

ного дозирования реагента в затрубное пространство скважины. Применение трубной стали с содержанием хрома 3 % и более экономически нецелесообразно несмотря на технологический эффект. В таком случае альтернативной, экономически более выгодной технологией становится применение НКТ с внутренним полимерным покрытием. На основании натурных испытаний доказана коррозионная стойкость двухслойного эпоксидно-фенольного полимерного покрытия внутренней поверхности НКТ при толщине покрытия не менее 150 мкм, при шероховатости поверхности менее 15 мкм, термостойкости не менее +150 °С, адгезии не менее 10 МПа в отношении локальной язвенной коррозии в условиях добывающих скважин, попутно добываемая вода которых представлена крепкими рассолами хлоридно-кальциевого типа, содержащими углекислый газ, при температуре до +90 °С и давлении до 27 МПа при скорости потока до 0,4 м/с. Однако обнаружено, что полимерное покрытие MPLAG17 не обладает стойкостью в отношении эрозионной коррозии, для защиты от которой требуется применение специального защитного устройства [6].

Практическая значимость. Разработаны принципы выбора материалов НКТ для условий нефтяных месторождений Беларуси, определены требования к НКТ с повышенной коррозионной стойкостью и условия их применения. На основании разработанных подходов проводится закупка НКТ для промышленного внедрения в условиях нефтяных месторождений Припятского прогиба, осложненных углекислотной коррозией.

Литература

1. Schmitt, G. Fundamental aspects of CO₂ metal loss corrosion – Part II: Influence of different parameters on CO₂ corrosion mechanism / G. Schmitt, M. Horstemeier // Mechanism CO₂ and H₂S metal loss corrosion: 10-year review / ed. Y. Gunaltum. – Houston, 2017. – P. 31–56.
2. Effect of microstructure on corrosion of steels in aqueous solutions containing carbon dioxide / S. Al-Hasan [et al.] // Mechanism of CO₂ corrosion. – Houston, 2017. – Vol. 2. – P. 47–58.
3. Борисенкова, Е. А. Механизм образования защитного слоя продуктов углекислотной коррозии на низколегированных сталях с 1 % хрома / Е. А. Борисенкова, М. К. Ионов // Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Серия техн. науки. – 2015. – № 3 (47). – С. 195–200.
4. Особенности коррозионного разрушения нефтегазопроводных труб в условиях эксплуатации Коми и Западной Сибири / А. В. Иоффе [и др.] // Вектор науки ТГУ. – 2010. – № 4 (14). – С. 50–53.
5. Попкова, Ю. И. Влияние состава стали на коррозионную стойкость насосно-компрессорных труб в условиях углекислотной коррозии / Ю. И. Попкова // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2024. – № 1. – С. 48–62.
6. Попкова, Ю. И. Определение условий применения насосно-компрессорных труб из различных материалов при эксплуатации нефтяных месторождений, находящихся на поздней стадии разработки / Ю. И. Попкова, А. Я. Григорьев // Инженер. практика. – 2023. – № 11/12. – С. 38–47.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Д. Гладышева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. Ю. Ухарцева

Представлены результаты исследования физико-механических и усадочных свойств современных многослойных газоселективных полимерных упаковочных материалов, полученных методами раздува «двойного пузыря» и соэструзии. Полученные данные свиде-

тельствуют о высоких физико-механических характеристиках упаковочных пленок и неблагоприятном воздействии перепадов температур на термоусадочные и эксплуатационные характеристики данных материалов.

Ключевые слова: газоселективные упаковочные материалы, термоусадка, эксплуатационные свойства.

В последние годы упаковочная промышленность предлагает большое количество новых видов упаковок для пищевых продуктов с использованием различных материалов. Современные упаковочные материалы становятся все более функциональными, привлекательными, экологичными, что способствует расширению сферы их применения.

Среди различных материалов, применяемых для упаковывания пищевых продуктов, лидирующие позиции занимают полимерные материалы, доля которых достигает 60 %. Они сохраняют высокое качество пищевых продуктов в течение длительного времени, эффектно представляют товар при продаже, максимально облегчают открывание, приготовление и употребление продукта, имеют минимальную массу и стоимость. В последние годы для упаковывания пищевых продуктов широко внедряются упаковочные материалы нового поколения, использование которых обеспечивает сохранность упаковываемого продукта в течение длительного времени без изменения качества и органолептических показателей.

Широкое применение в упаковочной отрасли находят комбинированные и многослойные материалы. Широта применения данных материалов объясняется практически неограниченными возможностями варьирования их свойств за счет выбора состава композитного материала; установления порядка чередования слоев; обеспечения необходимого уровня адгезионного взаимодействия между слоями; выбора оптимальной технологии и оборудования для получения конкретного материала [1, 2].

