

Л и т е р а т у р а

1. *Виноградов, В.А.* Новая экономика: логика социальной реформы и экономия времени общества / В.А. Виноградов. — М.: Наука, 2005.
2. *Делягин, М.Г.* Мировой кризис: общая теория глобализации: курс лекций / М.Г. Делягин. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2003.
3. *Горбачев, М.С.* Грани глобализации: трудные вопросы современного развития / М.С. Горбачев. — М.: Альпина Паблишер, 2003.
4. *МакКоннелл, К.Р.* Экономикс: принципы, проблемы и политика: пер. с англ / К.Р. МакКоннелл, С.Л. Брюс. — М.: Республика, 1993. — Т. 1.
5. Современная Беларусь: энцикл. справ.: в 3 т. — Минск: Белорус. энцикл., 2006. — Т. 2. Экономический и научный потенциал.
6. *Философский энциклопедический словарь.* — М.: ИНФРА-М, 2000.

Г.М. Власова,

кандидат технических наук, доцент

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На рубеже XX и XXI вв. проблема утилизации и вторичной переработки полимерных отходов приобрела глобальный характер [1—3]. Приоритетным направлением ее решения является разработка биоразлагаемых полимерных материалов с регулируемым временем «жизни», ставшая актуальной для полимерного материаловедения. Одна из его развивающихся тенденций — создание композиционных материалов на основе смесей термопластов и биологических продуктов, являющихся питательной средой для микроорганизмов [4—6]. К последним принадлежат обсуждаемые в работе биоразлагаемый полимерный композит (БПК) и полученный на его основе инсектицидный биоразлагаемый пленочный материал (ИБПМ), который предназначен для упаковывания кератинсодержащей продукции, выпускаемой легкой промышленностью (шерстяных тканей, одежды, обуви, пушно-меховых полуфабрикатов, мебели и т.д.).

Значительную роль при переработке полимерных материалов в изделия играет реология, рассматривающая процессы деформации и течения реальных физических тел. При малых скоростях деформации и повышенных температурах расплавы полимеров ведут себя аналогично жидкостям — остаточная деформация в них непрерывно возрастает под действием постоянного тангенциального напряжения [7].

Течение жидкостей связано с деформацией сдвига и выражается зависимостью между напряжением и скоростью сдвига при перемещении слоя жид-

кости, заключенного между подвижной и неподвижной плоскостями. Коэффициент пропорциональности (η) в уравнении (1) представляет собой константу внутреннего трения материала, т.е. коэффициент динамической вязкости

$$\tau = \eta \frac{dv}{dx} = \eta \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где τ — напряжение сдвига; $\dot{\gamma} = \frac{dv}{dx}$ — скорость сдвига.

Вязкость — свойство полимерных систем, находящихся в вязкотекучем состоянии, оказывать сопротивление необратимому изменению формы образца — имеет первостепенное значение при переработке полимерных расплавов и растворов в пленки и покрытия [8].

Известно, что η зависит, с одной стороны, от природы полимера (гибкости цепи, разветвленности, полярности макромолекул), его молекулярно-массового распределения, наличия модифицирующих добавок, а с другой — от условий переработки (температуры, давления, интенсивности механического воздействия).

В связи с этим возникает необходимость оценки реологических свойств полимеров и их композиций в конкретных условиях переработки. Наиболее простой метод, применяемый для этих целей, — капиллярная вискозиметрия [9]. Данный метод использован в настоящей работе для исследования реологии композиционных расплавов. Он состоит в измерении перепада давления Δp между концами капилляра и соответствующей объемной скорости течения Q исследуемого расплава (в ламинарном режиме) через капиллярный канал с известными формой поперечного сечения, длиной L и внутренним радиусом R [10].

Вязкость рассчитывают по формуле Гагена—Пуазейля

$$\eta = \Delta p \pi R^4 / 8QL. \quad (2)$$

Для ньютоновской жидкости $\Delta p / Q = \text{const}$ и, следовательно, $\eta = \text{const}$; для неньютоновской — эффективная вязкость зависит от условий эксперимента. Обычно измеряют Δp при $Q = \text{const}$ (метод постоянного расхода) либо Q при $\Delta p = \text{const}$ (метод постоянного давления). Первый был использован нами при работе на установке НААКЕ RHEOCORD 90.

