

УДК 678.074.678.762.2

Р. М. Долинская, Н. Р. Прокопчук
Белорусский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ТЕРМОПЛАСТОВ (ОБЗОР)

Одной из главных целей использования наполнителей является снижение стоимости полимерных материалов. Именно эта цель определяет в решающей степени тот большой интерес к наполнителям и наполненным системам, который проявляется в последнее время.

Наполненные полимеры представляют собой коллоидные дисперсные системы. Свойства этих систем определяются природой наполнителя, полимерной матрицы, а также процессами взаимодействия на границе раздела полимер – наполнитель.

Целью данной работы является анализ свойств отходов резиновой промышленности и изучение возможности их применения в качестве наполнителей композитов.

Содержание дисперсной фазы в смеси полимеров может составлять от 5 до 40 мас. %. При изменении соотношения компонентов в смеси происходит обращение фаз, т. е. переход дисперсной фазы в непрерывную. Обращение фаз может наблюдаться как при равных соотношениях компонентов, так и при преобладании одного из них. При этом полимер, содержание которого в смеси меньше, также способен образовывать непрерывную фазу. Возможность обращения фаз зависит от условий смешения, в первую очередь его интенсивности, температуры. Обращение фаз имеет большое значение для формирования свойств смесей полимеров.

Необычное сочетание свойств таких композиций обусловлено наличием специфической двухфазной структуры (микродисперсные частицы сшитого каучука диспергированы в термопласте), в которой взаимодействие между фазами осуществляется за счет физических связей с образованием развитого граничного слоя переменного состава.

Размеры и строение граничного слоя определяют технологические и физико-механические свойства композиций и воспроизводимость их свойств при повторной переработке.

Ключевые слова: наполнитель, резиновая крошка, термопласт, граничный слой.

Для цитирования: Долинская Р. М., Прокопчук Н. Р. Использование резиновой крошки в качестве наполнителя термопластов (обзор) // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2022. № 1 (253). С. 37–47.

R. M. Dolinskaya, N. R. Prokopchuk
Belarusian State Technological University

USE OF RUBBER CRAWAS AS A FILLER FOR THERMOPLASTES (OVERVIEW)

One of the main goals of using fillers is to reduce the cost of polymeric materials. It is this goal that decisively determines the great interest in fillers and filled systems that has been shown in recent years.

Filled polymers are colloidal dispersed systems. The properties of these systems are determined by the nature of the filler, the polymer matrix, and also by the processes of interaction at the polymer-filler interface.

The purpose of this work is to analyze the properties of rubber industry waste and study the possibility of their use as fillers for rubber products.

The content of the dispersed phase in the polymer mixture can be from 5 to 40 wt %. When the ratio of the components in the mixture changes, the phases are reversed, i.e. the transition of the dispersed phase into a continuous one. Phase reversal can be observed both with equal ratios of the components, and with the predominance of one of them. In this case, the polymer, the content of which in the mixture is less, is also capable of forming a continuous phase. The possibility of phase reversal depends on the mixing conditions, primarily its intensity and temperature. Appeal phases is of great importance for the formation of the properties of polymer mixtures.

An unusual combination of the properties of such compositions is due to the presence of a specific two-phase structure (microgel particles of crosslinked rubber are dispersed in a thermoplastic), in which the interaction between phases occurs due to physical bonds with the formation of a developed boundary layer of variable composition.

The dimensions and structure of the boundary layer determine the technological and physical-mechanical properties of the compositions and the reproducibility of their properties during re-processing.

Key words: filler, crumb rubber, thermoplastic, boundary layer.

For citation: Dolinskaya R. M., Prokopchuk N. R. Use of rubber crabs as a filler for thermoplastes (overview). *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology, 2022*, no. 1 (253), pp. 37–47 (In Russian).

Введение. Рост потребности в природном сырье, становящемся все более дефицитным и дорогостоящим, требует изыскания путей его экономии. Одним из таких путей является переработка и использование вторичного сырья [1, 2]. Вопросу экономии материалов и использованию вторичных ресурсов в настоящее время уделяют большое внимание. Поэтому важной задачей промышленности является максимально полное использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов как источника получения сырья и энергии, а также вместо первичного сырья для изготовления изделий технологического назначения, изделий ширпотреба, хозяйственного обихода [3–5].

В связи с этим исследования по созданию новых материалов и изделий на основе отходов производств и утильных полимерных изделий являются важными и актуальными. Представляет интерес изучение возможности полного исключения из состава композитов первичного сырья, создание на основе переработанных отходов композиций для изготовления изделий общего назначения и использование этих отходов как наполнителей полимерных композиций.

Одной из главных целей применения наполнителей является снижение стоимости полимерных материалов. Именно эта цель определяет в решающей степени тот большой интерес к наполнителям и наполненным системам, который проявляется в последнее время. Большое значение имеет также способность наполнителей придавать новые свойства полимерным материалам по сравнению с ненаполненными [6].

В результате наполнения полимеров получают материалы, основные физические и механические свойства которых существенно отличаются от свойств матрицы. Прежде всего, наполнитель вводится с целью упрочнения матрицы, механизм которой зависит от типа наполнителя (дисперсный, волокнистый, тканый), ее собственных свойств и химической природы поверхности. Под воздействием наполнителя происходят также изменения термических, электрических, теплофизических, фракционных и других свойств материала.

Важнейшим фактором, определяющим свойства наполненных и армированных полимеров, является адгезия наполнителя к полимерной матрице. Достаточно сильное взаимодействие на межфазной границе полимер – твердый наполнитель выступает основным условием усиления полимеров при введении в них наполнителя.

Адсорбционные явления на межфазных границах приводят к тому, что на них образуется адсорбционный слой, который по своим физико-химическим характеристикам отличается от полимера в объеме. Образование межфазных адсорбционных слоев считается фактором, определяющим адгезию полимера к поверхности частиц наполнителя [7].

