

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-3-6-19>

УДК 504.5:678.073:678.02

РЕЦИКЛИНГ И УТИЛИЗАЦИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ (ОБЗОР)

В. М. ШАПОВАЛОВ⁺, А. Я. ГРИГОРЬЕВ

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Показано, что проблемы рециклинга и утилизации полимерных отходов неразрывно связаны с ростом производства полимеров и их переработкой. Особенно остро стоит проблема рециклинга и утилизации полимерных отходов, образуемых в твердых коммунальных отходах, значительную часть которых во многих странах не используют и выбрасывают на свалки. Для эффективности рециклинга полимерных материалов необходима разработка новых модифицирующих добавок (рециклизаторов), обеспечивающих совместимость полимерных отходов в композиционной системе. Кроме того, такие добавки используют как специальные комплексные концентраты для восстановления первичных свойств у вторичных полимерных материалов. В их состав входят первичные и вторичные антиоксиданты, термо- и светостабилизаторы фенольного и аминного типа, фосфиты или фосфониты, нейтрализующие активные радикалы, накопившиеся в полимере и разлагающие перекисные соединения. Также в них присутствуют пластифицирующие и совмещающие добавки, что способствует улучшению уровня физико-механических свойств вторичного материала, близкого к первичным полимерам. Технологии рециклинга позволяют создавать новые композиты на основе вторичных материалов с заданным комплексом эксплуатационных свойств. В совокупности с новыми типами оборудования для рециклинга полимерных материалов такой подход обеспечит получение на основе полимерных отходов качественной продукции с низкой себестоимостью для промышленности, строительства и сельского хозяйства.

Ключевые слова: композиты, рециклинг, полимерные отходы, модифицирующие добавки, оборудование.

RECYCLING AND UTILIZATION OF MULTICOMPONENT POLYMER SYSTEMS BASED ON SECONDARY THERMOPLASTICS (REVIEW)

V. M. SHAPOVALOV⁺, A. YA. GRIGORIEV

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

It is shown that the problems of recycling and recycling of polymer waste are inextricably linked with an increase in the production of polymers and their processing. The problem of recycling and recycling of polymer waste generated in solid municipal waste, a significant part of which is not used in many countries and is thrown into landfills, is particularly acute. It is necessary to develop new modifying additives (recyclizers) that ensure the compatibility of polymer waste in the composite system to ensure the efficiency of recycling of polymer materials. In addition, such additives are used as special complex concentrates to restore the primary properties of secondary polymer materials. They include antioxidants, thermal and light stabilizers of phenolic and amine types, phosphites or phosphonites that neutralize active radicals accumulated in the polymer and decompose peroxide compounds. They also contain plasticizing and combining additives, which helps to improve the level of physical and mechanical properties of the secondary material, which is

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: v.shapovalov@tut.by

close to primary polymers. Recycling technologies make it possible to create new composites based on secondary materials with a given set of operational properties with low cost for industry, construction and agriculture.

Keywords: composites, recycling, polymer waste, modifying additives, equipment.

Поступила в редакцию 11.12.2020

© В. М. Шаповалов, А. Я. Григорьев, 2021

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

Phone: +375 (232) 34 06 36. **Fax:** +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com

Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Шаповалов В. М., Григорьев А. Я. Рециклинг и утилизация многокомпонентных полимерных систем на основе вторичных термопластов (обзор) // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 3. С. 6–19. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-3-6-19>

Citation sample:

Shapovalov V. M., Grigor'ev A. Ya. Retsikling i utilizatsiya mnogokomponentnykh polimernykh sistem na osnove vtorichnykh termoplastov (obzor) [Recycling and utilization of multicomponent polymer systems based on secondary thermoplastics (review)]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 3, pp. 6–19. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-3-6-19>

