

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-71-81>

УДК 504.06:678.02

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ПОЛУЧЕНИИ И ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. М. ШАПОВАЛОВ⁺

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

Цель работы — анализ экологических проблем в технологии полимерных композитов и исследование возможностей их решения на всех стадиях производства и переработки полимерных материалов, направленных на их конечную утилизацию без вреда для здоровья людей и окружающей среды.

Внедрение полимерных материалов в различные области человеческой деятельности поставило перед специалистами-материаловедами ряд важных проблем, включая и проблему охраны окружающей среды. Важность решения экологических проблем обусловила жесткие требования к полимерам и технологиям их получения и переработки: производство полимеров должно быть экологически чистым или, по крайней мере, иметь минимальное влияние на окружающую среду. Поэтому при внедрении изделий из пластических масс в народное хозяйство необходима обязательная квалифицированная экспертиза образуемых отходов, состава выделяющихся токсичных веществ и их количественная оценка. В связи с этим важное значение приобретает необходимость снижения количества отходов, их рационального использования, процессы переработки вторичных полимерных материалов и создание на их основе безотходных технологий, которые также напрямую связаны и с проблемой уменьшения дефицита первичных полимеров. В немалой степени этому будет способствовать разработка и применение биоразлагаемых материалов. В целом это позволит не только понимать и по-новому оценивать катастрофические последствия беспечного и неосторожного обращения с природой, но и создавать условия для улучшения экологической обстановки в регионах.

Ключевые слова: экологические аспекты, технология полимерных композитов, безотходные технологии, биопластики, законодательные акты, рециклинг.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN OBTAINING AND APPLICATION OF POLYMER COMPOSITES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. M. SHAPOVALOV⁺

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

The purpose of the work is to analyze environmental problems in the technology of polymer composites and to study the possibilities of their solution at all stages of production and processing of polymeric materials aimed at their final disposal without harm to human health and the environment.

The introduction of polymeric materials into various fields of human activity has posed a number of important problems for material scientists, including the problem of environmental protection. The importance of solving environmental problems has led to stringent requirements for polymers and technologies for their production: the production of polymers must be environmentally friendly or, at least, have a minimal impact on the environment. Therefore, when introducing products from plastics into the national

⁺E-mail: v.shapovalov@tut.by

economy, a mandatory qualified examination is necessary for the waste generated, the composition of the released toxic substances and their quantitative assessment. In this regard, the need to reduce the amount of waste, their rational use, the processes of processing secondary polymeric materials and the creation of waste-free technologies based on them, which are also directly related to the problem of reducing the shortage of primary polymers, becomes important. To a large extent, this will be facilitated by the development and use of biodegradable materials. In general, this will allow not only to understand and re-evaluate the catastrophic consequences of careless and careless handling of nature, but also to create conditions for improving the environmental situation in the regions.

Keywords: environmental aspects, technology of polymer composites, non-waste technologies, bioplastics, legislative acts, recycling.

Поступила в редакцию 19.01.2023

© В. М. Шаповалов, 2023

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. Экологические проблемы в получении и применении полимерных композитов в Республике Беларусь // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 71–81.
<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-71-81>

Citation sample:

Shapovalov V. M. Ekologicheskie problemy v poluchenii i primenenii polimernykh kompozitov v Respublike Belarus' [Environmental problems in obtaining and application of polymer composites in the Republic of Belarus]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 1, pp. 71–81.
<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-71-81>

Литература

1. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика : монография : пер. с англ. СПб. : Научные основы и технологии, 2012. 640 с.
2. Иванова О. А., Реховская Е. О. Утилизация и переработка пластиковых отходов // Молодой ученый. 2015. № 21. С. 54–56.
3. Шаповалов В. М., Тартаковский З. Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. Гомель : ИММС НАНБ, 2003. 262 с.
4. Кудян С. Г., Шаповалов В. М., Таврогинская М. Г., Мышкин Н. К. Технологии рециклинга полимерных материалов // Инженер-механик. 2007. № 3. С. 7–19.
5. Вторичная переработка пластмасс : пер. с англ. / ред. Ф. Ла Мантия. СПб. : Профессия, 2007. 400 с.
6. Машанов А. В., Шевцов Д. Г. Современные методы утилизации полимерных отходов. Анализ проблемы // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2015. Т. 1. С. 98–100.
7. Керницкий В. И., Жир Н. А. Переработка отходов полиэтилентерефталата // Твердые бытовые отходы. 2015. № 5 (107). С. 17–23.
8. Барсуков В. В., Иванова Т. Л. Сравнительный анализ тенденций обращения с бытовыми отходами в странах Евросоюза и Республике Беларусь // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики : материалы XXIV международной научно-практической конференции, Алушта, 16–20 сентября 2019 г. Симферополь : АРИАЛ, 2019. С. 85–90.
9. Сперанская О. А., Понизова О. А., Гурский Я. Г., Цитцер О. Ю. Российский рынок пластиков и пластиковых отходов // Полимерные материалы: изделия, оборудование, технологии. 2022. № 2. С. 30–35.
10. Andradu A. L. Microplastics in the marine environment // Marine Pollution Bulletin, 2011, no. 62, pp. 1596–1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
11. Brown M. A., Crump P., Niven S. J., Teuten E., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. Accumulation of Microplastic on Shorelines Wold-

