

УДК 541.64.532.72

ВЛИЯНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПЛЕНОК НА МИГРАЦИЮ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРИМЕСЕЙ

© 2006 г. М. Ф. Галиханов, А. Н. Борисова, Р. Я. Дебердеев

Казанский государственный технологический университет

420015 Казань, ул. К. Маркса, 68

Поступила в редакцию 25.01.2005 г.

Принята в печать 21.09.2005 г.

Исследовано влияние поляризации на кинетику миграции и суммарное количество мигранта из упаковочных ПЭ-материалов в неполярный и полярный растворители. Наблюдаемое снижение количества мигранта из полимерных пленок в неполярный изооктан и небольшого снижения в полярный этанол при поляризации обусловлено влиянием возникающего электрического поля на протекание процессов смачивания, растворения и диффузии. Возникновение окисленных групп на поверхности пленок при действии поляризующего коронного разряда, хотя и оказывает влияние на процесс миграции, но оно не определяющее. Отмечено, что хранение поляризованных материалов в этаноле при 40°C ведет к существенному снижению величин их электретных свойств на шесть сутки и практически полной релаксации заряда на десятые. Основываясь на полученных результатах, сделан вывод о целесообразности применения исследуемых ПЭ-пленок в качестве активных упаковочных материалов для пищевых продуктов.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития общества все в большей степени наблюдается переход к использованию “умных” полимерных материалов – материалов нового поколения. Такие материалы способны откликаться на изменение условий эксплуатации, “самозалечиваться” при разрушении, регулировать процессы, протекающие при их использовании и т.п. Они применяются в различных областях промышленности [1, 2], биотехнологии, в медицине [3] и т.д. В упаковочной отрасли “умные” материалы используются для создания “активных” упаковок, с помощью которых можно направленно изменять состав и продлевать срок хранения пищевых продуктов, создавать оптимальную газовую среду внутри упаковки, облегчать подготовку упакованных товаров и продуктов к эксплуатации или применению и т.д. Такие упаковочные материалы постепенно вытесняют традиционные материалы, которые, как правило, выполняют только механические и барьерные защитные функции [4–6].

К “умным” полимерам относят электретные материалы, способные повышать работоспособ-

ность машин и приборов при одновременном снижении материальных и энергетических расходов [7]. Традиционные области использования электретов – электротехника, машиностроение [8–10]. К новым областям их применения – медицине, биотехнологии [11] в настоящее время может добавиться и упаковочная промышленность. Данные о повышении срока хранения пищевых продуктов в упаковках из полимерных электретных материалов появились и в патентной [12], и в научной литературе [13, 14]. Указывается, что электрическое поле такой “активной” упаковки может оказывать влияние на жизнедеятельность микроорганизмов, вызывающих порчу продуктов [14], изменять среду внутри упаковки [12, 13], стимулировать поддержание исходного равновесного состояния дисперсной системы пищевых продуктов [14].

Один из методов изготовления электретных материалов состоит в поляризации полимеров в коронном разряде: его преимущества – простота аппаратуры и довольно высокая скорость процесса. При электризации происходит инжекция носителей зарядов (электронов, ионов) внутрь диэлектрика и удержание их энергетическими ловушками, в качестве которых могут служить примеси, структурные аномалии и т.п. [8, 9]. Однако

E-mail: mgalikhhanov@yandex.ru (Галиханов Мансур Флориевич).

при обработке полимеров коронным разрядом происходит окисление поверхности и деструкция макромолекул в поверхностном слое, которые могут привести к тому, что полученный материал не будет соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к упаковочным материалам для пищевых продуктов. К параметрам санитарно-гигиенической оценки относится, например, предельно допустимая величина суммарной (интегральной) миграции различных соединений из упаковки в пищевой продукт [15].

Цель настоящей работы – определение суммарной миграции компонентов электретных упаковочных материалов в пищевые продукты.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования служили промышленные полимерные пленки, допущенные к контакту с пищевыми продуктами: пленка из ПЭВД и композиционная пленка на основе ПЭВД и диоксида титана, применяемая для упаковки молочных продуктов (ГОСТ 10354-82). В качестве растворителей использовали изооктан эталонный (ГОСТ 12433-83) с диэлектрической проницаемостью 1.99 при 20°C и спирт этиловый (ГОСТ 17299-78) с диэлектрической проницаемостью 24.35 при 20°C.