Наполненные полимеры представляют собой коллоидные дисперсные системы. Свойства этих систем определяются природой наполнителя, полимерной матрицы, а также процессами взаимодействия на границе раздела полимер – наполнитель [8]. Вне зависимости от формы и размера частиц, введение наполнителя в матрицу приводит к возникновению в системе фазовой гетерогенности. С увеличением степени наполнения равномерность распределения частиц возрастает, но структурная неоднородность может сохраняться до высоких степеней наполнения.

Вместе с тем с увеличением содержания наполнителя возрастает вероятность контакта частиц наполнителя друг с другом, а в предельном случае – агломерация частиц наполнителя, что, естественно, сопровождается резким падением прочностных характеристик системы.

Таким образом, одной из первых задач при наполнении дисперсными частицами полимеров является достижение их максимально равномерного распределения в матрице.

Основная часть. Целью данной работы является анализ свойств отходов резиновой промышленности и изучение возможности их применения в качестве наполнителей полимерных композитов.

Содержание дисперсной фазы в смеси полимеров может составлять от 5 до 40 мас. %. При изменении соотношения компонентов в смеси происходит обращение фаз, т. е. переход дисперсной фазы в непрерывную. Обращение фаз может наблюдаться как при равных соотношениях компонентов, так и при преобладании одного из них. При этом полимер, содержание которого в смеси меньше, также способен образовывать непрерывную фазу. Возможность обращения фаз зависит от условий смешения, в первую очередь его интенсивности, температуры. Обращение фаз имеет большое значение для формирования свойств смесей полимеров.

Свойства термопластичных композиционных материалов определяются свойствами

полимерной матрицы и наполнителя, их концентрацией в композиции, характером распределения наполнителя в матрице, природой взаимодействия на границе полимер – наполнитель. При этом наполнитель, улучшая определенные свойства композиции, может одновременно ухудшать другие ее свойства. Поэтому в каждом конкретном случае во время выбора типа, концентрации и способа поверхностной модификации наполнителя, необходимо тщательно сбалансировать эффекты, обусловленные присутствием в составе композита наполнителя и других компонентов [9].

Деформационное поведение дисперсно-наполненных композитов определяется свойствами матричного полимера, концентрацией и размером частиц наполнителя. Размер частиц обуславливает форму пор, образующихся при отслоении частиц от матрицы. Вблизи мелких частиц формируются овальные поры, а вблизи крупных – микротрещины, ромбовидные поры, поперечный рост которых приводит к быстрому разрушению материала при небольших деформациях. Для предотвращения образования опасных дефектов при получении композитов желательно использовать частицы небольшого размера [10].

В литературе имеется сравнительно мало публикаций, посвященных исследованию структуры и свойств высоконаполненных композиций на основе полиэтилена. Это связано с тем обстоятельством, что уровень механических свойств таких систем, как правило, невелик и они не имеют широкого практического применения.

Очень важным моментом является использование резиновой крошки в качестве наполнителя термопластов. В работе [11] было показано, что резиновая крошка на основе СКЭПТ характеризуются хорошей адгезией к полиэтилену и способна деформироваться вместе с матричным полимером. Частицы на основе СКИ, наоборот, имеют низкую адгезию к полиэтилену и отслаиваются от него в ходе растяжения [12].

Механические свойства дисперсных систем, каковыми являются смеси термопластов с резиновой крошкой, определяются следующими основными факторами:

- объемной долей дисперсной фазы;
- размером и формой частиц дисперсной фазы;
- прочностью связи на межфазной границе раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды;
- механическими свойствами фаз [13,14].

Резиновая крошка при определенном содержании в композиции также может образовывать непрерывную фазу с термопластом за счет различных физических эффектов.

Нами проведены исследования, которые показали, что при определенном соотношении термопластов и резиновой крошки можно достигнуть эксплуатационной совместимости системы, и композиции будут обладать высоким комплексом физико-механических свойств (табл. 1, 2).

Таблица 1

Расчетные значения свободной энергии смешения ($\Delta G_{см}$) композиций резиновая крошка на основе каучука СКЭПТ-60 – полиэтилен (ПЭ) марки «Вилотерм»

Содержание ПЭ в композиции, мас. %	– $\Delta G_{см}$, кДж/моль		
	Температура смешения, °С		
	100	150	200
0	0,79	0,88	1,25
5	1,86	2,19	3,03
10	2,89	3,54	3,96
20	3,90	4,69	6,56
30	4,08	5,43	7,24
40	3,74	5,04	6,13
50	3,36	4,49	4,33
60	1,58	3,25	3,45
70	1,55	2,63	2,82
80	0,49	1,16	1,32
90	0,35	1,08	1,68
100	0,14	0,25	0,40

Таблица 2

Расчетные значения свободной энергии смешения ($\Delta G_{см}$) композиций резиновая крошка на основе каучука СКИ-3 – полиэтилен (ПЭ) марки «Вилотерм»

Содержание ПЭ в композиции, мас. %	– $\Delta G_{см}$, кДж/моль		
	Температура смешения, °С		
	100	150	200
0	0,79	0,88	1,25
5	4,94	5,28	6,07
10	7,16	8,08	9,39
20	8,04	10,74	12,03
30	8,09	11,12	11,92
40	7,43	9,48	10,88
50	5,89	8,36	8,84
60	4,53	6,41	6,97
70	2,89	4,73	5,07
80	1,28	1,83	2,11
90	0,62	0,80	0,86
100	0,14	0,25	0,40

Согласно работе [15], в полиолефины можно ввести до 95 мас. % резиновой крошки, при этом полимер может сохранять непрерывную полимерную фазу матрицы. Можно предположить,

что при образовании двух непрерывных фаз (полиолефина и резиновой крошки) возможно образование сетчатой структуры.

При теоретическом анализе влияния жестких частиц на деформацию в случае наполненного каучука Нильсен предложил модель композита, в которой частицы кубической формы уложены в узлах регулярной кубической решетки [16]. Он рассмотрел два крайних случая: наполнитель отслаивается или не отслаивается от полимерной матрицы.