- wide: Sources and Sinks // *Environmental Science and Technology*, 2011, vol. 45, no. 21, pp. 9175–9179. doi: 10.1021/es201811s
12. Зинович З. К., Халецкий В. А. Рециклинг полимеров: информационные, экологические и технологические аспекты. Минск : Изд-во С. Лаврова, 1999. 252 с.
13. Рахимов М. А., Рахимова Г. М., Иманов Е. М. Проблемы утилизации полимерных отходов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8-2. С. 331–334.
14. Шварц О. Эбелинг Ф.-В., Фурт Б. Переработка пластмасс : пер. с нем. СПб. : Профессия, 2005. 320 с.
15. Липик В. Т., Прокопчук Н. Р. Рециклинг и утилизация полимерных отходов. Минск : БГТУ, 2008. 289 с.
16. Сутягин В. М., Ляпков А. А. Общая химическая технология полимеров : учебное пособие. Томск : ТПУ, 2007. 195 с.
17. Юлкин М. А., Дьячков В. А., Самородов А. В., Кокорин А. О. Добровольные системы и стандарты снижения выбросов парниковых газов. Москва : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. 100 с. [Электронный ресурс]. URL: https://wwf.ru/upload/iblock/e9e/uglerod_rynok_web_1.pdf (дата обращения: 3.06.2014).
18. Ляпков А. А., Ионов Е. И. Техника защиты окружающей среды : учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. Томск : ТПУ, 2008. 317 с.
19. Софьяна С. Ю., Темникова Н. Е., Русанова С. Н. Технология полимеров : учебно-методическое пособие. Казань : КНИТУ, 2018. 140 с.
20. Черников А. И., Горюнов В. А., Воробьев Е. А., Панов П. О. Экологическая безопасность производства и применения полимерных материалов // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2016. Т. 1, № 1 (7). С. 364–366.
21. Арслонов Д. Р., Максумова О. С. О технологии производства поливинилхлорида суспензионным методом // *Молодой ученый*. 2021. № 49 (391). С. 11–13.
22. Потапова Е. В. Проблема утилизации пластиковых отходов // *Известия Байкальского государственного университета*. 2018. Т. 28, № 4. С. 535–541. doi: 10.17150/2500-2759.2018.28(4).535-544
23. Левин Е., Гулак М., Сагитов Р. Комплексная переработка твердых бытовых отходов. М. : LAP Lambert Academic Publ., 2012. 92 с.
24. Шубов Л. Я., Ставровский М. Е., Олейник А. В. Технология твердых бытовых отходов : учебник. М. : Альфа-М : Уником сервис : Инфра-М, 2016. 400 с.
25. Куликова Ю. В., Тукачева К. О. Анализ технологий утилизации полимерных композиционных материалов // *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. 2017. № 4. С. 103–120. doi: 10.15593/24111678/2017.04.08
26. Бузова О. В., Новикова В. О. Переработка пластиковых отходов // *Проблемы и перспективы развития науки в России и мире : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Пермь, 17 июня 2017 г. : в 2 ч. Ч. 2*. Стерлитамак : Агентство международных исследований, 2017. С. 134–136.
27. Петров А. В., Дориомедов М. С., Скрипачев С. Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // *Труды ВИАМ*. 2015. № 8. С. 62–73.
28. Fox J. A., Stacey N. T. Process targeting: An energy based comparison of waste plastic processing technologies // *Energy*, 2019, vol. 170, pp. 273–283. doi: 10.1016/j.energy.2018.12.160
29. 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. doi: 10.32864/polymmattech-2021-7-3-6-19
30. Рзаев К. В. Переработка отходов пластмасс в России // *Твёрдые бытовые отходы*. 2017. № 1 (127). С. 7–9.
