

## СОЗДАНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

**Abduqodirova Rohila Turg'un qizi<sup>1</sup>,**

**Amirov Temurbek Baxtiyor o'g'li<sup>2</sup>**

Termiz davlat universiteti talabalari

<sup>1</sup>**ORCID:** 0009-0004-4965-1768

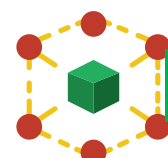
**Email:** [rohilam06@gmail.com](mailto:rohilam06@gmail.com)<sup>1</sup>

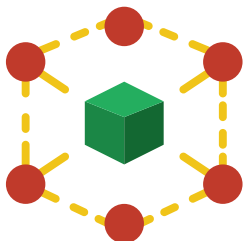
**Email:** [amirovtermurbek99@gmail.com](mailto:amirovtermurbek99@gmail.com)<sup>2</sup>

**Annotatsiya:** Hozirgi kunda plastik chiqindilarining to'planishi dunyodagi eng dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Sintetik polimerlar ishlab chiqarish hajmining yildan-yilga ortib borishi atrof-muhitning ifloslanishiga hamda ekotizimlarga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu sababli tabiiy biopolimerlar asosida biologik parchalanadigan qadoqlash materiallarini yaratish alohida ilmiy ahamiyat kasb etmoqda. Mazkur tadqiqot ekologik xavfsiz qadoqlash materiallarini ishlab chiqarishda qo'llaniladigan zamonaviy biopolimerlarni tahlil qilishga bag'ishlangan. Tadqiqotda kraxmal, xitozan, tsellyuloza hamda polilaktid kabi biopolimerlarning fizik-kimyoviy, mexanik va biologik xususiyatlari o'rganilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, plastifikatorlar hamda tabiiy to'ldiruvchilardan foydalanish biologik parchalanadigan plyonkalarining mustahkamligi va foydalanish xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilaydi. Tadqiqot natijalari biopolimerlarning an'anaviy plastik qadoqlash materiallariga istiqbolli muqobil ekanligini tasdiqlaydi.

**Kalit so'zlar:** biopolimer, biologik parchalanadigan qadoqlash, kraxmal, xitozan, tsellyuloza, polilaktid, fizik-kimyoviy xossalalar, biodegradatsiya, ekologik xavfsizlik.

**Аннотация:** В настоящее время проблема накопления пластиковых отходов является одной из наиболее серьезных экологических проблем современности. Ежегодное увеличение объемов производства синтетических полимеров приводит к загрязнению окружающей среды и негативному воздействию на экосистемы. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка биоразлагаемых упаковочных материалов на основе природных биополимеров. Настоящее исследование посвящено анализу современных биополимерных материалов, используемых при производстве экологически безопасной упаковки. Рассмотрены основные виды биополимеров, включая крахмал, хитозан, целлюлозу и полимолочную кислоту. Проведен анализ их физико-химических свойств, механической прочности, влагостойкости, газопроницаемости и способности к биологическому разложению. Показано, что применение пластификаторов и природных наполнителей позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики биоразлагаемых пленок.





Полученные результаты подтверждают перспективность использования биополимеров в качестве альтернативы традиционным синтетическим упаковочным материалам.

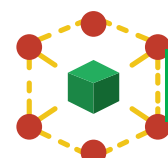
**Ключевые слова:** биополимеры, биоразлагаемая упаковка, крахмал, хитозан, целлюлоза, полимолочная кислота, физико-химические свойства, биodeградация, экологическая безопасность.

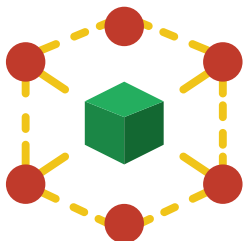
**Abstract:** This study focuses on the development and analysis of biodegradable packaging materials based on natural biopolymers. The relevance of the research is associated with the growing environmental concerns caused by the accumulation of plastic waste resulting from the extensive use of synthetic polymers. Renewable biopolymers are considered one of the most promising alternatives for the production of environmentally friendly packaging materials. The study analyzes modern biopolymers used in biodegradable packaging, including starch, chitosan, cellulose, and polylactic acid (PLA). Their physicochemical, mechanical, and functional properties, as well as their biodegradation behavior, are discussed. Particular attention is paid to the effects of plasticizers and natural fillers on improving the mechanical strength and performance characteristics of biopolymer films. The results demonstrate that natural biopolymers can be successfully utilized to produce environmentally friendly packaging materials with enhanced functional properties. Such materials represent a promising alternative to conventional petroleum-based plastics and contribute to reducing plastic pollution and promoting sustainable development.