Поляризацию образцов в виде квадратов со стороной 10 см и толщиной 100 мкм проводили в поле коронного разряда с помощью электрода, содержащего 196 заостренных игл, равномерно расположенных на площади 49 см² в виде квадрата. Расстояние между образцом и электродом составляло 20 мм, напряжение поляризации 35 кВ, время поляризации 60 с. Перед поляризацией образцы выдерживали в термошкафу в течение 10 мин при 100°C.

Электретные характеристики определяли с помощью прибора ИПЭП-1, принцип действия которого основан на методе периодического электрирования приемного электрода, находящегося на некотором расстоянии от поверхности электрета. Погрешность измерения потенциала поверхности V_3 , напряженности электрического поля E и поверхностной плотности электрических зарядов $\sigma_{\text{эф}}$ не превышала 3%.

О суммарной миграции, согласно методу [16], судили по экстракции мигрирующих веществ из

полимерных пленок площадью 1 дм², которые полностью погружали в изооктан или этанол на 10 суток при 40°C. Экстракцию мигранта определяли как массу нелетучего остатка в растворителе (в мг/дм³) и выражали в процентах от массы образца пленки. Кинетику миграции веществ из полимерных пленок изучали путем их ежедневного взвешивания. Для этого пленки вынимали из растворителя и просушивали в течение 1 ч, а после взвешивания вновь помещали в экстрагент.

ИК-спектры пленок полимеров регистрировали на спектрометре "Specord IR-75".

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения суммарной миграции компонентов неполярных полимерных материалов в любые пищевые продукты в качестве экстрагирующего вещества применяют изооктан [16]. Пленка из ПЭВД, помещенная в изооктан на 10 суток, теряет в весе ~4.2%, а композиционная "молочная" пленка – ~1.3%. Указывается [17], что мигрирующие из ПЭВД вещества представляют собой безвредные окисляющиеся и бромирующиеся соединения. Разница в количестве экстрагируемых соединений обусловлена многими причинами. Во-первых, экстрагируемые вещества могут быть адсорбционно-связанными с поверхностью диоксида титана. При этом с наполнителем связываются именно низкомолекулярные продукты деструкции, низкомолекулярные фракции полимера и примесные соединения – такой эффект используют, например, для создания композиционных адгезивов, в состав которых входит порошкообразный наполнитель с большой "адгезионной активностью" [18]. Во-вторых, необходимо учитывать тот факт, что в процессе приготовления ПЭ-композиции используют концентрат диоксида титана, при получении которого очень интенсивно протекают механохимические процессы с образованием кислородсодержащих низкомолекулярных и олигомерных продуктов деструкции ПЭ [19]. Они могут не растворяться в изооктане и соответственно не мигрировать из полимерной пленки в упакованные продукты.

При поляризации полимерных пленок в коронном разряде появляется устойчивый электретный заряд. Значения электретных характеристик в первые сутки хранения резко снижаются, что связывают с высвобождением носителей за-

рядов из энергетически мелких ловушек. В связи с этим свойства электретов обычно изучают после определенного времени, когда спад заряда практически прекращается. На период стабилизации заряда (30 суток хранения), значения потенциала поверхности ПЭ-пленки составляли 0.16 кВ, напряженности электрического поля 11 кВ/м, поверхностной плотности электрических зарядов 0.10 мКл/м². Для композиционной пленки данные показатели составляли 0.14 кВ, 8 кВ/м и 0.09 мКл/м² соответственно. Пониженные электретные характеристики композиций ПЭ с диоксидом титана по сравнению с ненаполненным ПЭ, связаны в основном с повышенной электропроводностью композиций, которая определяющим образом влияет на скорость спада поверхности электретов [20].

Изучение экстракции соединений из поляризованных в коронном разряде образцов привело к довольно неожиданным результатам. Оказалось, что из электретных ПЭ- и композиционной пленок при выдержке в изооктане в течение 10 суток экстрагируется в 5–6 раз меньше соединений – ~0.8 и ~0.2% соответственно.