31. Emblem A. Plastics properties for packaging materials // *Packaging Technology: Fundamentals, Materials and Processes* / eds. A. Emblem, H. Emblem. UK : Woodhead Publ., 2012, pp. 287–309. doi: 10.1533/9780857095701.2.287
32. Mădălina E. Methods of Recycling, Properties and Applications of Recycled Thermoplastic Polymers // *Recycling*, 2017, vol. 2, is. 4. doi: 10.3390/recycling2040024
33. Mehdi Sadat-Shojai, Gholam-Reza Bakhshandeh. Recycling of PVC wastes // *Polymer Degradation and Stability*, 2011, vol. 96, is. 4, pp. 404–415. doi: 10.1016/j.polyimdegstab.2010.12.001
34. Ragart K, Delva L., Kevin V. G. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste // *Waste Management*, 2017, vol. 9, pp. 24–58. doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.044
35. Сутягин В. М., Бондалетов В. Г., Кукурина О. С. Принципы разработки малоотходных и безотходных технологий : учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Томск : ТПУ, 2009. 184 с.
36. Авдеева Т. В., Ермоленко М. С., Жидко Е. А. Основные направления и принципы безотходных и малоотходных технологий // *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2021. № 2 (24). С. 29–33.
37. Шаповалов В. М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и изделий. Минск : Беларуская навука, 2010. 454 с.
38. Носов К. С., Шаповалов В. М. Высоконаполненные полимер-минеральные композиты и технология получения из них технических изделий для жилищно-коммунального хозяйства и строительства (обзор) // *Материалы, технологии, инструменты*. 2013. Т. 18, № 4. С. 63–70.
39. Мельников С. Ф., Шаповалов В. М., Овчинников К. В., Давыдов А. А., Бобрышева С. Н. Стойкость древеснополимерных композитов к горению // *Полимерные материалы и технологии*. 2022. Т. 8, № 3. С. 42–48. doi: 10.32864/polymmattech-2022-8-3-42-48
40. Подденежный Е. Н., Дробышевская Н. Е., Бойко А. А., Шаповалов В. М., Дробышевский Н. С., Ашрапова Т. Ф. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе крахмала и смеси полиолефинов // *Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого*. 2021. № 1. С. 53–60.
41. Avérous L., Pollet E. Biodegradable Polymers // *Environmental Silicate Nano-Biocomposites* / eds.: Luc Avérous, Eric Pollet. London : Springer, 2012, pp. 13–39.
42. Плетнев М. Ю. Биополимеры как материал для экологической упаковки // *Packaging R&D*. 2007. № 3. С. 46–51.
43. 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).
44. Directive (EU) 2015/720 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 amending Directive 94/62/EC as regards reducing the consumption of lightweight plastic carrier bags [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32015L0720> (дата обращения: 12.01.2021).
45. Использование полиэтиленовых пакетов: необходимость или потребность? // *Экология на предприятии*. 2016. № 2. С. 28–34.
46. Крутько Э. Т., Прокопчук Н. Р., Глоба А. И. Технология биоразлагаемых полимерных материалов. Минск : БГТУ, 2014. 105 с.
47. Потапов А. Г., Пармон В. Н. Биоразлагаемые полимеры – вперед в будущее // *Экология и промышленность России*, 2010. № 5S. С. 4–8.
48. Дятлов Д. С., Гулемова Л. Р. Биопластики как замена стандартных полимерных материалов // *Материалы и методы инновационных научно-практических исследований и разработок : сборник статей Международной научно-практической конференции, Калужь*

