

О бедном пакете замолвите слово

П.В. Замотаев, д.х.н., ЧП ХГ Консалтинг



Есть такое королевство — Бутан. Основная статья экспорта — почтовые марки, основной символ, украшающий стены, баннеры, флажки, представленный в виде скульптур — фаллос (приносит счастье и оберегает от злых духов). Не менее важен, чем красная звезда в Северной Корее или серп с молотом в бытность СССР. Разрешив в 1999 г. телевидение, прогрессивный король Джигме Сингье Вангчук решил не оценивать ситуацию в стране по пошлому ВВП, а ввел категорию «валового национального счастья» (ВНС). Оно, в понимании короля, держится на четырех «слонах»: экологии, культуре, экономике и мудром правлении. Первого слона он «свел», разделив на четыре части: запретил ПЭ пакеты и прилюдное курение, установил вдоль дорог щиты с призывом «Люби природу!» и принял закон о том, что леса должны занимать не менее 60 % территории страны. Таким образом, сей «гарант» стал пионером запрета ПЭ пакетов как не приносящих счастья народу «Страны Громового Дракона». Крут был в оценке народного счастья, хотя в личной жизни не столь решителен. Женился сразу на четырех сестрах, так как не мог выбрать, кто из них лучше. Сменивший отца на ответственном посту, его сын Джигме Кхесар Вангчук имеет одну жену. Она дочь пилота (их в Бирме меньше, чем министров), получила начальное образование в Индии и окончила в Лондоне Regent's College по специальности «международные отношения». Интересно, пользуется ли она столь популярными в ТВ-рекламе средствами личной гигиены с крыльшками, каждое из которых упаковано в тонкую ПЭ пленку, или блюдет скрепы?

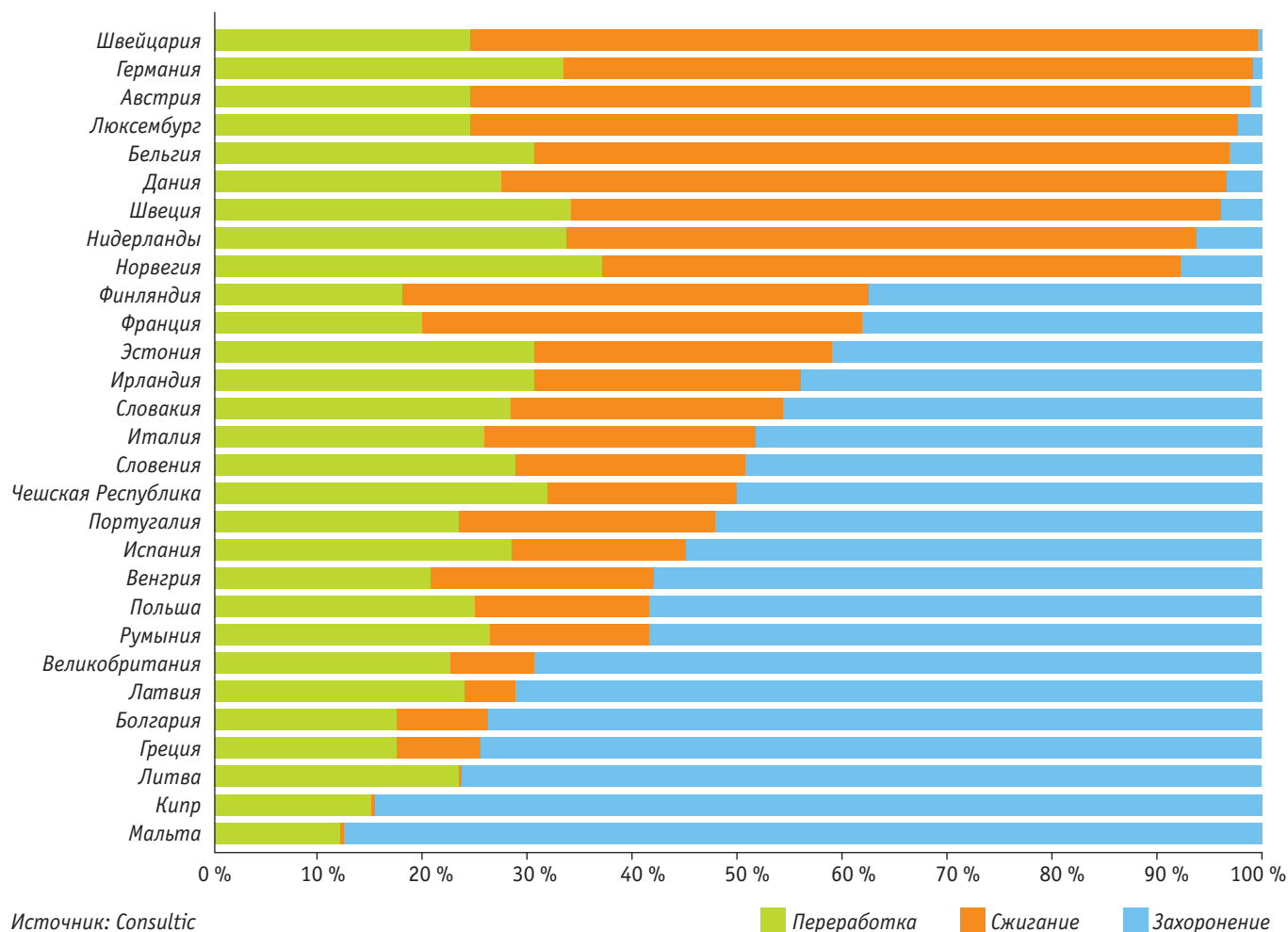
Священное знамя войны с ПЭ пакетами подхватила Бангладеш в 2002 г. Их назначили виновными в засорении канализации, которое привело к человеческим жертвам при наводнениях. Правда, потребление полимеров вместе с резиной на шинах в то время в Бангладеш слегка превышало один килограмм в год на душу населения. Но враг был установлен и наказан. Лоббировавшие данный закон производители джутовой упаковки расцвели, а наводнения стали еще более разрушительными. Но это уже следствие глобального потепления.