Для объяснения наблюдаемого явления необходимо рассмотреть процесс миграции химических соединений из полимеров в растворитель. Данный процесс включает следующие стадии: смачивание полимера низкомолекулярной жидкостью; диффузию растворителя в объем полимера (набухание полимера в растворителе – ограниченное растворение); растворение низкомолекулярных соединений, содержащихся в объеме полимера, в растворителе; диффузию растворенных соединений к поверхности раздела фаз и далее в объем растворителя. Поляризация полимера может влиять на протекание каждой из этой стадии.

Так, в работе [21] при изучении растекания диэтиленгликоля и глицерина по поверхности пленки из пентапласта отмечено, что при прочих равных условиях смачивание электретных пленок меньше, чем неполяризованных. Влияние заряда на растекание жидкости связано с сорбционными процессами, интенсивность которых в электретных пленках меньше, чем в простых [22]. Поляризационный заряд, по мнению авторов [21], создает энергетический барьер, на преодоление которого расходуется движущаяся сила растекания.

Кроме этого, при обработке ПЭ-пленок в поле коронного разряда на их поверхности возникают кислородсодержащие группы, которые вследствие своей полярности обладают малым сродством к неполярному изооктану. Это ухудшает смачиваемость поляризованных полимерных пленок растворителем. При проведении ИК-спектрометрического анализа выяснилось, что при поляризации исследуемых упаковочных пленок в поле коронного разряда изменяется интенсивность полос поглощения при 3559 см⁻¹ (колебания гидроперекисных групп), 1700–1750 см⁻¹ (колебания карбонильных групп) и 1175 см⁻¹ (колебания группы С–О), свидетельствующих об окислении ПЭ [23]. Если принимать интенсивность полосы поглощения при 720 см⁻¹, характерной для колебания групп CH₂, за полосу сравнения, то отношение оптических плотностей D_{3559}/D_{720} изменяется при поляризации пленки из ПЭВД от 0.28 до 0.30, D_{1730}/D_{720} – от 0.16 до 0.17 и D_{1175}/D_{720} – от 0.26 до 0.27. При поляризации композиционной молочной пленки отношение D_{3559}/D_{720} изменяется от 0.38 до 0.40, а D_{1175}/D_{720} – от 0.28 до 0.30 (изменение отношения оптических плотностей D_{1730}/D_{720} не превышало ошибку эксперимента).

В работе [24] указывается на то, что поляризованные внешним электрическим полем кристаллы различных солей металлов растворяются медленнее неполяризованных соединений. Объяснение данного явления сводится к тому, что поляризованной молекулой-диполю при переходе в жидкую фазу необходимо совершить дополнительную работу против сил электрического поля. Однако это характерно лишь для систем, у которых диэлектрическая проницаемость твердого тела $\epsilon_{\text{тв}}$ меньше, чем диэлектрическая проницаемость растворителя ϵ_p . Снижение скорости растворения при поляризации наблюдали и в системах полимер–растворитель на примере поливинилбутираля, ПВХ и растворителей различной природы [25]. Однако была выявлена одна система (полиамид–муравьиная кислота), не подчиняющаяся данному правилу из-за химического взаимодействия компонентов при растворении, интенсифицирующегося под действием электрической поляризации полимера.

Процессы диффузии также зависят от электрического поля. К примеру, для смеси неполярных растворителей ацетон–четыреххлористый углерод даже при относительно небольшом зна-

чении напряженности внешнего электрического поля интенсивность молекулярного переноса массы уменьшается в 3 раза [26]. Наблюдаемое явление объясняется тем, что коэффициент диффузии диэлектрических жидкостей обратно пропорционален динамической вязкости, а та в свою очередь возрастает в электрическом поле. Тогда действие поля должно приводить к уменьшению коэффициента диффузии. При исследовании влияния заряда металлополимерных электретов из поливинилбутираля и пентапласта на диффузию электролита в полимерное покрытие выяснилось, что с увеличением заряда также наблюдается уменьшение массы продиффундировавшей жидкости в 3–5 раз [10].

