

Научная статья
УДК 691.175.2

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА РЕГУЛИРОВАНИЯ БИОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Никита Семенович Штабнов¹, Алексей Евгеньевич Шкуро²,
Артем Вячеславович Артемов³, Артем Юрьевич Солдатов⁴

^{1, 4} Филиал ФГБУ «48 Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации, Екатеринбург, Россия

^{2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ lol_hukutos@mail.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ timopheysky91@yandex.ru

Аннотация. В данной работе на основании выполненного литературного обзора и анализа существующих методов создания биоразлагаемых полимерных композиционных материалов предложена блок-схема для выбора оптимального метода регулирования биостойкости композиционных материалов на основе лигноцеллюлозных наполнителей.

Ключевые слова: композиционные материалы, лигноцеллюлозные наполнители, биостойкость, биоразложение, методы

Для цитирования: Выбор оптимального метода регулирования биостойкости композиционных материалов / Н. С. Штабнов, А. Е. Шкуро, А. В. Артемов, А. Ю. Солдатов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 1001–1005.

Original article

CHOOSING THE OPTIMAL METHOD OF BIOSTABILITY CONTROL OF COMPOSITE MATERIALS

Nikita S. Shtabnov¹, Aleksey E. Shkuro², Artyom V. Artyomov³,
Artyom Yu. Soldatov⁴

^{1, 4} Branch of the Federal State Budgetary Institution “48th Central Research

Institute” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Ekaterinburg, Russia

^{2,3} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ lol_hukutos@mail.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ timopheysky91@yandex.ru

Abstract. In this paper, based on the literature review and analysis of existing methods for creating biodegradable polymer composite materials, a block diagram is proposed for choosing the optimal method for regulating the biostability of composite materials based on lignocellulose fillers.

Keywords: composite materials, lignocellulose fillers, biostability, biodegradation, methods

For citation: Vybor optimalnogo metoda regulirovaniya biostojkosti kompozitsionnykh materialov [Choosing the optimal method of biostability control of composite materials] (2025) N. S. Shtabnov, A. E. Shkuro, A. V. Artyomov, A. Yu. Soldatov. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of students and postgraduates. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 1001–1005. (In Russ).

Значение полимерных материалов в жизни современного общества трудно переоценить. Рост производства и потребления полимеров – одно из основных направлений развития мировой экономики. В последние годы темпы роста производства полимерных материалов, а также их номенклатура существенно увеличились. Вместе с тем остро встает проблема утилизации полимерных отходов после истечения срока эксплуатации материалов и изделий, получаемых на их основе.

В этой связи в мире все большее внимание исследователей привлекает задача придания биоразлагаемости синтетическим полимерным системам, которые сохраняли бы свои потребительские свойства в течение требуемого срока эксплуатации, а по его истечении подвергались бы при определенных условиях физико-химическим и биохимическим превращениям, ускоренно разрушаясь и разлагаясь на безвредные для природы компоненты.

Для создания биоразлагаемых полимерных материалов важно не только решение проблемы утилизации их отходов, но и решение задачи по достижению и сохранению необходимых физико-механических свойств с учетом индивидуальных требований к изделиям из таких материалов, дальнейшего его назначения и условий эксплуатации.

Все эти факторы в совокупности формируют научное противоречие между необходимостью создания биоразлагаемых полимерных материалов

и решением задачи по достижению и сохранению высокого уровня физико-механических и эксплуатационных свойств таких материалов.

Цель данной работы – систематизация современной научно-технической информации по теме методов увеличения биodeградируемости полимерных композиционных материалов и повышения их биостойкости для выбора оптимального метода.

В настоящее время многообразие полимерных и композиционных материалов является основной причиной затруднения в разработке единого подхода к утилизации изделий, потерявших потребительские свойства на основе данных материалов. Кроме того, это также является практически основной причиной невозможности выработки единого подхода к созданию материалов, обладающих единым механизмом процесса биодеструкции. Такие обстоятельства вызывают затруднения в выборе оптимального метода создания композиционных материалов на основе лигноцеллюлозных наполнителей с регулируемой биостойкостью.