Следом запрет подхватили и такие уважаемые страны, как Ботсвана, Гаити, Камерун, Конго, Македония, Мавритания, Руанда, ОАЭ, Сомали (тут ПЭ пакеты обвинили и в распространении малярии), Танзания, Чад, Уганда, Эритрея, а с августа 2017 г. и Кения. В некоторых из этих стран действуют запреты и на другие виды гибкой полимерной упаковки, а на Гаити — и на вспененный полистирол. При этом разрешен целлофан. Интересно, где вожди племен и пираты берут этот дефицитный материал и как они его отличают от ориентированных пленок из ПП или ПЭТФ? Проверяют на растворимость в этилацетате или бутилацетате? Во многих из этих стран значительная часть пищевых продуктов не проходит по цепочке: производитель сырья — переработчик — дистрибутор — ритейлер — холодильник в домохозяйстве, а используется непосредственно с грядки, пальмы или из стойла в жесткой конкуренции с микроорганизмами и дикими зверьями. Посему не до упаковки. А правительства действуют по накатанной схеме: больше запретов и ограничений — больше штрафов и взяток.



На самом деле никто не уменьшает серьезности проблемы загрязнения окружающей среды отходами гибкой полимерной упаковки, включая ПЭ пакеты. Чем тоньше материал, тем сложнее его отсортировать в отходах и использовать при вторичной переработке или отправить на сжигание. Особенно это касается ламинатов, имеющих слои несовместимых полимеров, фольги или бумаги. Однако отказ от полимерной упаковки, замена бумагой, картоном, авоськами вызовет и громадное неудобство на рынках и в ритейле, и порчу значительной части продукции. В цивилизованных странах еще пока не выработан единый подход, но используется ряд методов, практика применения которых поддается анализу:

- введение налогов на бесплатную и платную раздачу пакетов (Германия, Великобритания, Ирландия,



Источник: Consultic

■ Переработка ■ Сжигание ■ Захоронение

Рисунок. Обращение с отходами полимерной упаковки в разных странах, 2012 г.

Дания, Израиль, некоторые штаты Индии и США, Италия, Мальта, Португалия, Румыния, Чехия, Франция, ЮАР, Швейцария);

- запрет бесплатной выдачи пакетов и ограничение их минимальной толщины до 30–50 мкм (Австралия, Аргентина, Германия, Занзибар, часть территорий Индии и США, Китай, Мехико в Мексике, Тайвань, Гонконг и ряд других);
- замена альтернативными материалами – бумажными пакетами (многие страны), тканевыми сумками (Египет), специальными многоразовыми сумками Око-Fut (Люксембург), джутовыми мешками (Бангладеш, Непал, Индонезия);
- использование упаковки из биоразлагаемых материалов (Австралия, Италия, Франция, Сингапур, Мальта и поэтапно ряд других стран);

- использование упаковки из оксобиоразлагаемых материалов (Великобритания – частично, но программа сворачивается, Бразилия частично, Пакистан законодательно с 2013 г.);
- поощрительные меры за использование личной, домашней упаковки (некоторые торговые сети Испании, Португалии, Новой Зеландии).