На основе модельных представлений и теоретических расчетов был сделан вывод, что деформация при разрыве композитов будет монотонно уменьшаться при увеличении объемной доли наполнителя, причем снижение деформационных характеристик должно проявляться в большей мере при сохранении целостности границы частица – матрица. Удовлетворительное соответствие между расчетными и экспериментальными данными наблюдалось для композиционных материалов на основе хрупких матриц или резин с жесткими частицами [16, 17]. А в композитах на основе пластичных полимеров, деформирующихся с образованием шейки, согласованность расчетных и экспериментальных данных была лишь при небольших степенях наполнения [18]. Несоответствие теоретического расчета с экспериментальными результатами обусловлено переходом этих композитов к хрупкому разрушению – «охрупчиванию». Переход от пластичного деформирования к хрупкому разрыву уже происходит при концентрации наполнителя не более 15 мас. % и проявляется в резком, примерно на два порядка, уменьшении удлинения при разрыве материала.

Охрупчивание композитов – негативный фактор, сужающий область их применения. Причина охрупчивания композитов на основе пластичных полимеров заключается в локализации пластического течения в области формирующейся шейки [18–22]. При определенной степени наполнения композит начинает разрушаться в момент ее образования. Относительное удлинение материала при таком разрыве крайне невелико.

В процессе формирования шейки деформация материала является крайне неоднородной. В области формирующейся шейки она может достигать сотен процентов, а в остальной части образца составлять лишь несколько процентов. При достижении разрывного удлинения в образующейся шейке композит разрушается. Поскольку большая часть образца остается пластически недеформированной, макроскопическое поведение материала является хрупким. Чтобы подчеркнуть пластическое поведение в области разрыва, такое разрушение называют квазихрупким [23].

Потеря деформационных свойств полимерных композитов может быть вызвана и крупными частицами наполнителя, вблизи которых появляются так называемые ромбовидные поры, являющиеся, по сути, растущими микротрещинами [24]. Ромбовидная пора формируется из овальной, если удлинение последней достигает критического раскрытия трещины в ненаполненном полимере. Створки ромбовидной поры имеют форму клина. По мере растяжения она растет в трех направлениях: параллельно, перпендикулярно оси растяжения образца и по его толщине, приводя к преждевременному разрушению композита.

Особенно опасны ромбовидные поры, возникающие в области шейки наполненного полимера [24, 25]. В этом случае он разрушается при ее формировании. Величина критического размера частиц D_c , инициирующих появление ромбовидных пор в шейке, определяется степенью вытяжки полимера в шейке λ и критическим раскрытием трещины δ_c :

$$D_c = \delta_c / (\lambda - 1).$$

Введение в полимер наполнителя с размером частиц больше D_c неизбежно приведет к образованию ромбовидных пор в шейке материала. Если размер частиц меньше критического, образуются только овальные поры [24, 25].

Способность частиц растягиваться вместе с матричным полимером может оказать влияние не только на условие появления опасных дефектов, но и на характер деформационного поведения и разрушения композиционного материала в целом [26].

Критический размер частиц, при котором в материале на основе полиэтилена в области шейки могут появляться ромбовидные поры, равен 0,5 мм [24].

Наибольший интерес вызывают тонкоизмельченные (независимо от способа получения) резиновые порошки. Благодаря более высокой степени дисперсности они могут использоваться в тех же резинах, что и крошка, но со значительно большей эффективностью и в больших дозировках. Изделия, содержащие тонкоизмельченные резиновые порошки, по качеству и внешнему виду превосходят изделия с крошкой.

Подобно резиновой крошке тонкоизмельченный резиновый порошок находит применение как в ответственных, так и в неответственных изделиях [27].

Известен [28] способ изготовления кровли, который включает в себя вальцевание порошка при температуре более 170°C и зазоре, близком к нулю, до состояния чешуек, смешение их с поливинилхлоридом и последующее формование в листы. На 100 мас. ч. поливинилхлорида вводят

10–80 мас. ч. утильной резины. В эту смесь могут быть также добавлены обычные наполнители, пластификаторы, окрашивающие агенты.

Различные композиции [9, 29–36] для покрытий составляют из порошков с размерами частиц 0,3 мм, короткого волокна и смолы смешением с натуральным или синтетическим латексом или резорциноформальдегидной смолой. Изготавливают смесь измельченной резины и дорожного битума, которую специальной обработкой превращают в устойчивую тиксотропную эмульсию, способную к течению при перемешивании. В качестве связующего для приготовления композиции применяют также жидкий полибутадиев, уретановый форполимер [37]. Процесс изготовления композиции для литья изделий под давлением включает измельчение утильных шин до частиц размером 0,5 мм, добавление десульфорирующего агента к полученной порошкообразной массе, добавление к полученной аморфной массе на 10 мас. ч. 0,2–2,0 мас. ч. серы, перемешивание, введение 30,0–100,0 мас. ч. термопластичной смолы и последующую высокотемпературную обработку смеси. Изделия имеют превосходный внешний вид [3, 38–40].

Для изготовления формовых изделий используют [41–45] резиновую смесь с высокими прочностными показателями, которая включает 5–95% каучука, 94–5% тонкоизмельченного резинового порошка, полученного измельчением утильных шин, а также другие добавки и обычно применяемые ингредиенты.

Мелкодисперсную резину с размером частиц 0,3–0,8 мм можно использовать при изготовлении антиадгезива с целью снижения слипаемости крошки в процессе хранения и повышения ее сыпучести [41].

Переработка вторичных материальных ресурсов, в частности вышедших из эксплуатации шин и других резиновых изделий, имеет большие технико-экономические и экологические значения.

Нами [46–51] исследовалась возможность полностью исключить из состава эластомерных композиций каучук для создания на основе резиновой крошки полимерных композиций. В результате была разработана рецептура эластомерного материала и технология изготовления плит напольных.

В работе [26] рассмотрены особенности разрушения композитов полиэтилен – резиновая крошка, полученная на основе каучуков СКЭПТ и СКИ.

Уменьшение поверхностного натяжения матричного полимера и увеличение адгезии как к резиновой крошке, так и к другим компонентам композиции позволяет существенно, не меняя строения фаз, получать материалы, которые

обладают хорошими деформационно-прочностными свойствами [52].