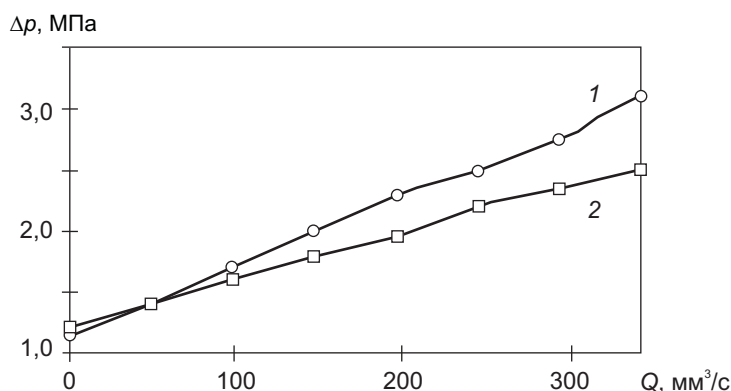
Исследуемый расплав продавливали под действием постоянного усилия (задаваемого скоростью вращения шнека экструдера) через капилляры различной длины ($L_1 = 53,8$; $L_2 = 30$ мм), но одного диаметра ($d = 5$ мм). Реологические характеристики вычисляли для участка установившегося течения расплава через профилирующее отверстие. При снятии реологических характеристик поддерживали определенный диапазон температур по зонам червячного экструдера и экструзионной головки ($T = 453$ К).

Расход материала через капилляр определяли по формуле

$$Q = \frac{m \cdot 10^3}{\rho \cdot t}, \quad (3)$$

где Q — расход, мм³/с; m — масса материала, отобранного за время испытания t (средняя из 5 замеров), г; ρ — плотность композиционного материала, г/см³.

Строили зависимости Δp — Q для обоих капилляров (см. рисунок).



Зависимость перепада давления на капилляре Δp от расхода материала Q при истечении композиционного расплава через капилляр длиной, мм: 1 — 53,8; 2 — 30

Для каждого заданного значения Q вычисляли эффективный градиент скорости сдвига $\dot{\gamma}_{\text{эф}}$ и напряжение сдвига τ при установившемся течении расплава в отверстии капилляра по формулам:

$$\dot{\gamma}_{\text{эф}} = \frac{4Q}{\pi R^3}, \quad \tau = \frac{(\Delta p_1 - \Delta p_2) \cdot R}{2 \cdot (L_1 - L_2)}. \quad (4), (5)$$

Эффективную вязкость $\eta_{\text{эф}}$ определяли по уравнению

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}_{\text{эф}}}. \quad (6)$$

При изменении расхода перерабатываемого материала состава (мас. %) 63 ПЭ + 27 КК + 10 глицерин — от 1,0 до 3,5 мм³/с эффективная вязкость расплава возрастает от 1,0 до 1,4 кПа·с. Таким образом, величина исследуемого композиционного расплава близка к величине для расплавов классических термопластичных полимеров: ПЭ, полипропилена, полистирола [8—10].

Очевидно, ИБПМ, оптимизированные по показателям прочности и био-разлагаемости, могут быть получены на основе БПК, реологические свойства которых позволяют эффективно перерабатывать их в пленки на традиционном для типовых термопластов экструзионном оборудовании.

ИБПМ разработанной рецептуры получали методами плоскощелевой и рукавной экструзии, используя оригинальные технологические приемы мо-

дифицирования инсектицидом биоразлагаемой основы как на стадии подготовки БПК, так и при формировании пленки.