Изложенные выше положения подтверждают данные по изученной кинетике миграции веществ из ПЭ-пленки в изооктан (рис. 1, кривые 1, 3). Из кривых кинетики миграции видно, что в первые трое-четверо суток происходит набухание ПЭ-пленок в растворителях. Видно, что скорость набухания (начальный наклон кривых) и величина набухания (максимум кривых) неполяризованных ПЭ-пленок (кривая 1) больше, чем у электретных (кривая 3). К примеру, ПЭ-пленка набухает в изооктане максимум на 4.6 мас. %, а электретная – на 3.2 мас. %. Вполне вероятно, что величина набухания превышает эти значения, но в исследуемых системах на трети-четвертые сутки могут начинаться процессы диффузии мигранта в растворитель, что сказывается на общей массе образцов. Достигнув предельной величины набухания, масса образцов перестает увеличиваться, и ее снижение обусловлено только процессом диффузии различных веществ в объем экстрагента. Более пологие участки кривой у электретных ПЭ-пленок по сравнению с неполяризованными образцами свидетельствуют о пониженной скорости этого процесса. Подобные результаты получились и при исследовании композиционных ПЭ-пленок. Совершенно очевидно, что по приведенным кривым кинетики миграции нельзя судить о суммарной миграции веществ из полимерных пленок, которая определяется только через массу нелетучего осадка в экстрагенте.

Таким образом, при поляризации полимерных пленок протекание практически всех стадий миграции химических соединений из них в растворитель замедляется. Естественно, это способствует улучшению санитарно-гигиенических парамет-

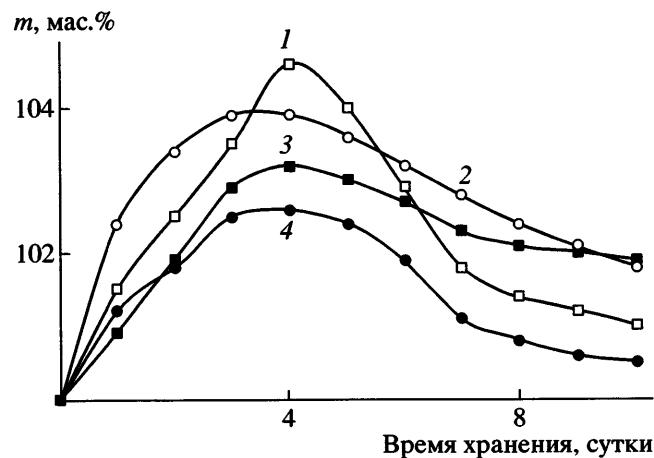


Рис. 1. Изменение массы неполяризованных (1, 2) и электретных ПЭ-пленок (3, 4) при хранении в изооктане (1, 3) и этаноле (2, 4).

ров ПЭ-пленок применительно к упаковке пищевых продуктов.

Для решения вопроса о том, какой из эффектов – наличие поля или окисление поверхности – в большей степени определяет изменение миграции низкомолекулярных примесей, был поставлен следующий эксперимент. Поляризацию ПЭ-пленок проводили в течение всего 3 с и сразу (без достижения фазы стабилизации заряда) помещали в изооктан. При этом практически исключалось окисление поверхности полимерной пленки, а значения электретных характеристик были еще довольно высокими. Исследования показали, что из такой электретной ПЭ-пленки за 10 суток изооктаном экстрагируется ~2.4 мас. % мигрантов. Следовательно, доминирующую роль в сокращении миграции играет наличие электретного состояния в полимерных пленках, а не окисление их поверхности.

Многие пищевые продукты являются полярными продуктами, и применение неполярного изооктана может несколько исказить реальную картину миграции. К примеру, при обработке ПЭ в поле коронного разряда в основном образуются полярные группы и возможно образование соединений, которые, как уже указывалось выше, могут не растворяться в неполярном изооктане. Следовательно, при электретировании полимерной упаковки миграция химических соединений в пищевой продукт может возрасти. Для изучения этого вопроса в качестве растворителя был взят этанол, который используется для исследования

процессов миграции в полярных полимерах [16]. Кроме того, этанол является одной из модельных сред, имитирующих основные пищевые продукты при изучении свойств упаковочных материалов [15].