Следует отметить, что в большинстве стран при введении запретов и налогов они или имеют исключения (Израиль не облагает налогами пакеты для упаковывания рыбы, мяса, свежих продуктов), или нарушаются. Например, в Пакистане запрет ПЭ пакетов пытались вводить одновременно с Бангладеш, но его не соблюдали. Как исполняется решение правительства по внедрению оксобиоразлагаемых материалов, никто не знает, поскольку

не установлен механизм повсеместного контроля наличия оксобиоразлагающих добавок в полимере. В Чили, Бразилии и Аргентине запреты вводили и отменяли. В тех европейских странах, где сбор, сортировка и вторичная переработка полимерных отходов хорошо налажены (рисунок) [1, 2], производителям и переработчикам удается противостоять «зеленым популистам», которые создают с помощью СМИ у простых обывателей образ «врага» – ПЭ пакета. Картина брошенных на улице пакетов очень растиражирована, а провести и обнародовать эксперимент перехода на бумагу, картон и тканевые мешочки для закупок неупакованных грязных, влажных, сыпучих, обладающих запахом продуктов никто не спешит. В то же время отмахнуться от проблемы отходов гибкой полимерной упаковки нельзя.

Основные биоразлагаемые полимерные материалы, использующиеся в упаковочной индустрии

