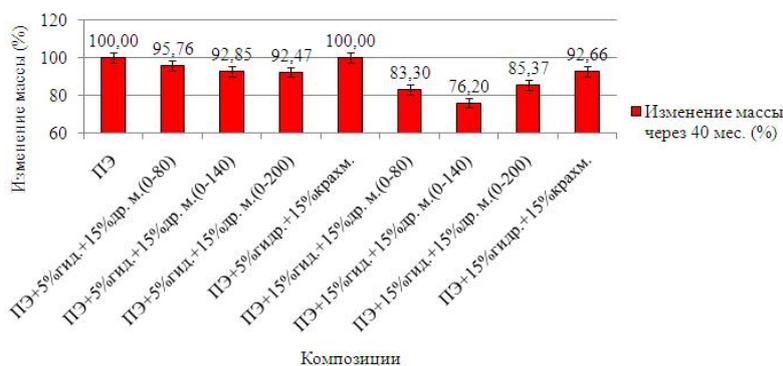


Рисунок 3 – Изменение массы образцов после выдержки в почве в течение 40 мес.

Наличие пор и частиц наполнителя в структуре делает синтетический материал потенциально доступным для воздействия влаги и микроорганизмов. Перспективными наполнителями для полиэтилена являются древесная мука и крахмал, добавка которых придаёт способность к биологическому разложению, а токсичность минимальна.