Цель исследования состояла в изучении некоторых эксплуатационных свойств современных газоселективных упаковочных пленок, широко применяемых при созревании и производстве сыров. Для сравнительной оценки были исследованы трехслойные упаковочные материалы фирм «Криовак», «Крехалон» и ПО «Каустик». Пленки фирм «Крехалон» и «Криовак» получены по технологии раздува двойного пузыря (double-bubble); материал ПО «Каустик» – методом соэкструзии.

Основой наружного и внутреннего слоев пленок фирмы «Криовак» и ПО «Каустик» является сополимер этилена с винилацетатом с высоким содержанием этилена; основа среднего слоя – поливинилиденхлорид (ПВДХ). Основой наружного слоя пленок фирмы «Крехалон» является линейный полиэтилен высокого давления ПЭВД, средний слой – ПВДХ; внутренний слой – иономерная смола (сурлин) с различным содержанием катионов металла. Пленки различаются толщиной слоев, природой используемых пластификаторов и красителей. Полученные данные основаны на результатах физико-химического анализа пленок: характера пиролиза, поведения в пламени, растворимости.

Физико-механические свойства многослойных упаковочных пленок для твердых сычужных сыров (прочность при растяжении, относительное удлинение и прочность сварного шва пленочных образцов) определяли в соответствии с требованиями действующих нормативных документов при скорости движения зажимов разрывной машины 100 мм/мин [3]. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства газоселективных упаковочных пленок

Наименование материала	Прочность при растяжении, МПа				Относительное удлинение, %				Прочность сварного шва, Н/см
	вдоль		поперек		вдоль		поперек		
	Рекламная информация	Экспериментальные данные	Рекламная информация	Экспериментальные данные	Рекламная информация	Экспериментальные данные	Рекламная информация	Экспериментальные данные	
Криовак									
BK1L	55	50,0	–	54,2	150	180	200	170	14,0
BK4L	55	63,7	–	58,6	150	170	200	210	14,0
ВВ-3	65	48,3	–	42,2	150	170	150	180	13,5
Крехалон									
MLF-3	50–60	50–55	50–60	50–55	150–200	200–250	150–220	200–250	13,8
MLF-5	50–60	50–55	50–60	50–55	150–200	200–250	150–220	200–250	
ПО «Каустик»									
БКР-1	65	45,6	–	52,6		174	150	165	8,1

При исследовании физико-механических характеристик наружных слоев пленок BK1L и BK4L установлено, что прочность при растяжении наружного слоя BK1L составляет 26,9 МПа, а прочность при растяжении наружного слоя BK4L – 33,0 МПа; относительное удлинение – 138 и 145 % соответственно. Прочность при отслаивании наружного слоя от барьерного (ПВДХ) для BK1L составляет 0,1–0,4 Н/см; для BK4L – 0,3–0,8 Н/см. Внутренний слой указанных пленок механически не отделяется от барьерного.

Для образцов пленки БКР-1 характерно более прочное соединение наружного слоя с барьерным. Внутренний слой отделяется от барьерного с небольшим усилием (0,1–0,15 Н/см).

Также для данных образцов была определена усадка в продольном и поперечном направлениях по разработанной ранее методике [4]. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Для исследования влияния температурных режимов на усадку образцов газоселективных упаковочных пленок были проведены их испытания на стойкость к перепаду температур при следующих условиях: выдержка при $T = -6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение трех часов; выдержка при $T = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение одного часа. Количество циклов испытаний составило 30. После завершения испытаний определяли линейные размеры пленочных образцов и их усадку в соответствии с ГОСТ 25951 [5]. Линейные размеры испытанных образцов пленок не изменились по сравнению с исходными. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 2

Термоусадка газоселективных упаковочных пленок

Наименование материала	Усадка, %						T, °C	Время, с
	вдоль			поперек				
	Рекламная инфор- мация	Экспери- ментальные данные	Δ, %	Рекламная инфор- мация	Экспери- ментальные данные	Δ, %		
Криовак								
BK1L	32	28,0 ± 1,7	6,0	45	45,6 ± 1,1	2,4	85	2
BK4L	32	32,5 ± 1,7	5,3	45	46,3 ± 1,4	1,4	85	2
BB-3	34	32,0 + 1,8	5,5	26	19,6 ± 2,1	10,6	80	1
Крехалон								
MLF-3	35–40	39,4 ± 1,1	2,8	43-48	47,6 ± 1,1	2,3	85	2
MLF-5	35–40	40,0 + 0,0	0	43-48	46,0 ± 0,0	0	85	2
ПО «Каустик»								
БКР-1	34	25,2 ± 5,7	22,7	26	17,2 ± 1,4	7,9	80	1