На основании проведенного анализа научных публикаций исследования были разделены на группы, соответствующие методам создания биоразлагаемых полимерных композиционных материалов:

- применение в качестве основного компонента полимерной матрицы композита полимерных материалов с высокой скоростью биоразложения [1]. Полимерная матрица биоразлагаемого композита также может быть представлена смесью биodeградируемого и относительно биостойкого материала. Общая биостойкость системы в таком случае будет определяться рядом ее физико-химических характеристик;
- модификация полимеров специальными добавками, обеспечивающими возможность биодеструкции материала при определенных внешних условиях [2]. Такие добавки вводятся в полимеры в процессы переработки преимущественно методами экструзии и литья под давлением;
- использование естественных продуктов для питания микроорганизмов в качестве наполнителей композиционных материалов [3]. В качестве таких наполнителей применяют крахмал, целлюлозу, лактозу, магний, мочевины;
- физико-механическая обработка полимерного материала, приводящая к частичной деструкции его макромолекул и облегчающая действие микроорганизмов; контролируемое старение материала [4].

Для композиционных материалов на основе лигноцеллюлозосодержащего сырья механизм деструкции будет определяться свойствами выбранного наполнителя. Для лигноцеллюлозосодержащего сырья определены характерные признаки биоразлагаемости [5].

В общем виде существующие методы регулирования биостойкости полимерных композиционных материалов можно представить в виде схемы, представленной на рисунке.



Существующие методы регулирования биостойкости композиционных материалов

На основании проведенного анализа литературных источников и данных, представленных на рисунке блок-схемы, можно рекомендовать следующий алгоритм выбора метода регулирования биостойкости композиционных материалов:

1. **Определить направление регулирования биостойкости.** Нужно понять, какие свойства, отвечающие за биостойкость материала нужно изменить (например, химические или физические).

2. **Выбрать тип биостойкости.** Она может быть химической (взаимодействия макромолекул композита с веществами модификаторами, стабилизаторами) или физико-химической (внешнее механическое воздействие на композит, например, электромагнитное облучение).

3. **Изучить доступные методы.** К ним относятся различные методы конструкционной, физико-механической и химической групп (см. рисунок).

4. **Оценить достоинства и недостатки каждого метода.** Например, у химических методов есть такие преимущества, как возможность изменить широкий спектр физико-механических свойств композита, а не только сроки биоразлагаемости.

5. **Выбрать метод, который соответствует конкретным условиям и требованиям к биостойкости.** Выбор метода биостойкости композитов зависит от конкретных задач и возможностей.

В результате проведенного анализа литературных данных по вопросам регулирования способности материалов сопротивляться действию биологических факторов, была обобщена и систематизирована научно-техническая информация о существующих методах увеличения биodeградируемости

композиционных материалов и повышения их биостойкости. Дальнейшие исследования в этой области целесообразно направить на поиск технических решений, необходимых для получения биоразлагаемых композиционных материалов на основе лигноцеллюлозных наполнителей с требуемыми физико-механическими свойствами и прогнозируемым периодом биоразложения.

Список источников

1. Биоразлагаемые композиты с полимерной фазой поливинилхлорида и лигноцеллюлозными наполнителями / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, Ю. М. Кулаженко, П. С. Захаров // Resources and Technology. 2023. Т. 20, № 3. С. 1–14.
2. Microplastics in fish gut, first records from the Tom River in West Siberia, Russia / Yu. A. Frank, E. D. Vorobiev, I. B. Babkina [et al.] // Tomsk State University Journal of Biology. 2020. № 52. P. 130–139.
3. Glukhikh, V. V., Shkuro A. E., Krivonogov P. S. The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers // Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series. 2021. № 3 (103). P. 83–92.
4. The Effect of High-Energy Electron Beam Irradiation on the Physicochemical Properties of Pet Material / R. A. Vazirov, A. E. Shkuro, V. G. Buryndin [et al.] // Radiation Physics and Chemistry. 2025. Vol. 227. P. 112392.
5. Методика для оценки степени биоразлагаемости пластиков на основе лигноцеллюлозосодержащего сырья без добавления связующих веществ / А. В. Артемов, А. С. Ершова, А. Е. Шкуро, В. Г. Бурындин // Лесотехнический журнал. 2024. Т. 14, № 1 (53). С. 134–150.