В первом случае рациональным ведением процесса смешения ПЭ, биоразлагаемого наполнителя и других модификаторов стремились к более равномерному распределению компонентов в полимерной массе. Компоненты разрабатываемых ИБПМ имеют в исходном состоянии разную физическую форму (ПЭ основа — гранулы, биоразлагаемый наполнитель (КК) — порошок, ПФ (глицерин) и инсектицид (перметрин) — жидкости). В тех случаях, когда переработка композиции в пленку осуществлялась на одношнековых экструдерах, был использован «метод концентрата». Предварительно получали гранулят, содержащий пластифицированный глицерином или эмульсией перметрина в глицерине КК, и небольшое количество ПЭ. Затем гранулированный концентрат загружали в смеситель и перемешивали с оставшейся частью гранул ПЭ. Такое технологическое решение позволило значительно облегчить последующий процесс пластикации материала. Принципиально изменился и характер смеси «полимер-биоразлагаемый наполнитель». Смешение произошло на микроуровне, и компоненты смеси образовали взаимопроницающую сетчатую структуру, которая впоследствии обеспечила быструю биодеструкцию материала. Такой же эффект достигается при прямой переработке композиции в пленку на двухшнековом экструдере.

Кроме того, был использован ряд оригинальных технологических приемов введения инсектицидной добавки в состав биоразлагаемой основы. Так, запатентован [11] и реализован в опытном производстве способ термомодифузного насыщения внутреннего слоя полимерного композиционного рукава при раздуве (ниже линии его отвердевания) модифицирующей жидкостью (эмульсией или раствором перметрина в глицерине или диоктилфталате соответственно). Жидкость подают на дорн экструзионной головки, приводя в контакт с полимерным рукавом, находящимся в вязкотекучем состоянии.

Совмещение инсектицида с полимерной основой протекает при относительно мягких температурных режимах, что позволяет вводить в пленку инсектициды и репелленты с низкой термической стойкостью.

Структура сформированных таким образом пленок характеризуется наличием студнеобразного модифицированного слоя, содержащего инсектицидную жидкость, которая пролонгированно выделяется из пленки по механизму синерезиса. Модифицированный слой постепенно переходит по толщине пленки в сплошной полимерный слой, выполняющий барьерные функции.

Изменяя параметры $h_{ж}$ и $v_{экстр}$, можно регулировать время контактирования функциональной жидкости с расплавленной полимерной основой и таким образом задавать толщину модифицированного слоя и количество введенного в нее инсектицида. Производственные затраты при данном способе изготовления минимальны, инсектицид в процессе эксплуатации пленки расходуется экономно, выделяясь преимущественно с одной ее стороны — внутрь упаковки.

Установлено, что ИБПМ, полученные по предложенным технологическим схемам, имеют сильное инсектицидное действие в отношении кератофагов и подвергаются биодеструкции в пахотной почве в течение 6—12 мес. [12, 13].

Таким образом, разработаны и оптимизированы по технико-экономическим критериям рецептуры и технологические методы получения композиционных ИБПМ. Последние относятся к новому поколению активных биоразлагаемых полимерных материалов. Их применение позволит не только расширить номенклатуру и технические возможности многофункциональной упаковки, но и будет способствовать решению глобальной экологической проблемы, связанной с загрязнением окружающей среды отходами полимерных материалов.

Обозначения: T — температура; $C'_{\text{пред}}$ — предел термодинамической совместимости; σ_p — разрушающее напряжение при растяжении; U — инсектицидность; v — скорость биодеструкции; n_0 — первоначальное количество тест-бабочек моли в сосуде с образцом ИБПМ, n_1 — количество живых бабочек спустя 3 ч; m_0 — первоначальная масса пленочного образца, m_1 — масса образца через 3 месяца экспонирования в пахотной почве; $T_{\text{нд}}$ и $T_{\text{нид}}$ — температуры начала термодеструкции и начала интенсивной термодеструкции; η — коэффициент динамической вязкости, τ — напряжение сдвига; $\dot{\gamma}$ — скорость сдвига; m — масса расплава, вытекшего через капилляр за время t ; Q — расход, ρ — плотность композиционного материала; L , d и R — длина, диаметр и радиус капилляра; Δp — перепад давления между концами капилляра; $\eta_{\text{эф}}$ — эффективная вязкость; $T_{\text{ж}}$, $h_{\text{ж}}$ — температура и высота слоя модифицирующей жидкости над дорном экструзионной головки, $p_{\text{распл}}$ — давление расплава в головке, $v_{\text{экстр}}$ — скорость экструзии.