При введении небольших количеств (до 8%) резиновой крошки на основе СКЭПТ в полиэтилен характер растяжения композита не изменяется. Композит, как и исходный полимер, деформируется с образованием шейки и разрушается на стадии ориентационного упрочнения. Наполнение полимера резиновой крошкой на основе СКИ приводит к другому результату. Композиция, содержащая 2% этого наполнителя, разрушается на начальной стадии распространения шейки вдоль образца, т. е. введение в полиэтилен частиц резины с низкой адгезией к матричному полимеру инициирует пластично-хрупкий переход.

Заключение. Таким образом, поведение композитов с небольшой концентрацией наполнителя, частицы которого имеют схожие размеры, но разный уровень адгезионного взаимодействия с матричным полимером, принципиально различно [26]. Если резиновая крошка имеет высокую адгезию к полимеру, то композит сохраняет пластичность, если нет, то разрушается квазихрупко.

Частицы как с хорошей адгезией к матрице (СКЭПТ), так и с плохой (СКИ) инициируют сначала появление овальных, а затем ромбовидных пор. Разрушение обоих композитов связано с ростом ромбовидных дефектов. Тем не менее их свойства различны. Это связано с тем, что ромбовидные дефекты образуются на разных этапах деформирования материалов: в полиэтилен – СКЭПТ на стадии однородного растяжения, после распространения шейки вдоль образца, а в полиэтилен – СКИ – при формировании шейки. В последнем случае большая часть остается упруго деформированной, а образование и рост ромбовидных дефектов локализован в узкой переходной зоне. Из-за ее малой длины макроскопическая деформация композита при разрушении оказывается небольшой, а он ведет себя как хрупкий материал. Это обстоятельство является причиной качественно различного поведения систем полиэтилен – СКЭПТ и соответственно более высоких деформационных свойств по сравнению с системами полиэтилен – СКИ [53–55].

Таким образом, адгезионная прочность между матричным полимером и резиновой крошкой «сдерживает» преждевременное образование овальных и, как следствие, ромбовидных пор. Различная адгезия между частицами и полимерной матрицей является причиной разного деформационного поведения композитов полиэтилен – СКЭПТ и полиэтилен – СКИ.

Кроме того, зависимость прочности композита от содержания резиновой крошки можно

условно разделить на две области: область малых и больших степеней наполнения. В области малых степеней наполнения (до 10%) прочность при растяжении вначале резко уменьшается, а при последующем увеличении содержания крошки прочность снижается незначительно. Резиновая крошка в качестве эластичного наполнителя деформируется вместе с матричным полимером, и поведение частиц резины влияет на механизм разрушения материала.

Наиболее очевидное отличие состоит в размере частиц наполнителя (примерно 1 мкм в термоэластопластах [56] и несколько сотен микрометров в композициях пластик – резиновая крошка). По механическим характеристикам (модулю упругости и прочности) термоэластопласты приближаются к каучукам, а свойства композиций пластик – резиновая крошка сравнимы с характеристиками гораздо более жесткого матричного полимера.

Необычное сочетание свойств таких композиций обусловлено наличием специфической двухфазной структуры (микрорезиновые частицы сшитого каучука диспергированы в термопласте), в которой взаимодействие между фазами осуществляется за счет физических связей с образованием развитого граничного слоя переменного состава [57].

Размеры и строение граничного слоя определяют технологические и физико-механические свойства композиций и воспроизводимость их свойств при повторной переработке [57].

Важным является также влияние температуры на механические свойства композитов на

основе термопластов, наполненных резиновой крошкой. Ненаполненный полиэтилен деформируется с образованием шейки. С повышением температуры прочностные свойства полимера (верхний и нижний предел текучести, прочность при растяжении) уменьшаются; деформация при этом возрастает, а степень вытяжки в шейке, наоборот, снижается [58].

Композиции на основе полиэтилена и резиновой крошки (СКЭПТ) в широком диапазоне составов деформируются однородно, и напряжение в них монотонно возрастает при увеличении степени вытяжки. При одинаковом содержании резиновой крошки прочность уменьшается по мере повышения температуры, что можно связать со снижением прочности матричного полимера.

Растяжение высоконаполненных композитов на основе полиэтилена сопровождается образованием полос сдвига, которые при дальнейшем увеличении степени вытяжки трансформируются во множественные микрообласти пластического течения матричного полимера [57]. При растяжении композитов вместе с матричным полимером деформируется и наполнитель, при этом частицы резины могут разрушаться или отслаиваться от матрицы, образуя дефекты различной формы, которые оказывают отрицательное влияние на деформационные характеристики материалов и способствуют их быстрому разрушению [18, 26]. Для систем, наполненных резиновой крошкой на основе СКЭПТ, при 20°C более характерен разрыв частиц, а при повышенных температурах – их отслоение [58].

Список литературы

1. Дроздовский В. Ф., Разгон Д. Р. Переработка и использование изношенных шин // Каучук и резина. 1995. № 2. С. 2–8.
2. Пономарева В. Т., Лихачева Н. Н., Ткачик З. А. Использование пластмассовых отходов за рубежом // Пластические массы. 2002. № 5. С. 44–48.
3. Фомин В. А., Гузеев В. В. Биоразлагаемые полимеры, состояние и перспективы использования // Пластические массы. 2001. № 2. С. 42–48.
4. Ахметханов Р. М., Кадыров Р. Г., Минскер К. С. Вторичная переработка поливинилхлорида с использованием метода упруго-деформационного диспергирования // Пластические массы. 2002. № 4. С. 45–46.
5. Трофименко Ю. В., Воронцов Ю. М., Трофименко К. Ю. Переработка и использование изношенных шин // Твердые бытовые отходы. 2014. № 3 (93). С. 42–49.
6. Макаров В. Г., Помещиков В. И., Синельникова Р. М. Свойства полипропилена, наполненного тальком // Пластические массы. 2000. № 12. С. 32–34.
7. Попова Л. А., Прокопчук Н. Р., Яценко В. В. Влияние наполнителей на стабильность композиций полиэтилена // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. 2009. Вып. II. С. 109–112.
8. Барашков Н. Н. Полимерные композиты: получение, свойства, применение. М.: Наука, 1984. 128 с.
9. Особенности деформационного поведения дисперсно-наполненных композитов на основе полиэтилена и частиц резин при повышенных температурах / Т. А. Контарева [и др.] // Пластические массы. 2012. № 11. С. 37–45.
10. Соломко В. П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры. Киев: Наукова думка, 1980. 264 с.