Наименование	Химическая характеристика	Производитель	Цена, евро/кг
Bellfree*	ПЛА пленки	Kanebo Synthetic Company (Япония)	
Lactron	ПЛА волокна	Kanebo Synthetic Company (Япония)	
Biophan*	ПЛА пленки двуосноориентированные	Trespaphan (Германия)	
Ingeo™	ПЛА гранулы	NatureWorks (США)	2,5–3,0
Revode	ПЛА гранулы	Zhejiang Hisun Group (Китай)	2,0–3,0
Ecoloju	ПЛА пленки двуосноориентированные	Mitsubishi Chemical (Япония)	5,5–6,5
EcoPla*	ПЛ (гранулы, пленочные материалы)	Careplast	
Lacea*	ПЛА пленки	Mitsui Chemical	
Mirel™	Полигидроксисалкоанат	Metabolix (США)	7,0–20,0
GreenBio	Полигидроксисалкоанат	Greenbio Material Co (Китай)	5,0–10,0
Palgreen*	ПЛА (пленочные материалы)	Tohcello	
Terramac	ПЛА (пленочные материалы, нить)	Unitica	
Biomax	Полиэфир (модификация ПЭТФ)	DuPont	8,86–14,2
BioMer	Полигидроксibuтираты	Biomer	
Bionolle	Полибутиленсукцинаты (гранулы)	Showa Highpolymer	
Biopar	Полигидроксibuтираты/валераты	Biopolymer Technologies	
Bioplast	Композиты на основе крахмала, целлюлозы и синтетического связующего	Biotec	10,0–12,1
Biopol*	Полигидроксibuтираты, полигидроксibuтираты/валераты	Morsanto (до 1999 г.), Metabolix	
Celgreen*	Поликапролактан и его модификации	Daicel Chemical	
Meatlonn™	Эфиры целлюлозы (колбасная оболочка)	Futamura	
NatureFlex™	Эфиры целлюлозы (упаковка)	Futamura (выкуплен у Innovia Films)	
Cellophane™	Гидрат целлюлозы (упаковка)	Futamura (выкуплен у Innovia Films)	3,2–6,0
CelGreen, Cellulflow, Grafix, Rotuba H, Tenite и др.	Пропионат целлюлозы (пленочные, этикетировочные материалы)	Innovia Films	3,5–4,7
Eastar Bio	Сополиэфир (пленочные, нетканые материалы и др.)	Eastman	
Eco-Excell, Eco-Foam, Eco-Maize, Eco-Plus, Eco-Shape	Термопласты на основе крахмала разного назначения	National Starch & Chemical	4,5–7,0
Ecoflex F	Полиэфир бутан-1,4-диола, терефталевой и адипиновой кислот (гранулы, пленочные материалы)	BASF	
Ecovio	45% PLA + 55% Ecoflex	BASF	
Ecovio L - Foam	75% PLA + 25% Ecoflex	BASF	
Bio-Flex	PLA + алифатический полиэфир	FKuR (Германия)	
Ecoplast	Композиты на основе древесной пыли, крахмала и связующего	Novamont, Green Granulaat	5,0–6,0
EverCorn Resin	Пластик на базе модифицированного крахмала	Japan Corn Starch	5,0–6,0
Greenfill	Композит на базе крахмала и поливинилацетата	Green Light Products	5,0–6,0
GsPla	Полибутиленсукцинаты	Mitsubishi Chemical	
Hi-Celon	Водорастворимая пленка на основе омыленного поливинилацетата	Nippon Synthetic Chemical Industry	
Luncare*	Полиалкиленсукцинаты и их сополимеры	Nihon Shokubai	
Mater-Bi	Композиты крахмала (40–85 %), целлюлозы с поликапролактаном и поливинилацетатом (упаковочные и нетканые материалы, пена)	Novamont	5,0–6,5
Nodax*	Полигидроксисалкоанаты (нетканые, пленочные материалы, волокно, гранулы для формования)	Procter & Gamble	
No van*	Композит (43 % крахмала, 50 % синтетического материала, 7 % др.)	Novan Intl.	
Plantic	Полигидроксисалкоанаты	Plantic Technologies (Австрия)	3,0–4,5
Solanyl	Биополимер из отходов производства крахмала для литьевого формования	Rodenburg Biopolymers (Германия)	3,0–4,0
Biopar	Модифицированный картофельный крахмал и композиты на его основе	Biop AG (Германия)	2,0–4,0
Supol*	Модифицированный картофельный крахмал	OHMI Group (Германия)	
BIOFRONT	ПЛА волокно, спанбонд	Teijin Fibers (Япония)	
Mirel*	ПГБ (полигидроксibuтират)/сополимер гидроксibuтирата с гидроксивалериатом	Metabolix (США)	
ENMAT	ПГБ (полигидроксibuтират)/сополимер гидроксibuтирата с гидроксивалериатом	TianAn Biopolymer	
Biomer	ПГБ (полигидроксibuтират)/сополимер гидроксibuтирата с гидроксивалериатом	Biomer (Германия)	6,0–9,0
Nodax	ПГБ (полигидроксibuтират)/сополимер гидроксibuтирата с гидроксивалериатом	Meridian (США)	7,0–10,0
Sogreen	ПГБ (полигидроксibuтират)	Tianjin Greenbio (Китай)	
Enpol	ПБС (полибутиленсукцинат)/сополимер бутиленсукцината с лактоновой кислотой	Ire (Южная Корея)	
SkyGreen BDP	ПБС (полибутиленсукцинат)/сополимер бутиленсукцината с лактоновой кислотой	SK Polymers (Южная Корея)	
Tone*	Поликапролактон	Union Carbide (США)	
CAPA	Поликапролактон	Perstorp (ex Solvay) (ЕС)	
Placeel*	Поликапролактон	Daicel Chemical	
Capromer	Поликапролактон	BASF	

* снято с производства

В предыдущей статье [3] было рассмотрено развитие рынка биоразлагаемых полимеров для применения в упаковочной индустрии. Этот тернистый путь иллюстрирует таблица. Как видно, продвижение данных продуктов на рынок идет достаточно сложно, некоторые направления оказались нерентабельными и были закрыты.

Проблема в том, что внедрение этих материалов требует комплексного подхода. Например, какой смысл в упаковке, разлагаемой в условиях компостирования, если нет отдельного сбора отходов и их дальнейшего компостирования? Они, конечно, могут постепенно разложиться и на свалках, но могут и попасть в массу полимеров, идущих на вторичную переработку. Как обладатель загородного жилья, я бы с удовольствием покупал мусорные мешки для пищевых отходов и скошенной травы, которые не нужно опорожнять в компостную яму. Пусть даже они стоят несколько дороже (хотя доля сырья в пакетах для мусора на полках магазинов не превышает 25–30 % от их цены).