- га, 28 октября 2019 г. : Ч. 2. Уфа : OMEGA SCIENCE, 2019. С. 57–59.
49. Патент 2570905 РФ, C08L 23/06, C08L 3/02, C08L 101/16, C08K 5/053. Способ получения биodeградируемой термопластичной композиции / Дышлюк Л. С., Белова Д. Д., Бабич О. О., Просеков А. Ю., Карчин К. В., Асякина Л. К. N 2014126140/04; заявл. 26.06.2014; опубл. 20.12.2015.
 50. Масанов А. Ю. Биоразлагаемые пластики: текущее состояние рынков и перспективы // Вестник химической промышленности. 2017. № 3 (96). С. 42–45.
 51. Тугушев А. А. Систематизация базовых методов «зеленых» технологий в строительстве // Молодой ученый. 2020. № 26 (316). С. 69–73.
 52. Егорова М. С., Цубрович Я. А. Анализ востребованности «зеленых» технологий в России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5-2. С. 305–307.

References

1. Shayers Dzh. *Retsikling plastmass: nauka, tekhnologii, praktika* [Polymer recycling: science, technology and applications]. Saint-Petersburg : Nauchnye osnovy i tekhnologii Publ., 2012. 640 p.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. *Vtorichnaya pererabotka plastmass* [Recycling of plastics]. Ed. F. La Mantiya. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2006. 397 p.
6. Mashanov A. V., Shevtsov D. G. Sovremennyye metody utilizatsii polimernykh otkhodov. Analiz problemy [Modern methods of recycling of polymeric waste. Analysis of the problem]. *Sovremennyye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskii progress* [Modern technologies and scientific and technical progress], 2015, vol. 1, pp. 98–100.
7. Kernitskiy V. I., Zhir N. A. Pererabotka otkhodov polietilentereftalata [Recycling of polyethylene terephthalate waste]. *Tverdye bytovye otkhody* [Solid household waste], 2015, no. 5 (107), pp. 17–23.
8. Barsukov V. V., Ivanova T. L. Sravnitel'nyy analiz tendentsiy obrashcheniya s bytovymi otkhodami v stranakh Evrosoyuza i Respublike Belarus' [Comparative analysis of trends in municipal waste management in the EU and the Republic of Belarus]. *Materialy XXIV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya ekonomiki»* [Materials of the XXIV International Scientific and practical Conference “Problems and prospects of innovative development of the economy”]. Simferopol' : ARIAL Publ., 2019, pp. 85–90.
9. Speranskaya O. A., Ponizova O. A., Gurskiy Ya. G., Tsittser O. Yu. Rossiyskiy rynek plastikov i plastikovykh otkhodov [The Russian market of plastics and plastic waste]. *Polimernye materialy: izdeliya, oborudovanie, tekhnologii* [Polymer materials. Products, equipment, technology], 2022, no. 2, pp. 30–35.
10. Andrady A. L. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, no. 62, pp. 1596–1605. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
11. Brown M. A., Crump P., Niven S. J., Teuten E., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, 2011, vol. 45, no. 21, pp. 9175–9179. doi: 10.1021/es201811s
12. 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.
13. Rakhimov M. A., Rakhimova G. M., Imanov E. M. Problemy utilizatsii polimernykh otkhodov [Problems of recycling polymer wastes]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic Research], 2014, no. 8-2, pp. 331–334.
14. Shvarts O., Ebeling F.-V., Furt B. *Pererabotka plastmass* [Plastics processing]. Saint-Petersburg. : Professiya Publ., 2005. 320 p.