Литература

- Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс. Ленинград : Химия, 1987. 176 с.
- Жаковска А. Технология рециклинга // Технологии переработки и упаковки. 2004. № 8. С. 36–38.
- Шварц О. Эбеллинг Ф.-В., Фурт Б. Переработка пластмасс : пер. с нем. СПб. : Профессия, 2005. 320 с.
- Шаповалов В. М., Тартаковский З. Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов. Гомель : ИММС НАНБ, 2003. 262 с.
- Иванова О. А., Реховская Е. О. Утилизация и переработка пластиковых отходов // Молодой ученый. 2015. № 21. С. 53–54 [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/101/22978/> (дата обращения: 18.11.2019).
- Липик В. Т., Прокопчук Н. Р. Рециклинг и утилизация полимерных отходов. Минск : БГТУ, 2008. 289 с.
- Зинович З. К., Халецкий В. А. Рециклинг полимеров: информационные, экологические и технологические аспекты. Минск : Изд-во С. Лаврова, 1999. 252 с.
- Девяткин В., Гаев Ф. Больше пластмассы – больше отходов: Как решать проблему? // Пластикс. Индустрия переработки пластмасс. 2003. № 1. С. 44–46.
- Кудян С. Г., Шаповалов В. М., Таврогинская М. Г., Мышкин Н. К. Технологии рециклинга полимерных материалов // Инженер-механик. 2007. № 3. С. 7–19.
- Вторичная переработка пластмасс : пер. с англ. / ред. Ф. Ла Мантия. СПб. : Профессия, 2006. 397 с.
- Милицкова Е. А., Потапов И. И. Новое по использованию вторичных ресурсов пластмасс // Ресурсосберегающие технологии: экспресс-информация. 2000. № 22. С. 16–31.
- Сасинович А. Стимулирование сортировки отходов // Наука и инновации. 2021. № 2. С. 61–65.
- European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste [Электронный ресурс]. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:31994L0062> (дата обращения: 26.11.2020).
- Tartakowski Z., Wlędzki K. Polymer material recycling systems in Europe // Полимерные композиты – 2000 (POLYCOM 2000) : сборник трудов международной научно-технической конференции, Гомель, 12–13 сентября 2000 г. / редкол.: В. Н. Адериша [и др.]. Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2000. С. 17–20.
- Коваленко А. Н. Как повысить привлекательность изделия из вторичного полимера (добавки для вторичной переработки полиолефинов) // Полимерные материалы. Изделия, оборудование, технологии. 2020. № 5. С. 26–32.
- Патент 12971 РБ, МПК8 C08L 23/00. Полимерная композиция для изготовления труб / В. М. Шаповалов, И. И. Злотников, В. В. Тимошенко, С. Г. Кудян; заявитель ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси». N a20071302; заявл. 26.10.2007; опубл. 30.04.2010.
- Клесов А. А. Древесно-полимерные композиты : пер. с англ. СПб. : Научные основы и технологии, 2010, 736с.
- Асамо Абдулькарим аль Хело. Материалы на основе полипропилена с регулируемыми свойствами: дис. ... канд. техн. наук :