Оксобиоразлагаемые добавки – это отдельная история. ПЭ пленки с программированным сроком фотохимической деструкции для мульчирования почвы начали производиться еще в 70-е годы прошлого века [4]. Активными добавками служили соли металлов с переменной валентностью – железа, никеля, кобальта, марганца, хрома. Эти добавки способны инициировать деструкцию полимера и образование гидропероксидных групп уже в процессе экструзии. В дальнейшем они под действием света вызывают распад гидропероксидов, инициируя цепной процесс разрушения полимера. Через 20 лет подобный подход решили испробовать в производстве добавок для оксобиоразложения упаковочных пленок. Пионером была канадская фирма EPI Environmental Products Inc. (www.epi-global.com) с добавкой под торговой маркой TDPA. Затем аналогичные по действию добавки стали производить и в других странах: Nor-X Industry AS (Норвегия) (www.nor-x.no) – добавка Renatura; P-Life Japan Inc. (www.012.upp.so-net.ne.jp/p-lifefasia/html/gijyutuen.htm) – добавка P-Life; Symphony Environmental Ltd (Великобритания) (www.degradable.net) – добавка d2w; Wells Plastics Ltd. (Великобритания) (www.wellsplastics.com) – марка Reverte; Willow Ridge Plastics Inc. (Бразилия) (www.willowridgeplastics.com) – марка PDQ, PDQ-H; TOSAF (Израиль) – добавка OX5854, а также ряд других производителей по образу и подобию.



Все эти производители признают, что оксобиоразложение является двухстадийным процессом, в котором сначала полимер под воздействием фотоокислительных процессов на открытом воздухе распадается на мелкие фрагменты, а затем эти мелкие фрагменты биоразлагаются, то есть превращаются в углекислый газ, воду и биомассу. На самом деле этот процесс даже трехстадийный, так как следует учитывать начальную стадию термомеханодеструкции в процессе экструзии. Наличие таковой подтверждается данными ряда работ, например, [5], в которой показано падение прочности на разрыв и увеличение содержания кислородсодержащих групп в ПЭ с добавками солей металлов с переменной валентностью по сравнению с контрольным образцом сразу после экструзии. Таким образом, мы имеем три стадии. Первая – экструзия пленки, которая может сопровождаться деструкцией полимера и зависеть от ряда факторов, например, содержания вторичного ПЭ. Вторая – фотодеструкция, степень которой будет зависеть от степени освещения, наличия на пленке печатного рисунка и т. д. (например, установлено, что, попадая в мор-

скую воду, эти пленки не деструктируют) [6, 7]. Очевидно, что третий этап – дальнейшее разрушение в почве – будет зависеть от глубины протекания процессов на начальных стадиях и оказывается практически неконтролируемым. Систематические лабораторные исследования пяти различных добавок показали, что они дают невоспроизводимые результаты [8].

Далее следует вернуться к составам добавок. Они не разглашаются производителями, а те из конкурентов, кто пытается их копировать, не публикуют результаты экспериментов. Однако есть великая страна, неудержимый прогресс которой не ограничивается научной этикой. Капиталистам не удалось скрыть свои секреты от сыровых воронежских ученых [9]. Вот результаты, которые они получили: «Исследование состава импортных добавок d2w (Англия) и TOSAF (Израиль), применяемых в производстве биоразлагаемых полимеров, проводили на рентгенофлуоресцентном спектрометре S8 Tiger. Они отличались как по составу, так и полимерной основой. Установлено наличие широкого набора солей металлов, в том числе переменной валентности, также ограниченное количество неметаллических включений. Добавка d2w содержит следующие активные элементы, % (мас.): марганца 0,16; стронция 0,014; железа 0,01; кальция 17,15; магния 0,13. Значительное содержание в катализаторе d2w кальция (17,15%), вероятно, в виде оксида, обеспечивает значительную развитую поверхность добавки. Добавки Tosaf партии № 1 в целом содержит следующие активные элементы, % (мас.): кобальта 1,18; цинка 0,6 и железа 0,024, при этом незначительное количество железа, калия, кальция, хлора, фосфора, кремния, цинка и меди. Несколько иной элементный состав в партии № 2 по содержанию кобальта 1,07 % (мас.) и железа 0,033 % (мас.) Многообразие спектра элементов дает возможность утверждать, что для получения соответствующих прооксидантов использовали вторичные сырьевые ресурсы, возможно, из шламов электролизных и травильных производств». Если это правда, то безопасность контакта данных упаковочных материалов с пищевыми продуктами возможно поставить под сомнение.