15. Lipik V. T., Prokopchuk N. R. *Retsikling i utilizatsiya polimernykh otkhodov* [Recycling and disposal of polymer wastes]. Minsk : BG TU Publ., 2008. 289 p.
16. Sutyagin V. M., Lyapkov A. A. *Obshchaya khimicheskaya tekhnologiya polimerov* [General chemical technology of polymers]. Tomsk : TPU Publ., 2007. 195 p.
17. Yulkin M. A., D'yachkov V. A., Samorodov A. V., Kokorin A. O. Dobrovol'nye sistemy i standarty snizheniya vybrosov parnikovykh gazov [Voluntary systems and standards for reducing greenhouse gas emissions]. Moscow : Vsemirnyy fond dikoy prirody (WWF), 2013. 100 p. Available at: https://wwf.ru/upload/iblock/e9e/uglerod_rynok_web_1.pdf (accessed 3.06.2014).
18. Lyapkov A. A., Ionova E. I. *Tekhnika zashchity okruzhayushchey sredy* [Environmental Protection Engineering]. Tomsk : TPU Publ., 2008. 317 p.
19. Sofina S. Yu., Temnikova N. E., Rusanova S. N. *Tekhnologiya polimerov* [Polymer technology]. Kazan' : KNITU Publ., 2018. 140 p.
20. Chernikov A. I., Goryunov V. A., Vorob'ev E. A., Panov P. O. Ekologicheskaya bezopasnost' proizvodstva i primeneniya polimernykh materialov [Ecological safety of production and use of polymeric materials]. *Sovremennyye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy* [Modern technologies for civil defense and emergency response], 2016, vol. 1, no. 1 (7), pp. 364–366.
21. Arslonov D. R., Maksumova O. S. O tekhnologii proizvodstva polivinilkhlorida suspensionnym metodom [On the technology of production of polyvinyl chloride by the suspension method]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2021, no. 49 (391), pp. 11–13.
22. Potapova E. V. Problema utilizatsii plastikovykh otkhodov [The issue of plastic waste utilization]. *Izvestiya Baykal'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Baikal State University], 2018, vol. 28, no. 4, pp. 535–541. doi: 10.17150/2500-2759.2018.28(4).535-544
23. Levin E., Gulak M., Sagitov R. *Kompleksnaya pererabotka tverdykh bytovykh otkhodov* [Complex processing of municipal solid waste]. Moscow : LAP Lambert Academic Publ., 2012. 92 p.
24. Shubov L. Ya., Stavrovskiy M. E., Oleynik A. V. *Tekhnologiya tverdykh bytovykh otkhodov* [Technology of municipal solid waste]. Moscow : Al'fa-M Publ. [et al.], 2016. 400 p.
25. Kulikova Yu. V., Tukacheva K. O. Analiz tekhnologiy utilizatsii polimernykh kompozitsionnykh materialov [Analysis of recycling technologies of polymer composite materials]. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport facilities. Ecology], 2017, no. 4, pp. 103–120. doi: 10.15593/24111678/2017.04.08
26. Buzova O. V., Novikova V. O. Pererabotka plastikovykh otkhodov [Plastic waste recycling]. *Sbornik statey po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy i perspektivy razvitiya nauki v Rossii i mire»* [Collection of articles on the results of the International Scientific and Practical Conference “Problems and prospects of science development in Russia and the world”]. Sterlitamak : Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy Publ., 2017. Part. 2, pp. 134–136.
27. Petrov A. V., Doriomedov M. S., Skripachev S. Yu. Tekhnologii utilizatsii polimernykh kompozitsionnykh materialov (obzor)