- 05.17.06. М., 2009. 155 с.
19. Николаев А. Ф., Крыжановский В. К., Бурлов В. В., Шульгина Э. С., Лавров Н. А., Дворко И. М., Сивцов Е. В., Крыжановская Ю. В., Семенова А. Д. Технология полимерных материалов / под общ. ред. В. К. Крыжановского. СПб. : Профессия, 2008. 544 с.
 20. Алимпов А. В., Дердиров А. М. Рециклинг ПЭТ-бутылки: зарубежная и российская практика // Твёрдые бытовые отходы. 2019. № 9. С. 38–39.
 21. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика : пер. с англ. СПб. : Научные основы и технологии, 2012. 640 с.
 22. Косинцев В. И., Бордунов С. В., Пилипенко В. Г., Сечин А. И., Куликова М. В., Прокудин И. А. Переработка полимерных отходов в сорбенты // Успехи современного естествознания. 2007. № 8. С. 82–83.
 23. Шинский О. И., Тихонова О. А., Стрюченко А. А., Дорошенко В. С. Исследование процессов термокомпактирования отходов пенополистирола // Твёрдые бытовые отходы. 2011. № 4. С. 48–50.
 24. Патент 9003 UA, МПКС08J3/02, B22C1/16. Применение живичного скипидара как растворителя для отходов пенополистирола / Шинский О. И., Терликовский Е. В., Стрюченко А. А. Опубл. 15.09.2005, Бюл. №9.
 25. Поливинилхлорид : пер. с англ. / ред.: Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс. СПб. : Профессия, 2007. 728 с.
 26. Смирнов В. Ф., Глаголева А. А., Мочалова А. Е., Смирнова Л. А., Смирнова О. Н., Аникина Н. А. Влияние факторов биологической и физической природы на биodeградацию и физико-химические свойства композиций на основе поливинилхлорида и природных полимеров // Пластические массы. 2017. № 7-8. С. 47–50.
 27. Пурихов Р. В. Гомогенизирующие добавки для повышения качества смесей вторичных пластмасс // Полимерные материалы. Изделия, оборудование, технологии. 2020. № 10. С. 26–29.
 28. Каблов В. Ф., Новопольцева О. М. Смесей полимеров. Термодинамика, получение, применение : электронное учеб. пособие. Волжский : ВГТУ, 2018. 142 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.volpi.ru:57772/csp/lib/PDF/596038605.pdf> (дата обращения: 26.11.2020).
 29. Кулезнев В. Н. Смесей и сплавы полимеров. СПб : НОТ, 2013. 216 с.
 30. La Mantia F. P. Recycled plastics: additives and their effects on properties // *Plastics Additives* / ed. G. Pritchard. Dordrecht : Springer, 1998, pp. 535–543.
 31. Riva A., Zanetti M., Braglia M., Camio G., Falqui L. Thermal Degradation and Rheological Behaviour of EVA / Montmorillonite Nanocomposites // *Polymer Degradable and Stability*, 2002, vol. 77, is. 2, pp. 299–304.
 32. Герасин В. А., Антипов Е. М., Карбушев В. В., Куличихин В. Г., Карпачева Г. П., Тальрозе Р. В., Кудрявцев Я. В. Новые подходы к созданию гибридных полимерных нанокомпозитов: от конструкционных материалов к высокотехнологичным применениям // Успехи химии. 2013. Т. 82, № 4. С. 303–332.
 33. Hofmann T., Wehner W., Ruyningen A., Stoffelsma J. O., Clucas P., Pfaendner R. Organic based stabiliser systems for poly(vinyl chloride) pipes : New stabiliser generation // *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 1998, vol. 27, no. 10, pp. 442–446.
 34. Липатов Ю. С. Физическая химия наполненных полимеров. М. : Химия, 1977. 304 с.
 35. Кудян С. Г., Филимонов О. В., Песецкий С. С. Молекулярно-структурные превращения полиэтилентерефталата при его переработке из расплава // *Материалы, технологии, инструменты*. 2007. Т. 12, № 3. С. 27–32.
 36. Мордкович В., Арутюнов И., Заглядова С., Караева А., Маслов И., Киреев С. Нанокомпозиты на основе полиолефинов и углеродных наночастиц и нановолокон // *Наноиндустрия*. 2009. № 1. С. 20–22.