11. Оценка эффективности модифицирования полиэтилена высокой плотности термоэластопластами и органобетонитами / Д. Л. Титов [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1994. Т. 36, № 8. С. 1353–1362.
12. Резинопласты – новый класс дисперсно-наполненных композиционных материалов / Г. П. Гончарук [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2002. Т. 44, № 8. С. 1274–1280.
13. Беспалов Ю. А., Коноваленко Н. Г. Многокомпонентные системы на основе полимеров. Л.: Химия, 1981. 88 с.
14. Буряк В. П. Вторичные полимерные материалы // Полимерные материалы. 2006. № 12. С. 16–22.
15. Влияние частиц резины на механизм разрушения наполненного полиэтилена высокой плотности / С. Л. Баженов [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2002. Т. 44, № 4. С. 637–647.
16. Nielsen L. E. Mechanical Properties of Polymers and Composites // J. Appl. Polymer Sci. 1966. Vol. 10, no. 1. P. 97–116.
17. Нильсон Л. Е. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия, 1978. С. 236–241.
18. Bazhenov S. L. Influence of the concentration of rubber particles on the mechanism of destruction of filled polypropylene // *Plastics Additives*. 1998. P. 252–259.
19. Bazhenov S. L. Interfaces in Polymer matrix Composites // *Polymer. Eng. Sci.* 1995. Vol. 35, no. 10. P. 813–819.
20. Регулирование свойств резинопластов на основе полиэтилена / В. А. Тополкараев [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1990. Т. 32, № 10. С. 2210–2217.
21. Incompatible polymer blends and composite materials based on them / S. L. Bazhenov [et al.] // *J. Appl. Polymer Sci.* 1994. Vol. 52, no. 2. P. 243–249.
22. Серенко О. А., Авинкин В. С., Баженов С. Л. Исследование высоконаполненных композиционных материалов на основе термоэластопластов // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2002. Т. 44, № 3. С. 457–471.
23. Structural and mechanical properties of highly filled polyolefin compositions / J. X. Li [et al.] // *J. Appl. Polymer Sci.* 1994. Vol. 52, No 2. P. 255–259.
24. Новые пути создания полимерных композиционных материалов / О. А. Серенко [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2005. Т. 47, № 1. С. 64–72.
25. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства / О. А. Серенко [и др.] // Пластические массы. 2007. № 12. С. 5–11.
26. Особенности разрушения композитов на основе полиэтилена и эластичных частиц / О. А. Серенко [и др.] // Журнал технической физики. 2009. Т. 79, вып. 6. С. 92–97.
27. Прут Э. В., Зеленский А. Н. Влияние частиц резины на механизм разрушения наполненного полиэтилена высокой плотности // *Успехи химии*. 2001. Т. 70, № 1. С. 72.
28. Макаров В. М., Дроздовский В. Ф. Использование амортизированных шин и отходов резиновых изделий. Л.: Химия, 1981. 249 с.
29. Brunnschweiler D., Hearle J. W. S. Polyester: Fifty Years of Achievement: Tomorrow's Ideas and Profits. Manchester, UK: The Textile Institute, 1993. 294 p.
30. Долинская Р. М., Щербина Е. И., Виноградова Л. М. Изучение свойств мелкодисперсного фосфоангидрита как наполнителя резиновых смесей // Производство и использование эластомеров. 1991. Вып. 5. С. 30–32.
31. Долинская Р. М., Кудинова Г. Д., Щербина Е. И. Использование отходов переработки торфа в резинах // Производство и использование эластомеров. 1992. Вып. 1. С. 37–39.
32. Долинская Р. М., Кудинова Г. Д., Щербина Е. И. Исследование цинк содержащего отхода в качестве вулканизирующего агента хлоропренового каучука // Труды Белорусского технологического института. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в. 1993. Вып. 1. С. 3–8.
33. Новое – это хорошо переработанное старое. Композиционные материалы на основе отходов полимеров / Р. М. Долинская [и др.] // Химия и бизнес. 2008. № 6–7. С. 30–41.
34. Отходы резиновых производств – перспективный материал для создания новых изделий / Р. М. Долинская [и др.] // Труды БГТУ. 2013. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 45–47.
35. Состав для получения шумопоглощающего материала. А. с. 1219549 СССР / Р. М. Долинская, Е. И. Щербина, И. Я. Качур, В. Ф. Воронкова, Л. Д. Архипенко. Опубл. 23.03.86.
36. Снежков В. В. Новые технологии и оборудование для переработки полимерных отходов в изделия // Полимерные материалы. 2008. № 8. С. 8–11.
37. Донцов А. А. Каучук-олигомерные композиции в производстве резиновых изделий. М.: Химия. 1986. 216 с.