Исследования показали, что пленка из ПЭВД, помещенная в этанол на 10 суток, теряет в весе ~4.0%. Небольшое снижение доли экстрагируемых соединений пленок этанолом по сравнению с изооктаном вполне объяснимо: в полярном этаноле не растворяются низкомолекулярные и олигомерные молекулы, присутствующие в составе ПЭ. Как уже отмечалось выше, величину суммарной миграции из композиционных пленок могут, с одной стороны, повышать присутствующие в них полярные продукты механодеструкции, а с другой – понижать присутствие в нем наполнителя, адсорбционно связывающего низкомолекулярные соединения. Совместное влияние двух указанных причин приводит к тому, что и композиционная “молочная” пленка за 10 суток в этаноле теряет в весе почти столько же – ~3.6%.

При поляризации композиционной пленки наблюдается уже описанная закономерность: уменьшается величина суммарной миграции почти в 2 раза – при выдержке в спирте в течение 10 суток она теряет в весе ~2.0%. Но поляризация ПЭ-пленки не приводит к такому эффекту: электретный образец, помещенный в этанол, теряет в весе те же ~4.0%.

По-видимому, дело в том, что поляризация полимера по-разному влияет на протекание различных стадий процесса миграции химических соединений из полимеров в полярный растворитель. Например, при поляризации пленок должно наблюдаться снижение скорости растворения, так как $\epsilon_{\text{тв}} < \epsilon_p$ (диэлектрические проницаемости ПЭ, изооктана и этанола при 20°C соответственно 2.23, 1.99 и 24.35). С другой стороны, поляризация полимерных пленок в коронном разряде может придать их поверхности определенную гидрофильность, что ведет к улучшению их смачиваемости полярными жидкостями. Так, в работах [27–29] показано, что увеличение плотности поверхности заряда пленок из различных полимеров (поли[1-(триметилсилил)-1-пропина], ПП, ПЭТФ и других), обработанных в разряде постоянного тока, приводит к уменьшению угла смачивания по воде и глицерину. Это происходит из-за

того, что в полимерах под действием разряда постоянного тока образуются полярные (в том числе кислородсодержащие) группы, повышающие гидрофильность поверхности пленок.

Косвенно результаты определения суммарной миграции веществ из ПЭ-пленок в этанол могут объяснить данные по изучению кинетики этого процесса. Было показано (рис. 1, кривые 2, 4), что хотя скорость и величина набухания неполяризованных пленок (кривая 2) в этаноле больше, чем у электретных (кривая 4), процессы диффузии мигранта в растворитель у них протекают медленнее: участок кривой, свидетельствующий об уменьшении массы образца, более пологий.

При хранении электретов в полярных средах существенно снижается величина их электретных характеристик. Возрастание скорости релаксации заряда в данном случае, как и в случае хранения электретов при повышенной влажности воздуха, связано с увеличением поверхностной электропроводности полимеров и предпочтительной релаксацией гомозаряда в поверхностных и приповерхностных слоях электрета [30, 31]. Другими словами, влияние электрического поля пленочных электретов на некоторые стадии процесса миграции полярным этанолом с течением времени ослабевает. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что на шестые сутки хранения электретных пленок обоих видов в этиловом спирте в условиях эксперимента происходит довольно резкий спад значений V_3 , E и $\sigma_{\text{эф}}$ (рис. 2). На десятые сутки значения электретных характеристик не могут быть определены применяемым прибором (близки к нулевым значениям).

Таким образом, поляризация упаковочных ПЭ-пленок в коронном разряде приводит к уменьшению суммарной миграции различных соединений из них в пищевой продукт. Снижение количества мигранта из поляризованных полиэтиленовых пленок в растворители различной природы обусловлено влиянием их электрического поля на протекание процессов смачиваемости, растворения и диффузии. Повышенное содержание окисленных групп на поверхности электретных пленок по сравнению с неполяризованными также влияет на процессы миграции, хотя и в меньшей степени, чем наличие поля.