 37. Песецкий С. С., Макаренко О. А., Кривогуз Ю. М. Функционализация полипропилена прививкой полярных мономеров (обзор) // *Материалы, технологии, инструменты*. 2012. Т. 17, № 2. С. 25–48.
 38. Pesetski S. S., Jurkowski B., Krivoguz Y. M., Tomczyk T., Makarenko O. A. PP/LDPE Blends Produced by Reactive Processing. I. Grafting Efficiency Rheological and High-Elastic Properties of [PP/LDPE]-g-IA Melts // *J. Appl. Polym. Sci.*, 2006, vol. 102, pp. 5095–5104.
 39. Кербер Л. М., Виноградов В. М., Головкин Г. С., Горбаткина Ю. А., Крыжановский В. К., Куперман А. М., Симонов-Емельянов И. Д., Халиулин В. И., Бунаков В. А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. А. А. Берлина. СПб. : Профессия, 2008. 560 с.
 40. Ершова О. В., Ивановский С. К., Чупрова Л. В., Бахаева А. Н. Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 4-1. С. 14–18.
 41. Тимошенко В. В., Шаповалов В. М., Таврогинская М. Г. Дисперсные наполнители для термопластов (обзор) // *Материалы, технологии, инструменты*. 2007. Т. 12, № 3. С. 16–26.
 42. Пахаренко В. А., Зверлин В. Г., Кириенко Е. М. Наполненные термопласты : справочник / под ред. Ю. С. Липатова. Киев : Техніка, 1986. 182 с.
 43. Шаповалов В. М., Тимошенко В. В. О механизме упрочнения смесей вторичных полиолефинов высокодисперсным диоксидом кремния // *Доклады НАН Беларуси*. 2008. Т. 52, № 6. С. 105–108.
 44. Шаповалов В. М. Разработка высоконаполненных композитов на основе термопластов и измельченной древесины для переработки методом экструзии в изделия машиностроительного назначения : автореф. дис. докт. техн. наук : 05.02.01. Гомель, 2005. 45 с.
 45. Шаповалов В. М., Барсуков В. Г., Купчинов Б. И. Технология переработки высоконаполненных композитов / под ред. Ю. М. Плещачевского. Гомель : ИММС НАНБ, 2000. 260 с.
 46. Porebska R., Rybak A., Kozub V., Sekula R. Polymer matrix influence on stability of wood polymer composites // *Polymer for Advanced Technologies*, 2015, vol. 26, is. 9, pp. 1076–1082.
 47. Мороз П. А., Аскадский А. А., Мацевич Т. А., Соловьева Е. В., Аскадский А. А. Применение вторичных полимеров для производства древесно-полимерных композитов // *Пластические массы*. 2017. № 9-10. С. 56–62.
 48. Мануленко А. Ф., Яценко В. В. Рециклинг пластмасс : учеб.-метод. пособие для студентов вузов. Минск : БГТУ, 2013. 130 с.
 49. Кудян С. Г. Технологические особенности переработки вторичных термопластов // *Материалы, технологии, инструменты*. 2011. Т. 16, № 2. С. 80–84.
 50. Цвайфель Х., Маер Р. Д., Шиллер М. Добавки к полимерам : справочник / пер. с англ. 6-го изд. под ред. В. Б. Узденского, А. О. Григорова. СПб : Профессия, 2010. 1144 с.
 51. Полимерные добавки BASF для повышения долговечности агропленок // *Полимерные материалы. Изделия, оборудование, технологии*. 2018. № 7. С. 17.
 52. Гуль В. Е., Генель С. В., Булгаков В. Я. Модифицирование полимеров кремнийорганическими соединениями // *Пластические массы*. 1981. № 9. С. 20–21.
 53. Михайлин Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб : Профессия, 2006. 624 с.
 54. Pfaendner R., Herbst N., Hoffmann K. Innovative concept for the upgrading of recyclates by restabilization and repair molecules // *Macromolecular Symposia*, 1998, vol. 135, is. 1, pp. 97–111.
 55. Круль Л. П., Матусевич Ю. И., Никифоров А. М., Бражникова Л. Ю., Кондратович Е. И. Модифицирование ПЭНД акриловой кислотой в присутствии пероксида дикумила // *Пластические массы*. 1990. № 7. С. 77–80.
 56. Herbst N., Hoffmann K., Pfaendner R., Zweifel H. Upgrading of Recyclates – The Solution for High Value Applications: Restabili-