Таблица 3

Термоусадка газоселективных пленок после циклических испытаний

Наименование материала	Усадка, %		T, °C	Время, с	Примечание
	исходного	после испытаний			
Криовак					
BK1L	$28,0 \pm 1,7$	34	85	2	
BK4L	$32,5 \pm 1,7$	34	85	2	
BB-3	$19,6 \pm 2,1$	18,5	80	1	
Крехалон					
MLF-3	$47,6 \pm 1,1$	48,4	85	2	Значительная потеря эластичности
MLF-5	$46,0 \pm 0,0$	44,4	85	2	
ПО «Каустик»					
БКР-1	$25,2 \pm 5,7$	41,2 (внутренний) 16,4 (внешний + барьерный)	80	1	Происходит полное отделение внутреннего слоя

Проведенные испытания свидетельствуют о том, что исследованные газоселективные пленки обладают высокими физико-механическими характеристиками. Исследование усадочных свойств показало, что, несмотря на отсутствие видимых внешних изменений и сохранение линейных размеров у пленочных образцов, перепады температур неблагоприятно сказываются на термоусадочных свойствах многослойных материалов. Это очень важно при создании условий хранения и эксплуатации таких пленок.

Литература

1. Лилишенцева, А. Н. Современные виды упаковки пищевых продуктов / А. Н. Лилишенцева, М. Ю. Бойко // Пищевая пром-сть: наука и технологии. – 2017. – № 4 (38). – С. 82–88.
2. Упаковка пищевых продуктов: материалы, технологии, экология / И. Ю. Ухарцева [и др.] ; под ред. В. А. Гольдаде. – Минск : Беларус. навука, 2023. – 286 с.
3. ГОСТ 14236. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение.
4. Ухарцева, И. Долговечность полимерных материалов. Дифференциальное и интегральное влияние различных факторов / И. Ухарцева, Л. Корецкая // LAP Lambert Academic Publishing. Omni Scriptum GmbH & Co. KG, Deutschland. – Германия, 2014. – 95 р.
5. ГОСТ 25951. Пленка полиэтиленовая термоусадочная. Технические условия.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

И. В. Селюков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. Ю. Ухарцева

Приведен анализ современных тенденций в решении экологических проблем при утилизации бытовых полимеров. Представлена характеристика основных видов утилизации бытовых отходов, их достоинства и недостатки. Охарактеризованы новые виды полимерных материалов, предназначенных для производства изделий бытового назначения, – упаковок для различных видов непродовольственных и продовольственных товаров. Приведена характеристика экологически безопасных биоразлагаемых и съедобных упаковочных материалов.

Ключевые слова: бытовые полимеры, утилизация, экологическая безопасность, биоразложение.

Изделия из полимерных материалов – неотъемлемая часть нашей жизни. Ежедневно в быту мы используем продуктовые контейнеры, упаковки для бытовой химии, детские игрушки и другие изделия, выполненные из полимеров. Объемы бытовых отходов в виде вышедших из употребления изделий из полимеров значительны и постепенно увеличиваются, составляя примерно 40 % бытового мусора. Особенно это касается промышленных и продовольственных товаров, медицинских средств, косметики и других изделий в полимерной упаковке, которые увеличивают объемы образования этих отходов. Использование полимерной упаковки сопряжено с образованием отходов в размере 40–50 кг/год в расчете на одного человека [1].

Такие отходы специфичны, так как не поддаются гниению, саморазрушению, загрязняют населенные пункты, водоемы, лесонасаждения. Ежегодно огромное количество использованных бытовых полимеров не только загрязняет среду обитания человека, но и оказывают негативное влияние на его здоровье.

Целью настоящего исследования является анализ современных тенденций в утилизации изделий из бытовых полимеров и их экологической безопасности.

Утилизация бытовых отходов в основном осуществляется двумя основными способами – захоронением и сжиганием. Оба этих способа являются нерациональными и неэкономичными. При захоронении из полезного использования изымаются участки земли до 50 га для каждой свалки. Кроме того, на свалки попадают отходы, которые могли бы использоваться в качестве вторичного сырья. Сжигание требует предварительной обработки бытовых отходов, при этом часто происходит выделение ядовитых продуктов, которые могут попадать в атмосферу, почву, воду, а через них и в организм человека. Оборудование мусоросжигающих предприятий стоит