Полученные данные относительно повышения срока хранения ряда пищевых продуктов в

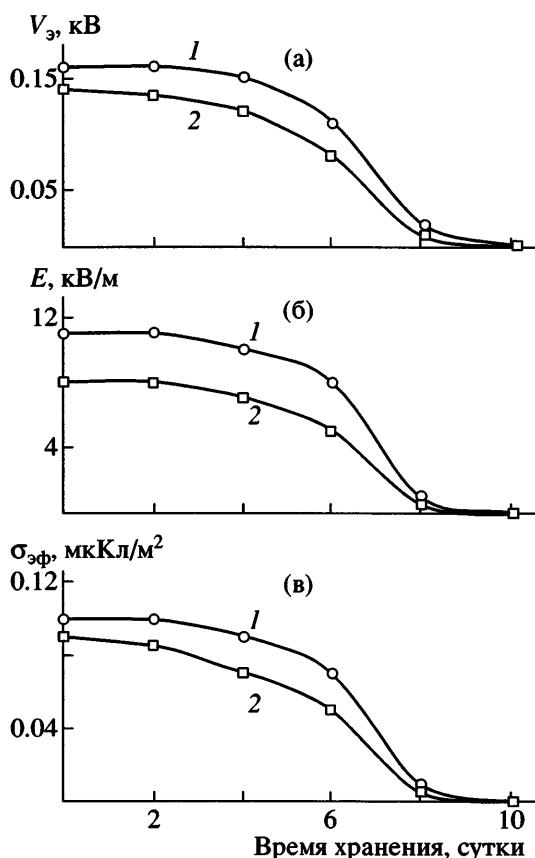


Рис. 2. Зависимость потенциала поверхности (а), напряженности электрического поля (б) и поверхностной плотности электрических зарядов (в) короноэлектретов на основе ПЭ (1) и композиционной (2) пленок от продолжительности хранения в этиловом спирте при 40°C.

упаковках из полимерных электретных материалов [12–14] и снижения суммарной миграции различных соединений из них в упакованные продукты позволяют рекомендовать исследуемые электретные пленки в качестве активных упаковочных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанов В.Я. // Химия высоких энергий. 2000. Т. 34. № 4. С. 243.
2. Плескачевский Ю.М. // Проблемы современного материаловедения: Тр. VI сессии Научного совета по новым материалам Международной ассоциации академий наук. Гомель: Ин-т механики металлокомпозитных систем Национальной академии наук Беларусь, 2002. С. 19.
3. Галаев И.Ю. // Успехи химии. 1995. Т. 64. № 5. С. 505.
4. Иванова Т.В., Розанцев Э.Г. // Пакет. 2000. № 1. С. 42.
5. Власова Г.М., Сыцко В.Е. // Изв. вузов. Пищ. технология. 2004. № 1. С. 110.
6. Сидоренко С.А., Дудла И.А. // Изв. вузов. Пищ. технология. 2004. № 1. С. 112.
7. Гольдаде В.А. // Механика композит. материалов. 1998. Т. 34. № 2. С. 153.
8. Электреты / Под ред. Сесслера Г. М.: Мир, 1983.
9. Лущейкин Г.А. Полимерные электреты. М.: Химия, 1984.
10. Пинчук Л.С., Гольдаде В.А. Электретные материалы в машиностроении. Гомель: Инфотрибо, 1998.
11. Макаревич А.В., Пинчук Л.С., Гольдаде В.А. Электрические поля и электроактивные материалы в биотехнологии и медицине. Гомель: Ин-т механики металлокомпозитных систем Национальной академии наук Беларусь, 1998.
12. Ando K., Ogawa K., Nishiura E., Okumura Y., Ii Y. // Пат. 5266369 США.
13. Галиханов М.Ф., Борисова А.Н., Дебердеев Р.Я. // Вестн. Казанского технол. ун-та. Казань, 2004. № 1–2. С. 163.
14. Борисова А.Н., Галиханов М.Ф., Крыницкая А.Ю., Саниева Д.В., Дебердеев Р.Я., Гамаюрова В.С. // Сб. науч. тр. второй Всерос. науч.-техн. конф. "Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации". М.: Московский гос. ун-т пищевой пром-сти, 2004. Ч. I. С. 304.
15. Аксенова Т.И., Ананьев В.В., Дворецкая Н.М., Розанцев Э.Г. // Тара и упаковка: Учебник / Под ред. Розанцева Э.Г. М.: Московский гос. ун-т пищевой пром-сти, 1999.
16. Plastics Packaging Materials for Food. Barrier Function, Mass Transport, Quality Assurance and Legislation / Ed. by Piringer O.-G., Baner A.L. Weinheim: Wiley-VCH, 2000.
17. Шефтель В.О., Катаева С.Е. Миграция вредных химических веществ из полимерных материалов. М.: Химия, 1978.
18. Калнинь М.М., Малерс Л.Я. // Изв. АН Латв. ССР. Сер. хим. 1985. № 5. С. 575.
19. Барамбайм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. М.: Химия, 1978.
20. Галиханов М.Ф., Еремеев Д.А., Дебердеев Р.Я. // Вестн. Казанского технол. ун-та. Казань, 2003. № 1. С. 299.