- zation and Repair // *Frontiers in the Science and technology of polymer recycling* / eds. G. Akovali, C. A. Bernardo, J. Leidner, L. A. Utracki, M. Xanthos. Dordrecht : Springer, 1998, pp. 73–101.
57. Pospíšil J., Horák Z., Kruliš Z., Nešporek S. The origin and role of structural inhomogeneities and impurities in material recycling of plastics // *Macromolecular Symposia*, 1998, vol. 135, is. 1, pp. 247–263.
58. Политика ЕС в отношении вторичной переработки пластмасс // *Полимерный бизнес*. 2018. № 12-1 (207), 1–15 декабря. С. 4.
59. Евростратегия по пластикам / под общ. ред. А. Костина. Екатеринбург : RUPEC, 2019. 36 с. // Информационно-аналитический центр RUPEC [Электронный ресурс]. URL: www.rupec.ru (дата обращения: 26.11.2020).

References

1. Shtarke L. *Ispol'zovanie promyshlennykh i bytovykh otkhodov plastmass* [Use of industrial and domestic plastic wastes]. Leningrad : Khimiya Publ., 1987. 176 p.
2. Zhakovska A. *Tekhnologiya retsiklinga* [Recycling technology]. *Tekhnologii pererabotki i upakovki* [Processing and Packaging Technology], 2004, no. 8, pp. 36–38.
3. Shvarts O., Ebeling F.-V., Furt B. *Pererabotka plastmass* [Plastics processing]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2005. 320 p.
4. Shapovalov V. M., Tartakovskiy Z. L. *Mnogokomponentnye polimernye sistemy na osnove vtorichnykh materialov* [Multicomponent polymer systems based on secondary materials]. Gomel' : IMMS NANB Publ., 2003. 262 p.
5. Ivanova O. A., Rekhovskaya E. O. *Utilizatsiya i pererabotka plastikovykh otkhodov* [Disposal and processing of plastic wastes]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2015, no. 21, pp. 53–54. Available at: <https://moluch.ru/archive/101/22978/> (accessed 18.11.2019).
6. Lipik V. T., Prokopchuk N. R. *Retsikling i utilizatsiya polimernykh otkhodov* [Recycling and disposal of polymer wastes]. Minsk : BGTU Publ., 2008. 289 p.
7. Zinovich Z. K., Khaletskiy V. A. *Retsikling polimerov: informatsionnye, ekologicheskie i tekhnologicheskie aspekty* [Recycling of polymers: informational, ecological and technological aspects]. Minsk : S. Lavrov Publ., 1999. 252 p.
8. Devyatkin V., Gaev F. *Bol'she plastmassy – bol'she otkhodov: Kak reshat' problemu?* [More plastics - more wastes: How to solve the problem?]. *Plastiks: Industriya pererabotki plastmass* [Plastiks: Plastics processing industry], 2003, no. 1, pp. 44–46.
9. Kudyan S. G., Shapovalov V. M., Tavroginskaya M. G., Myshkin N. K. *Tekhnologii retsiklinga polimernykh materialov* [Recycling technologies for polymeric materials]. *Inzhener-mekhanik* [Mechanical engineer], 2007, no. 3, pp. 7–19.
10. *Vtorichnaya pererabotka plastmass* [Recycling of plastics]. Ed. F. La Mantiya. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2006. 397 p.
11. Militskova E. A., Potapov I. I. *Novoe po ispol'zovaniyu vtorichnykh resursov plastmass* [New about using of secondary plastics resources]. *Resursoberegayushchie tekhnologii: ekspres-informatsiya* [Resource-saving technologies: express information], 2000, no. 22, pp. 16–31.
12. Sasinovich A. *Stimulirovanie sortirovki otkhodov* [Promotion of waste sorting]. *Nauka i innovatsii* [The Science and Innovations], 2021, no. 2, pp. 61–65.
13. European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:31994L0062> (accessed 26.11.2020).
14. Tartakowski Z., Błędzki K. *Polymer material recycling systems in Europe. Sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Polimernye kompozity – 2000» (POLYCOM 2000)* [Proceedings of the international scientific and technical conference “Polymer composites – 2000”] (POLYCOM 2000). Eds. V. N. Aderikha [et al.]. Gomel' : IMMS NANB Publ., 2000, pp. 17–20.
15. Kovalenko A. N. *Kak povysit' privlekatel'nost' izdeliya iz vtorichnogo polimera (dobavki dlya vtorichnoy pererabotki poliolefinov)* [How to Increase the Attractiveness of Secondary Polymer Products (Additives for Polyolefines Recycling)]. *Polimernye materialy. Izdeliya, oborudovanie, tekhnologii* [Polymer materials. Products, equipment, technology], 2020, no. 5, pp. 26–32.