38. Аспекты применения измельченных вулканизатов в составе композиционных эластомерных материалов / Л. С. Голуб [и др.] // Тез. докл. Междунар. конф. по каучуку и резине, Москва, 1–4 июня 2004 г. М., 2004 г. С. 77–78.
39. Вольфсон С. А., Никольский В. Г. Твердофазное деформационное разрушение и измельчение полимерных материалов. Порошковые технологии // Высокомолекулярные соединения. 1994. № 6. С. 1040–1056.
40. Гиршик Р. Л. Низкотемпературная экологически чистая установка для переработки изношенных шин. Нижнекамск: КамЭкоТех, 2000. 50 с.
41. Долинская Р. М. Не в отходы, а в доходы или как разработки белорусских химиков неожиданно решили застарелые проблемы // Химия и бизнес. 2008. № 4. С. 52–53.
42. Долинская Р. М., Свицерская Т. Д. Возможность использования отходов для получения изделий конструкционного назначения // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. Гродно, 21–23 нояб. 2012 г. Гродно, 2012. С. 357–364.
43. Использование полимерных отходов как вторичного сырья / Р. М. Долинская [и др.] // Эластомеры: материалы, технология, оборудование: тез. докл. IX Украинской с междунар. участием науч.-техн. конф. Днепропетровск, 24–28 сент. 2012 г. Днепропетровск, 2012. С. 155–156.
44. The Development of new Products using Recycled Materials Belorussian / R. M. Dolinskaya [et al.] // Scientific and Technical cooperation and Technology transfer in the sphere of power efficiency and waste processing: Materials of the Belorussian-German Seminar, Minsk, 10–12 December 2012. Minsk, 2012. P. 47.
45. Использование полимерных отходов как вторичного сырья / Р. М. Долинская [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. 2013. № 1. С. 81–83.
46. Шаховец С. Е., Хаддаг Бузид, Богданов В. В. Малозатратная регенерация отходов резинотехнического и шинного производств // Каучук и резина. 2006. № 2. С. 30–31.
47. Новаков И. А., Новопольцева О. М., Кракшин М. А. Методы оценки и регулирования пластозластических и вулканизационных свойств эластомеров и композиций на их основе. М.: Химия, 2000. 239 с.
48. Дроздовский В. Ф. Применение модифицированных и немодифицированных измельченных вулканизатов // Каучук и резина. 1997. № 2. С. 48–50.
49. Dolinskaya R. M., Prokopchuk N. R. New Rubber Products made on the Basis of Recycled scrap Tires // Rubber–2016: Traditions and Innovations: Materials of the 6th Russian Rubber Conference. Moscow, 24–26 April 2016. Moscow, 2016. P. 99–100.
50. Состав для получения рулонного изоляционного материала: А. с. 925920 СССР. / Р. М. Долинская, Е. И. Щербина, Л. М. Виноградова, Я. И. Трипутина. Оpubл. 07.05.82.
51. Состав для получения рулонного изоляционного материала: А. с. 925921 СССР / Р. М. Долинская, Е. И. Щербина, Л. М. Виноградова, Я. И. Трипутина. Оpubл. 07.05.82.
52. Ермаков С. Н., Кравченко Т. П. Молекулярные полимер-полимерные композиции. Некоторые аспекты получения // Пластические массы. 2003. № 12. С. 21–25.
53. Гусейнова З. Н. Модифицирование композиций полиэтилена и полипропилена различными каучуками в присутствии теллура // Пластические массы. 2011. № 4. С. 43–45.
54. Влияние условий получения резинопластов на основе резиновой крошки и ПЭНП на их механические свойства / Г. М. Трофимова [и др.] // Пластические массы. 2002. № 1. С. 38–39.
55. Минь Т. Т., Спиридонова Р. Р., Агзамов Р. З. Повышение совместимости и оценка биоразрушения полимерных композиций на основе полиэтилена высокого давления и полиамида-6 // Пластические массы. 2013. № 6. С. 59–63.
56. Влияние температуры на механические свойства резинопластов на основе полиэтилена / Т. А. Контарева [и др.] // Вестник МИТХТ. 2011. Т. 6, № 1. С. 33–36.
57. Хрупко-пластичный переход в композитах полимер – частицы резины / О. А. Серенко [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2006. Т. 48, № 3. С. 481–494.
58. Влияние температуры на механизм разрушения композита полиэтилен – резина / О. А. Серенко [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2003. Т. 45, № 11. С. 1900–1908.

References

1. Drozdovskiy V. F., Razgon D. R. Recycling and use of used tires. *Kauchuk i rezina* [Gum and rubber], 1995, no. 2, pp. 2–8 (In Russian).
2. Ponomareva V. T., Likhacheva N. N., Tkachik Z. A. Use of plastic waste abroad. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2002, no. 5, pp. 44–48 (In Russian).
3. Fomin V. A., Guzeev V. V. Biodegradable polymers, state and prospects of use. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2001, no. 2, pp. 42–48 (In Russian).