21. Плевачук В.Г., Вертячих И.М., Гольдаде В.А., Пинчук Л.С. // Высокомолек. соед. А. 1995. Т. 37. № 10. С. 1728.
22. Вертячих И.М., Гольдаде В.А., Неверов А.С., Пинчук Л.С. // Высокомолек. соед. Б. 1982. Т. 24. № 9. С. 683.
23. Инфракрасная спектроскопия полимеров / Под ред. Деханта И. М.: Химия, 1976.
24. Громов В.В. // Журн. физ. химии. 1999. Т. 73. № 10. С. 1789.
25. Пинчук Л.С., Безруков С.В., Мышиакова Е.А., Гольдаде В.А., Алешикевич Е.Н., Бельй В.А. // Докл. АН СССР. 1991. Т. 321. № 5. С. 1025.
26. Савиных Б.В., Гумеров Ф.М. Свойства переноса диэлектрических жидкостей и тепло-массообмен в электрических полях. Казань: Фэн, 2002.
27. Гильман А.Б., Волков В.В., Драчев А.И., Селинская Я.А. // Химия высоких энергий. 2000. Т. 34. № 4. С. 304.
28. Гильман А.Б., Ришина Л.А., Драчев А.И., Шибряева Л.С. // Химия высоких энергий. 2001. Т. 35. № 2. С. 151.
29. Драчев А.И., Гильман А.Б., Пак В.М., Кузнецова А.А. // Химия высоких энергий. 2002. Т. 36. № 2. С. 143.
30. Шуваев В.П., Турышев Б.И., Романовская О.С., Лобанов А.М., Воробьев В.П., Мясников Г.Д., Кузнецова О.Д. // Высокомолек. соед. А. 1977. Т. 19. № 3. С. 603.
31. Классов В.Н., Осипов К.А. // Неравновесные процессы в диэлектрических материалах. Межвуз. сб. науч. тр. М.: Московский ин-т радиотехники, электроники и автоматики, 1983. С. 93.

The Effect of Polarization of Polyethylene Films on Migration of Low-Molecular-Mass Contaminants

M. F. Galikhanov, A. N. Borisova, and R. Ya. Deberdeev

*Kazan State Technological University,
ul. Karla Marksа 68, Kazan, 420015 Tatarstan, Russia*

Abstract—The effect of poling on the kinetics of migration and the total amount of a migrant transferred from polyethylene packaging materials into nonpolar and polar solvents was studied. A decrease in the amount of the migrant from polymer films to nonpolar isoctane and a slight decrease in that to polar ethanol as a result of poling are due to the effect of an induced electric field on the wetting, dissolution, and diffusion processes. Although the formation of oxidized groups on the film surface by corona poling had an effect on the migration process, this effect was not determining. It was noted that the holding of poled materials in ethanol at 40°C resulted in a significant reduction of their electret properties by the sixth day and practically complete charge relaxation by the tenth day. On the basis of the results obtained, it was concluded that the examined polyethylene films hold promise as active food-packaging materials.