16. Shapovalov V. M., Zlotnikov I. I., Timoshenko V. V., Kudyan S. G. *Polimernaya kompozitsiya dlya izgotovleniya trub* [Polymer composition for the pipes manufacture]. Patent RB, no. 12971, 2010.
17. Klesov A. A. *Drevesno-polimernye kompozity*: [Wood-plastic Composites]. Saint-Petersburg : Nauchnye osnovy i tekhnologii Publ., 2010. 736p.
18. Asamo Abdul'karim al' Khelo. *Materialy na osnove polipropilena s reguliruemymi svoystvami*. Dis. kand. tekhn. nauk [PP-based materials with adjustable properties. PhD eng. sci. diss.]. Moscow, 2009. 155 p.
19. Nikolaev A. F., Kryzhanovskiy V. K., Burlov V. V., Shul'gina E. S., Lavrov N. A., Dvorko I. M., Sivtsov E. V., Kryzhanovskaya Yu. V., Semenova A. D. *Tekhnologiya polimernykh materialov* [Technology of polymer materials]. Ed. V. K. Kryzhanovskii. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2008. 544 p.
20. Alimpiev A. V., Derdirov A. M. *Retsikling PET-butylki: zarubezhnaya i rossiyskaya praktika* [Recycling PET bottles: foreign and Russian practice]. *Tverdye bytovye otkhody* [Domestic solid waste], 2019, no. 9, pp. 38–39.
21. Shayers Dzh. *Retsikling plastmass: nauka, tekhnologii, praktika* [Polymer recycling: science, technology and applications]. Saint-Petersburg : Nauchnye osnovy i tekhnologii Publ., 2012. 640 p.
22. Kosintsev V. I., Bordunov S. V., Pilipenko V. G., Sechin A. I., Kulikova M. V., Prokudin I. A. *Pererabotka polimernykh otkhodov v sorbenty* [Processing of polymer wastes into sorbents]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences], 2007, no. 8, pp. 82–83.
23. Shinskiy O. I., Tikhonova O. A., Stryuchenko A. A., Doroshenko V. S. *Issledovanie protsessov termokompaktirovaniya otkhodov penopolistirola* [Investigation of the thermocompacting processes of expanded polystyrene wastes]. *Tverdye bytovye otkhody* [Domestic solid waste], 2011, no. 4, pp. 48–50.
24. Shinskiy O. I., Terlikovskiy E. V., Stryuchenko A. A., Shinskiy I. O. *Primenenie zhivichnogo skipidara kak rastvoritelya dlya otkhodov penopolistirola* [Use of gum turpentine as solvent for waste of foam polystyrene]. Patent UA, no. 9003, 2005.
25. *Polivinilkhlord* [Polyvinylchloride]. Eds. Ch. Uilki, Dzh. Sammers, Ch. Daniels. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2007. 728 p.
26. Smirnov V. F., Glagoleva A. A., Mochalova A. E., Smirnova L. A., Smirnova O. N., Anikina N. A. *Vliyanie faktorov biologicheskoy i fizicheskoy prirody na biodegradatsiyu i fiziko-khimicheskie svoystva kompozitsiy na osnove polivinilkhlorda i prirodnykh polimerov* [Effect of factors of the biological and physical nature on biodestruction and physical and chemical properties of compositions based on polyvinylchloride and natural polymers]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2017, no. 7-8, pp. 47–50.
27. Purihov R. V. *Gomogeniziruyushchie dobavki dlya povysheniya kachestva smesey vtorichnykh plastmass* [Homogenizing additives for improving the quality of mixtures from plastic recyclates]. *Polimernye materialy. Izdeliya, oborudovanie, tekhnologii* [Polymer materials. Products, equipment, technology], 2020, no. 10, pp. 26–29.
28. Kablov V. F., Novopoltseva O. M. *Smesi polimerov. Termodinamika, poluchenie, primeneniye* [Polymer blends. Thermodynamics, production, application]. Volzhskiy : VolGTU Publ., 2018. 142 p. Available at: <http://lib.volpi.ru:57772/csp/lib/PDF/596038605.pdf> (accessed 26.11.2020).
29. Kuleznev V. N. *Smesi i splavy polimerov* [Polymer blends and alloys]. Saint-Petersburg : NOT Publ., 2013. 216 p.
30. La Mantiya F. P. *Recycled plastics: additives and their effects on properties*. *Plastics Additives*. Ed. G. Pritchard. Dordrecht : Springer, 1998, pp. 535–543.