- [Recycling technologies of polymer composite materials (Review)]. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2015, no. 8, pp. 62–73.
28. Fox J. A., Stacey N. T. Process targeting: An energy based comparison of waste plastic processing technologies. *Energy*, 2019, vol. 170, pp. 273–283. doi: 10.1016/j.energy.2018.12.160
29. Shapovalov V. M., Grigor'ev A. Ya. Retsikling i utilizatsiya mnogokomponentnykh poli-mernykh 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. doi: 10.32864/polymmattech-2021-7-3-6-19
30. Rzaev K. V. Pererabotka otkhodov plastmass v Rossii [Recycling of plastic waste in Russia]. *Tverdye bytovye otkhody* [Solid household waste], 2017, no. 1 (127), pp. 7–9.
31. Emblem A. Plastics properties for packaging materials. *Packaging Technology: Fundamentals, Materials and Processes*. Eds. A. Emblem, H. Emblem. UK : Woodhead Publ., 2012, pp. 287–309. doi: 10.1533/9780857095701.2.287
32. Mădălina E. Methods of Recycling, Properties and Applications of Recycled Thermoplastic Polymers. *Recycling*, 2017, vol. 2, is. 4. doi: 10.3390/recycling2040024
33. Mehdi Sadat-Shojai, Gholam-Reza Bakhshandeh. Recycling of PVC wastes. *Polymer Degradation and Stability*, 2011, vol. 96, is. 4, pp. 404–415. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2010.12.001
34. Ragart K., Delva L., Kevin V. G. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 2017, vol. 69, pp. 24–58. doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.044
35. Sutyagin V. M., Bondaleto V. G., Kukurina O. S. *Printsipy razrabotki malootkhodnykh i bezotkhodnykh tekhnologiy* [Principles of development of low-waste and non-waste technologies]. Tomsk : TPU Publ., 2009. 184 p.
36. Avdeeva T. V., Ermolenko M. S., Zhidko E. A. Osnovnye napravleniya i printsipy bezot-khodnykh i malootkhodnykh tekhnologiy [Main directions and principles of non-waste and low-waste technologies]. *Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh* [Information technologies in construction, social and economic systems], 2021, no. 2 (24), pp. 29–33.
37. Shapovalov V. M. Tekhnologiya polimernykh i polimersoderzhashchikh stroitel'nykh materialov i izdeliy [Technology of polymer and polymer-containing building materials and products]. Minsk : Belaruskaya navuka Publ., 2010. 454 p.
38. Nosov K. S., Shapovalov V. M. Vysokonaplnennyye polimer-mineral'nye kompozity i tekhnologiya polucheniya iz nikh tekhnicheskikh izdeliy dlya zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva i stroitel'stva (obzor) [Of highly-polymer composites mineral and technologies derived from them ware for housing and communal services and construction (Review)]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials, technologies, tools], 2013, vol. 18, no. 4, pp. 63–70.
39. Mel'nikov S. F., Shapovalov V. M., Ovchinnikov K. V., Davydov A. A., Bobrysheva S. N. Stoykost' drevesnopolimernykh kompozitov k goreniyu [Fire resistance of wood-polymer composites]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2022, vol. 8, no. 3, pp. 42–48. doi: 10.32864/polymmattech-2022-8-3-42-48
40. Poddenezhnyy E. N., Drobyshevskaya N. E., Boyko A. A., Shapovalov V. M., Drobyshevskiy N. S., Ashrapova T. F. Biorazлагаемые композиционные материалы на основе крахмала и смеси полиолефинов [Biodegradable composite materials based on starch and polyolefin mixtures]. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P. O. Sukhogo* [Bulletin of the P. O. Sukhoi Gomel State Technical University], 2021., no. 1, pp. 53–60.
41. Avérous L., Pollet E. Biodegradable Polymers. *Environmental Silicate Nano-Biocomposites*. Eds.: Luc Avérous, Eric Pollet. London : Springer, 2012, pp.13–39.
42. Pletnev M. Yu. Biopolimery kak material dlya ekologicheskoy upakovki [Biopolymers as a material for ecological packaging]. *Packaging R&D*, 2007, no. 3, pp. 46–51.
43. 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).
44. Directive (EU) 2015/720 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 amending Directive 94/62/EC as regards reducing the consumption of lightweight plastic carrier bags. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32015L0720> (accessed 12 January 2021).
45. Ispol'zovanie polietilenovykh paketov: neobkhodimost' ili potrebnost'? [The use of plastic bags: a necessity or a need?]. *Ekologiya na predpriyatii* [Ecology at the enterprise], 2016, no. 2, pp. 28–34.
46. Krut'ko E. T., Prokopchuk N. R., Globa A. I. *Tekhnologiya biorazлагаemykh polimernykh materialov* [Technology of biodegradable polymer materials], Minsk : BGTU Publ., 2014. 105 p.
47. Potapov A. G., Parmon V. N. Biorazлагаемые полимеры – вперед в будущее [Biodegradable polymers – forward to the future]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2010, no. 5S, pp. 4–8.
48. Dyatlov D. S., Gulemova L. R. Bioplastiki kak zamena standartnykh polimernykh materialov [Bioplastics as a replacement for standard polymer materials]. *Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Materialy i metody innovatsionnykh nauchno-prakticheskikh issledovaniy i razrabotok»* [Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference “Materials and methods of innovative scientific and practical research and development”]. Ufa : OMEGA SCIENCE Publ., 2019, pp. 57–59.
49. Dyshlyuk L. S., Belova D. D., Babich O. O., Prosekov A. Yu., Karchin K. V., Asyakina L. K. Sposob polucheniya biodegradiruemykh termoplastichnoy kompozitsii [Method of obtaining biodegradable thermoplastic composition]. Patent RF, no. 2570905, 2015.
50. Masanov A. Yu. Biorazлагаемые пластики: tekushchee sostoyanie rynkov i perspektivy [Biodegradable plastics: current state of markets and prospects]. *Vestnik khimicheskoy promyshlennosti* [Bulletin of the Chemical Industry], 2017, no. 3 (96), pp. 42–45.
51. Tugushev A. A. Sistematizatsiya bazovykh metodov «zelenykh» tekhnologiy v stroitel'stve [Systematization of basic methods of “green” technologies in construction]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2020, no. 26 (316), pp. 69–73.
52. Egorova M. S., Tsubrovich Ya. A. Analiz vostrebovannosti «zelenykh» tekhnologiy v Rossii [The analysis of the demand of “green” technologies in Russia]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research], 2015, no. 5-2, pp. 305–307.