Л и т е р а т у р а

1. Lingle, R. Degradable plastics: all sizzle and no steak / R. Lingle // Prepared Foods. — 159 (1990). — № 1. — P. 144—145.
2. Perrone, C. Biodegradabilita: sempre attuale / C. Perrone // Poliplasti e plastici rinforzani. 40 (1992). — № 410/411. — P. 52—58.
3. Andreoni, V. Test di biodegradabilita delle plastiche / V. Andreoni, G. Baggi, P. Manfrin, C. Sorlini // Imballaggio. — 42 (1992). — № 432. — P. 193—195.
4. Суворова, А.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала / А.И. Суворова, И.С. Тюкова, Е.И. Труфанова // Успехи химии. — 69 (2000). — № 5. — С. 494—503.
5. Грапов, А.Ф. Опасная ромашка / А.Ф. Грапов // Химия и жизнь. — 1991. — № 8. — С. 52—53.
6. Промоненков, В.К. Новые направления синтеза и применения пиретроидов / В.К. Промоненков, О.А. Короткова // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1978. — № 2. — С. 170—178.
7. Гуль, В.Е. Физико-химические основы производства полимерных пленок: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гуль, В.П. Дьяконова. — М.: Высш. шк., 1978.
8. Энциклопедия полимеров: в 3 т. / под ред. В.А. Кабанова [и др.]. — М.: Сов. энцикл., 1972.

9. Химическая энциклопедия: в 5 т. / под гл. ред. И.Л. Кнунянца. — М.: Сов. энцикл., 1988.
10. Физическая энциклопедия: в 5 т. / под гл. ред. А.М. Прохорова. — М.: Сов. энцикл., 1988.
11. Пленка полимерная упаковочная: пат. Респ. Беларусь 19990009 ВУ, МПК С 08 К 5/00 (2000) // Дзярж. пат. ведамства Респ. Беларусь. — № 3, 33.
12. *Vlasova, G. Insecticidal biodegradable films for non-food products packaging / G. Vlasova, A. Makarevich, V. Sytsko // Proc. of 12th World Conf. On Packaging. — Poland: Warszawa, 2001.*
13. *Vlasova, G. Technology of insecticidal biodestructive films for non-food products packing / G. Vlasova, A. Makarevich // Abstr. of The Polymer Processing Society Regional Meeting. — Antalya, Turkey (2001). — P. 521—522.*

В.А. Воробьев,

доктор экономических наук, профессор

МИКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА: МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА

Предмет исследования. Под методологией в статье понимаются не методы и приемы экономических исследований, а *принципы, определяющие взаимосвязь теоретических концепций, обоснованных в соответствии с ними выводов о реальной экономике и рекомендаций относительно экономической политики.* Вправе ли экономисты давать такие рекомендации и в чем они должны состоять — в определении целей политики, выборе инструментов их достижения или оценке влияния политики на экономическую эффективность? Ответ на этот вопрос не столь очевиден, как представляется на первый взгляд. Проблемы состоят в том, как экономисту «выяснить функцию предпочтений лица, принимающего решения, не навязывая ему свою собственную» [1, с. 215], и могут ли предложения исследователя о направлениях экономической политики быть свободными от его собственных оценочных суждений.

«Какая экономическая теория нам нужна?» — такой вопрос часто ставится и экономистами-аналитиками, и политиками, и преподавателями экономических дисциплин. Многие отмечают, что в настоящее время большое практическое значение имеет экономическая теория, раскрывающая роль государства в экономике. Такой теоретический анализ особенно актуален для стран с трансформационной экономикой.

В экономической теории сосуществуют подходы, дающие полярные ответы на вопрос о границах государственного присутствия в экономике (особенно на микроуровне) — от концепции «минимального государства», признающей безусловный приоритет экономической свободы [2], до концепций, обос-