31. Riva A., Zanetti M., Braglia M., Camio G., Falqui L. Thermal Degradation and Rheological Behaviour of EVA/Montmorillonite Nanocomposites // *Polymer Degradable and Stability*, 2002, vol. 77, is. 2, pp. 299–304.
32. Gerasin V. A., Antipov E. M., Karbushev V. V., Kulichikhin V. G., Karpacheva G. P., Tal'roze R. V., Kudryavtsev Ya. V. Novye podkhody k sozdaniyu gibridnykh polimernykh nanokompozitov: ot konstruksionnykh materialov k vysokotekhnologichnym primeneniya [New approaches to the development of hybrid nanocomposites: from structural materials to high-tech applications]. *Uspekhi khimii* [Russian Chemical Reviews], 2013, vol. 82, no. 4, pp. 303–332.
33. Hopfmann T., Wehner W., Rynningen A., Stoffelsma J. O., Clucas P., Pfaendner R. Organic based stabiliser systems for poly(vinyl chloride) pipes : New stabiliser generation. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 1998, vol. 27, no. 10, pp. 442–446.
34. Lipatov Yu. S. Fizicheskaya khimiya napolnennykh polimerov [Physical chemistry of filled polymers]. Moscow : Khimiya Publ., 1977. 304 p.
35. Kudyan S. G., Filimonov O. V., Pesetskiy S. S. Molekulyarno-strukturnye prevrashcheniya polietilentereftalata pri ego pererabotke iz raspavya [Molecular-structural transformations of polyethylene terephthalate during processing from the melt]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2007, vol. 12, no. 3, pp. 27–32.
36. Mordkovich V., Arutyunov I., Zaglyadova S., Karaeva A., Maslov I., Kireev S. Nanokompozity na osnove poliolefinov i uglerodnykh nanochastits i nanovolokon [Nanocomposites based polyolefines and carbon nanoparticles and nanofibers]. *Nanoindustrialiya* [Nanoindustry], 2009, no. 1, pp. 20–22.
37. Pesetskiy S. S., Makarenko O. A., Krivoguz Yu. M. Funktsionalizatsiya polipropilena privivkoy polyarnykh monomerov (obzor) [Functionalization of polypropylene by grafting polar monomers (review)]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2012, vol. 17, no. 2, pp. 25–48.
38. Pesetskii S. S., Jurkowski B., Krivoguz Y. M., Tomczyk T., Makarenko O. A. PP/LDPE Blends Produced by Reactive Processing. I. Grafting Efficiency Rheological and High-Elastic Properties of [PP/LDPE]-g-IA Melts. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2006, vol. 102, pp. 5095–5104.
39. Kerber L. M., Vinogradov V. M., Golovkin G. S., Gorbatkina Yu. A., Kryzhanovskiy V. K., Kuperman A. M., Simonov-Emel'yanov I. D., Khalilulin V. I., Bunakov V. A. *Polimernye kompozitsionnye materialy: struktura, svoystva, tekhnologiya* [Polymer composite materials: structure, properties, technology]. Ed. A. A. Berlin. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2008. 560 p.
40. Ershova O. V., Ivanovskiy S. K., Chuprova L. V., Bakhaeva A. N. Sovremennye kompozitsionnye materialy na osnove polimernoy matritsy [Modern composite materials on the basis of the polymeric matrix]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2015, no. 4-1, pp. 14–18.
41. Timoshenko V. V., Shapovalov V. M., Tavroginskaya M. G. Dispersnye napolniteli dlya termoplastov (obzor) [Dispersed fillers for thermoplastics (review)]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2007, vol. 12, no. 3, pp. 16–26.
42. Pakhareno V. A., Zverlin V. G., Kirienko E. M. *Napolnennyye termoplasty* [Filled thermoplastics]. Ed. Yu. S. Lipatov. Kiev : Tekhnika Publ., 1986. 182 p.
43. Shapovalov V. M., Timoshenko V. V. O mekhanizme uprochneniya smesey vtorichnykh poliolefinov vysokodispersnym dioksidom kremniya [On the mechanism of secondary polyolefin blends strengthening with highly dispersed silicon dioxide]. *Doklady NAN Belarusi* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus], 2008, vol. 52, no. 6, pp. 105–108.