4. Ahmethanov R. M., Kadyrov R. G., Minsker K. S. Polyvinylchloride recycling using the method of elastic-deformation dispersion. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2002, no. 4, pp. 45–46 (In Russian).
5. Trofimenko Ju. V., Vorontsov Yu. M., Trofimenko K. Yu. Recycling and use of worn out tires. *Tverdye bytovyye otkhody* [Municipal solid waste], 2014, no. 3 (93), pp. 42–49 (In Russian).
6. Makarov V. G., Pomeshchikov V. I., Sinel'nikova R. M. Properties of talc-filled polypropylene. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2000, no. 12, pp. 32–34 (In Russian).
7. Popova L. A., Prokopchuk N. R., Yacenko V. V. Influence of fillers on the stabilization stability of polyethylene compositions. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series IV, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, 2009, issue II, pp. 109–112 (In Russian).
8. Barashkov N. N. *Polimernyye kompozity: polucheniye, svoystva, primeneniye* [Polymer composites: production, properties, application]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 128 p. (In Russian).
9. Kontareva T. A., Kenek'yan A. S., Sinevich E. A., Serenko O. A. Features of the deformation behavior of dispersed-filled composites based on polyethylene and rubber particles at elevated temperatures. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2012, no. 11, pp. 37–45 (In Russian).
10. Solomko V. P. *Napolnennyye kristallizuyushchiesya polimery* [Filled crystallizing polymers]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1980. 264 p. (In Russian).
11. Titov D. L., Pershin S. A., Knunyants M. I., Kryuchkov A. N. Evaluation of the efficiency of modification of high-density polyethylene with thermoplastic elastomers and organobentonites. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 1994, vol. 36, no. 8, pp. 1353–1362 (In Russian).
12. Goncharuk G. P., Serenko O. A., Nikitin P. A., Bazhenov S. L. Rubber plastics – a new class of dispersed-filled composite materials. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 2002, vol. 44, no. 8, pp. 1274–1280 (In Russian).
13. Bepalov Yu. A., Konovalenko N. G. *Mnogokomponentnyye sistemy na osnove polimerov* [Multi-component Systems Based on Polymers]. Leningrad, Khimiya Publ., 1981. 88 p. (In Russian).
14. Buryak V. P. Secondary polymer materials. *Polimernyye materialy* [Polymer materials], 2006, no. 12, pp. 16–22 (In Russian).
15. Bazhenov S. L., Goncharuk G. P., Knunyanc M. I., Avinkin V. S., Serenko O. A. Influence of rubber particles on the mechanism of destruction of filled high density polyethylene. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 2002, vol. 44, no. 4, pp. 637–647 (In Russian).
16. Nielsen L. E. Mechanical Properties of Polymers and Composites. *J. Appl. Polymer Sci.*, 1966, vol. 10, no. 1, pp. 97–116.
17. Nilson L. E. *Mekhanicheskiye svoystva polimerov i polimernykh kompozitsiy* [Mechanical properties of polymers and polymer compositions]. Moscow, Chemistry Publ., 1978, pp. 236–241 (In Russian).
18. Bazhenov S. L. Influence of the concentration of rubber particles on the mechanism of destruction of filled polypropylene. *Plastics Additives*, 1998, pp. 252–259.
19. Bazhenov S. L. Interfaces in Polymer matrix Composites. *Polymer. Eng. Sci.*, 1995, vol. 35, no. 10, pp. 813–819.
20. Topolkaev V. A., Gorbunova N. V., Dubnikova I. L., Paramzina T. V., D'yachkovskiy F. S. Regulation of the properties of polyethylene-based rubber plastics. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 1990, vol. 32, no. 10, pp. 2210–2217 (In Russian).
21. Bazhenov S. L., Li J. X., Hiltner A. X., Baer E. E. Incompatible polymer blends and composite materials based on them. *J. Appl. Polymer Sci.*, 1994, vol. 52, no. 2, pp. 243–249.
22. Serenko O. A., Avinkin V. S., Bazhenov S. L. Investigation of highly filled composite materials based on thermoplastic elastomers. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 2002, vol. 44, no. 3, pp. 457–471 (In Russian).
23. Li J. X., Silverstein M. K., Hiltner A. V., Baer E. L. Structural and mechanical properties of highly filled polyolefin compositions. *J. Appl. Polymer Sci.*, 1994, vol. 52, no. 2, pp. 255–259.
24. Serenko O. A., Bazhenov S. L., Rasrullaev I. N., Berlin A. A. New ways of creating polymer composite materials. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 2005, vol. 47, no. 1, pp. 64–72 (In Russian).
25. Serenko O. A., Grigor'ev Ju. A., Goncharuk G. P., Obolonkova E. S., Bazhenov S. L. Polymer composite materials: structure, properties. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2007, no. 12, pp. 5–11 (In Russian).
26. Serenko O. A., Karaeva A. A., Goncharuk G. P., Zaderenko T. V., Bazhenov S. L. Features of the destruction of composites based on polyethylene and elastic particles. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki* [Technical Physics Journal], 2009, vol. 79, no. 6, pp. 92–97 (In Russian).
27. Prut E. V., Zelenskiy A. N. Influence of rubber particles on the mechanism of destruction of filled high-density polyethylene. *Uspekhi khimii* [Advances in chemistry], 2001, vol. 70, no. 1, pp. 72 (In Russian).

28. Makarov V. M., Drozdovskiy V. F. *Ispol'zovaniye amortizirovannykh shin i otkhodov rezinovykh izdeliy* [Use of amortized tires and waste rubber products]. Leningrad, Khimiya Publ., 1981. 249 p. (In Russian).
29. Brunnschweiler D., Hearle J. W. S. Polyester: Fifty Years of Achievement: Tomorrow's Ideas and Profits. Manchester, UK., The Textile Institute, 1993. 294 p.
30. Dolinskaya R. M., Shcherbina E. I., Vinogradova L. M. Study of the properties of finely dispersed phosphoanhydrite as a filler for rubber mixtures. *Proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov* [Production and use of elastomers], 1991, vol. 5, pp. 30–32 (In Russian).
31. Dolinskaya R. M., Kudinova G. D., Shcherbina E. I. Use of peat processing waste in rubbers. *Proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov* [Production and use of elastomers], 1992, vol. 1, pp. 37–39 (In Russian).
32. Dolinskaya R. M., Kudinova G. D., Shcherbina E. I. Study of zinc-containing waste as a vulcanizing agent of chloroprene rubber. *Trudy Belorusskogo tekhnologicheskogo instituta* [Proceedings of Belorussian technological institute], series 2, Chemistry and Technology of Organic Substances, 1993, issue 1, pp. 3–8 (In Russian).
33. Dolinskaya R. M., Evsey A. V., Shcherbina E. I., Prokopchuk N. R. New is a well-reworked old. Composite materials based on polymer waste. *Khimiya i biznes* [Chemistry and business], 2008, no. 6–7, pp. 30–41 (In Russian).
34. Dolinskaya R. M., Sviderskaya T. D., Shcherbina E. I., Prokopchuk N. R., Marusova S. N., Rusetskiy D. V. Waste rubber production – a promising material for the creation of new products. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 4: Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 45–47 (In Russian).
35. Dolinskaya R. M., Shcherbina E. I., Kachur I. Ja., Voronkova V. F., Arkhipenko L. D. Composition for obtaining noise-absorbing material. Author's certificate USSR 1219549, 1986 (In Russian).
36. Snezhkov V. V. New technologies and equipment for processing polymer waste into products. *Polimernyye materialy* [Polymer materials], 2008, no. 8, pp. 8–11 (In Russian).
37. Dontsov A. A. *Kauchuk-oligomernyye kompozitsii v proizvodstve rezinovykh izdeliy* [Rubber-oligomeric compositions in the production of rubber products]. Moscow, Khimiya Publ., 1986. 216 p. (In Russian).
38. Golub L. S., Soldatova T. A., Vashchenko T. V., Sirchenko I. A., Zakharov Yu. I., Vashchenko Yu. N. Aspects of the use of crushed vulcanizates in the composition of composite elastomeric materials. *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii po kauchuku i rezine* [Abstracts of the International Conference on Gum and Rubber]. Moscow, 2004, pp. 77–78 (In Russian).
39. Vol'fon S. A., Nikol'skiy V. G. Solid-phase deformation destruction and grinding of polymer materials. Powder technology. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], 1994, no. 6, pp. 1040–1056 (In Russian).
40. Girshik R. L. *Nizkotemperaturnaya ekologicheski chistaya ustanovka dlya pererabotki iznoshennykh shin* [Low-temperature environmentally friendly installation for the processing of used tires]. Nizhnekamsk, KamEkoTech Publ., 2000. 50 p. (In Russian).
41. Dolinskaya R. M. Not to waste, but to income or as the development of Belorussian chemists unexpectedly solved old problems. *Khimiya i biznes* [Chemistry and Business], 2008, no. 4, pp. 52–53 (In Russian).
42. Dolinskaya R. M., Sviderskaya T. D. The possibility of using waste to obtain products for structural purposes. *Energo- i materialosberegayushchiye ekologicheski chistyye tekhnologii: materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Energy- and material-saving environmentally friendly technologies: Collection of articles in the materials of the IX International scientific-practical conference]. Grodno, 2012, pp. 357–364 (In Russian).
43. Dolinskaya R. M., Sviderskaya T. D., Korovina Yu. V., Krotova T. V. Use of polymer waste as secondary raw materials. *Elastomery: materialy, tekhnologiya, oborudovaniye: tezisy dokladov IX Ukrainskoy s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Elastomers: materials, technology, equipment: Abstracts of the IX Ukrainian Scientific and Technical Conference with International Participation]. Dnepropetrovsk, 2012, pp. 155–156 (In Russian).
44. Dolinskaya R. M., Prokopchuk N. R., Rusetskiy D. V., Marusova S. N., Shcherbina E. I., Sviderskaya T. D. The Development of new Products using Recycled Materials Belorussian. Scientific and Technical cooperation and Technology transfer in the sphere of power efficiency and waste processing: Materials of the Belorussian-German Seminar. Minsk, 2012, p. 47.
45. Dolinskaya R. M., Sviderskaya T. D., Prokopchuk N. R., Rusetskiy D. V. Use of polymer waste as secondary raw materials. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Questions of chemistry and chemical technology], 2013, no. 1, pp. 81–83 (In Russian).
46. Shahovec S. E., Haddag Buzid, Bogdanov V. V. Low-cost regeneration of waste rubber and tire production. *Kauchuk i rezina* [Gum and Rubber], 2006, no. 2, pp. 30–31 (In Russian).