Таким образом, уже имеется достаточно данных, чтобы поставить под сомнение целесообразность использования оксобиоразлагаемых добавок по следующим соображениям [6, 7]:

- распавшийся на мелкие части полимерный пакет способен на дальнейшую деструкцию далеко не во всех средах и может агломерировать в плотный осадок, в частности на дне водоемов;
- полимеры, содержащие эти добавки, не подходят для вторичной переработки;
- период их распада не поддается объективному прогнозированию;
- в отсутствие экспозиции на солнце они не будут разрушаться;
- потребители не понимают, что пакеты из полимеров с такими добавками не относятся к 100 % биоразлагаемым и не сортируют их соответствующим образом;
- деструкция таких полимеров приводит к большим выбросам углекислого газа (в анаэробных условиях свалок);
- возможно токсичное загрязнение почвы, попадание токсичных продуктов деструкции или отдельных компонентов добавки в пищевые продукты.

Исходя из этих соображений, рассматривается вопрос об ограничении применения оксобиоразлагаемых добавок на территории ЕС [6, 7]. К примеру, инициатива New Plastics Economy, возглавляемая Фондом Эллен МакАртур, предлагает запретить применение оксобиоразлагаемой упаковки на рынке, объясняя это тем, что такая упаковка только увеличивает уровень загрязнения микрополимером и представляет риск для окружающей среды. Они также ссылаются на то, что оксобиоразлагаемые полимеры не соответствуют требованиям международных стандартов для полимерной упаковки и переработки полимеров путем компостирования, таких как ISO 18606, EN 13432, ASTM D6400, AS 4736 или GreenPla, поскольку процесс их биодegradации слишком долгий и полимерные фрагменты могут оставаться в компосте.

В ноябре 2014 г. члены Европейского парламента предложили прямой запрет на оксобиоразлагаемые полимеры в ЕС. Хотя эта мера не была принята, поправка к Директиве об



упаковке и отходах упаковки, принятая в мае 2015 г., обязала Комиссию изучить влияние использования оксобиоразлагаемых полимеров на окружающую среду. Был подготовлен доклад от 27 мая 2017 г. Европейскому парламенту и Совету, в котором рассматривается вопрос о негативном влиянии использования оксобиоразлагаемых полимерных пакетов на окружающую среду [7]. Его выводы рекомендуют частичный или полный запрет таких материалов. Таким образом, панацеи от загрязнения окружающей среды отходами гибкой полимерной упаковки, в частности, ПЭ пакетами, пока не существует. Однако имеется достаточный положительный опыт снижения негативного эффекта. Это – сортировка отходов пакетов и другой упаковки из ПЭ и их вторичная переработка, повышение минимальной толщины пакетов и их повторное использование, внедрение биоразлагаемых материалов в тех нишах, где они могут реализовать свои преимущества и оправдать более высокую стоимость.

Литература

1. The European Plastics Industry Circular Economy Voluntary Commitments, Brussels 16th January 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.circulareconomy.europa.eu/platform. Дата обращения: 12.03.2018.
2. Plastics – the Facts 2015/2016. An analysis of European plastics production, demand and waste data [Электронный ресурс]. 2016. Режим доступа: www.plasticseurope.org. Дата обращения: 12.03.2018.

3. *Замотаев П.В.* Полимеры с приставкой био- // Упаковка. 2018. № 1. С. 25–29.

4. *Gardette J.-L., Rivaton A., Therias S.* Photodegradation Processes in Polymeric Materials // Handbook of photochemistry and photophysics of polymer materials edited by Norman S. Allen. Published by John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 2000. P. 569–603.

5. *Machlarz R., Heneczowski M.* Modification of low density polyethylene for manufacturing of oxo-biodegradable films // Polymery. 2014. V. 59. N 9. P. 754–759.

6. *Richard C. Thompson et al.* Oxo-degradable plastic packaging is not a solution to plastic pollution, and does not fit in a circular economy // New Plastics Economy Initiative Foundation [Электронный ресурс]. 2018. Режим доступа: <https://newplasticseconomy.org/>. Дата обращения: 12.03.2018.

7. The Impact of the Use of “Oxo-degradable” Plastic on the Environment for the European Commission DG Environment. Project conducted under Framework Contract No ENV.A.2/FRA/2015/0008 // Final Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. 149 p.

8. *Selke S.* Evaluation of Biodegradation-Promotion Additives for Plastics // Environmental Sci. & Technology. 2016. V. 49. N 6. P. 3769–3777.

9. *Корчагин В.И., Протасов А.В., Мельнова М.С., Жан С.Л., Черкасова Т.Ю.* Морфология импортных добавок, используемых при получении оксобиоразлагаемых полиолефинов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. № 79(1). С. 227–231.