44. Shapovalov V. M. Razrabotka vysokonaplnennykh kompozitov na osnove termoplastov i izmel'chennoy drevesiny dlya pererabotki metodom ekstruzii v izdeliya mashinostroitel'nogo naznacheniya. Avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk [Development of highly filled composites based on thermoplastics and shredded wood for processing by extrusion into mechanical engineering products. Dr. eng. sci. diss. abstract]. Gomel', 2005. 45 p.
45. Shapovalov V. M., Barsukov V. G., Kupchinov B. I. *Tekhnologiya pererabotki vysokonaplnennykh kompozitov* [Highly filled composites processing technology]. Ed. Yu. M. Pleskachevskii. Gomel' : IMMS NANB Publ., 2000. 260 p.
46. Porebska R., Rybak A., Kozub B., Sekula R. Polymer matrix influence on stability of wood polymer composites. *Polymer for Advanced Technologies*, 2015, vol. 26, is. 9, pp. 1076–1082.
47. Moroz P. A., Askadskiy A. A., Matseevich T. A., Solov'eva E. V., Askadskiy A. A. Primenenie vtorichnykh polimerov dlya proizvodstva drevesno-polimernykh kompozitov [The utilization of plastic recycling for production of wood polymer composites]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2017, no. 9-10, pp. 56–62.
48. Manulenko A. F., Yatsenko V. V. *Retsikling plastmass* [Polymer Recycling]. Minsk : BGTU Publ., 2013. 130 p.
49. Kudyan S. G. Tekhnologicheskie osobennosti pererabotki vtorichnykh termoplastov [Technological features of secondary thermoplastics processing]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2011, vol. 16, no. 2, pp. 80–84.
50. Tsvayfel' Kh., Maer R.D., Shiller M. Dobavki k polimeram [Plastics Additives Handbook]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2010. 1144 p.
51. Polimernye dobavki BASF dlya povysheniya dolgovechnosti agropolenok [Polymer additives BASF to increase the durability of agricultural films]. *Polimernye materialy. Izdeliya, oborudovanie, tekhnologii* [Polymer materials. Products, equipment, technology], 2018, no. 7, pp. 17.
52. Gul' V. E., Genel' S. V., Bulgakov V. Ya. Modifitsirovanie polimerov kremniyorganicheskimi soedineniyami [Modification of polymers with organosilicon compounds]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 1981, no. 9, pp. 20–21.
53. Mikhaylin Yu. A. Termoustoychivyye polimery i polimernye materialy [Heat-resistant polymers and polymer materials]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2006. 624 p.
54. Pfaendner R., Herbst H., Hoffmann K. Innovative concept for the upgrading of recyclates by restabilization and repair molecules. *Macromolecular Symposia*, 1998, vol. 135, is. 1, pp. 97–111.
55. Krul' L. P., Matushevich Yu. I., Nikiforov A. M., Brazhnikova L. Yu., Kondratovich E. I. Modifitsirovanie PEND akrilovoy kisloty v prisutstvii peroksida dikumila [Modification of HDPE with acrylic acid in the presence of dicumyl peroxide]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 1990, no. 7, pp. 77–80.
56. Herbst H., Hoffmann K., Pfaendner R., Zweifel H. Upgrading of Recyclates – The Solution for High Value Applications: Restabilization and Repair. *Frontiers in the Science and technology of polymer recycling*. Eds. G. Akovali, C. A. Bernardo, J. Leidner, L. A. Utracki, M. Xanthos. Dordrecht : Springer, 1998, pp. 73–101.
57. Pospíšil J., Horák Z., Kruliš Z., Nešpůrek S. The origin and role of structural inhomogeneities and impurities in material recycling of plastics. *Macromolecular Symposia*, 1998, vol. 135, is. 1, pp. 247–263.
58. Politika ES v otnoshenii vtorichnoy pererabotki plastmass [EU Plastics Recycling Policy]. *Polimerniy biznes* [Polymer business], 2018, no. 12-1 (207), pp. 4.
59. *Evrostrategiya po plastikam* [Eurostrategy for plastics]. Available at: www.rupec.ru (accessed 26.11.2020).