47. Novakov I. A., Novopol'tseva O. M., Krakshin M. A. *Metody otsenki i regulirovaniya plastoelasticheskikh i vulkanizatsionnykh svoystv elastomerov i kompozitsiy na ikh osnove* [Methods for assessing and regulating plastoelastic and vulcanization properties of elastomers and compositions based on them]. Moscow, Khimiya Publ., 2000. 239 p. (In Russian).

48. Drozdovskiy V. F. Application of modified and unmodified crushed vulcanizates. *Kauchuk i rezina* [Gum and Rubber], 1997, no. 2, pp. 48–50 (In Russian).

49. Dolinskaya R. M., Prokopchuk N. R. New Rubber Products made on the Basis of Recycled scrap Tires. *Rubber–2016: Traditions and Innovations: Materials of the 6th Russian Rubber Conference*. Moscow, 2016, pp. 99–100:

50. Dolinskaya R. M., Shherbina E. I., Vinogradova L. M., Triputina Ja. I. Composition for obtaining roll insulating material. Author's certification USSR 925920, 1982 (In Russian).

51. Dolinskaya R. M., Shherbina E. I., Vinogradova L. M., Triputina Ja. I. Composition for obtaining roll insulating material. Author's certification USSR 925921, 1982 (In Russian).

52. Ermakov S. N., Kravchenko T. P. Molecular polymer-polymer compositions. Some aspects of obtaining. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2003, no. 12, pp. 21–25 (In Russian).

53. Guseynova Z. N. Modification of polyethylene and polypropylene compositions with various rubbers in the presence of tellurium. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2011, no. 4, pp. 43–45 (In Russian).

54. Trofimova G. M., Novikov D. D., Kompaniec L. V., Prut E. V. Influence of the conditions for the production of rubber plastics based on crumb rubber and LDPE on their mechanical properties. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2002, no. 1, pp. 38–39 (In Russian).

55. Min' T. T., Spiridonova R. R., Agzamov R. Z. Increase of compatibility and assessment of biodegradation of polymer compositions based on high pressure polyethylene and polyamide-6. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 2013, no. 6, pp. 59–63 (In Russian).

56. Kontareva T. A., Yulovskaya V. D., Obolonkova E. S., Nasrullaev I. N., Serenko O. A. Influence of temperature on the mechanical properties of rubber plastics based on polyethylene. *Vestnik MITKhT* [Bulletin of the Moscow Institute of Fine Chemical Technologies], 2011, vol. 6, no. 1, pp. 33–36 (In Russian).

57. Serenko O. A., Goncharuk G. P., Obolonkova E. S., Bazhenov S. L. Brittle-plastic transition in composites polymer – rubber particles. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 2006, vol. 48, no. 3, pp. 481–494 (In Russian).

58. Serenko O. A., Goncharuk G. P., Nasrullaev I. N., Magomedov G. M., Obolonkova E. S., Bazhenov S. L. Influence of temperature on the mechanism of destruction of the polyethylene – rubber composite. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [High-molecular compounds], series A, 2003, vol. 45, no. 11, pp. 1900–1908 (In Russian).

Информация об авторах

Долинская Раиса Моисеевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: raisa_dolinskaya@mail.ru

Прокопчук Николай Романович – доктор химических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nrprok@gmail.ru

Information about the authors

Dolinskaya Raisa Moiseevna – PhD (Chemistry), Associate Professor, Assistente Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: raisa_dolinskaya@mail.ru

Prokopchuk Nikolay Romanovich – DSc (Chemistry), Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor, Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nrprok@gmail.ru

Поступила 23.10.2021