**Keywords:** biopolymers, biodegradable packaging, starch, chitosan, cellulose, polylactic acid (PLA), physicochemical properties, biodegradation, environmental sustainability.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной промышленности сопровождается постоянным увеличением объемов производства полимерных материалов. По данным международных экологических организаций, ежегодное мировое производство пластмасс превышает 400 миллионов тонн, значительная часть которых используется для изготовления упаковочной продукции. После окончания срока эксплуатации большая часть пластиковой упаковки попадает на полигоны твердых бытовых отходов или в окружающую среду, где процесс ее естественного разложения может продолжаться несколько сотен лет. Одной из важнейших экологических проблем XXI века является загрязнение почвы, водных ресурсов и атмосферы пластиковыми отходами. Микропластик обнаруживается практически во всех компонентах окружающей среды, включая морские экосистемы, пресноводные водоемы, атмосферный воздух и даже живые организмы. Это создает серьезную угрозу для биоразнообразия, здоровья человека и устойчивого развития мировой экономики. В последние годы большое внимание уделяется разработке экологически безопасных материалов, способных полностью разлагаться под действием микроорганизмов без образования токсичных продуктов. Особый интерес





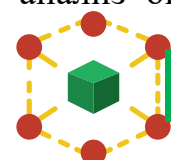
представляют биополимеры природного происхождения, которые получают из возобновляемого растительного и животного сырья.

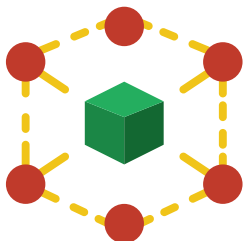
К числу наиболее перспективных биополимеров относятся крахмал, хитозан, целлюлоза, альгинаты, желатин и полимолочная кислота (PLA). Использование биополимеров позволяет значительно уменьшить зависимость промышленности от нефтехимического сырья, сократить выбросы парниковых газов и реализовать принципы циркулярной экономики. Однако широкое внедрение биоразлагаемых упаковочных материалов сдерживается рядом факторов, включая недостаточную механическую прочность, высокую чувствительность к влаге и относительно высокую стоимость производства. В связи с этим одной из актуальных задач современной химии полимеров является разработка новых композиционных материалов, обладающих высокой прочностью, хорошими барьерными свойствами, устойчивостью к воздействию влаги и способностью к полной биологической деградации после окончания срока эксплуатации. **Современное состояние исследований биополимерных материалов.** В последние годы наблюдается значительный рост научного интереса к разработке биополимерных материалов для упаковочной промышленности. Согласно современным исследованиям, биополимеры, такие как крахмал, хитозан, целлюлоза и полимолочная кислота (PLA), рассматриваются как перспективные альтернативы традиционным синтетическим пластикам благодаря их биоразлагаемости и возобновляемому происхождению. Многочисленные исследования показывают, что крахмальные пленки обладают низкой стоимостью и экологической безопасностью, однако характеризуются недостаточной механической прочностью и высокой гидрофильностью. Хитозан, напротив, демонстрирует хорошие антимикробные свойства, что делает его особенно перспективным для пищевой упаковки. Целлюлоза обладает высокой механической прочностью, но требует модификации для улучшения барьерных свойств.

PLA широко используется в промышленности благодаря хорошим термопластическим характеристикам, однако его стоимость остается относительно высокой.

## МЕТОДОЛОГИЯ И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

Настоящее исследование выполнено на основе систематического анализа современной научной литературы, посвященной биоразлагаемым полимерным упаковочным материалам. Для анализа были отобраны научные публикации за период 2020–2025 годов, индексируемые в международных базах данных Scopus, Web of Science, ScienceDirect и Google Scholar. Критериями отбора литературных источников являлись научная новизна, актуальность темы, достоверность экспериментальных данных и репутация научных журналов. Методологическая основа исследования включает библиографический анализ, сравнительный анализ и системный подход. Библиографический анализ позволил выявить основные направления развития биоразлагаемых полимеров. Сравнительный анализ был





использован для оценки физико-механических, барьерных и эксплуатационных свойств таких материалов, как крахмал, хитозан, целлюлоза, полимолочная кислота (PLA), альгинаты и желатин. Системный подход применялся для обобщения результатов различных исследований и выявления перспективных направлений развития полимерных композиций.

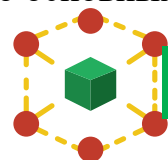
Анализ литературы показывает, что современные исследования в данной области в основном направлены на разработку композитных биополимерных материалов с улучшенными свойствами. Установлено, что введение наночастиц, природных волокон и биоактивных добавок способствует повышению механической прочности, влагостойкости и барьерных характеристик материалов. При этом основными ограничивающими факторами остаются высокая гидрофильность некоторых биополимеров и относительно высокая стоимость их производства. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее перспективным направлением является создание многокомпонентных биополимерных систем, обеспечивающих баланс между экологической безопасностью и эксплуатационными характеристиками.

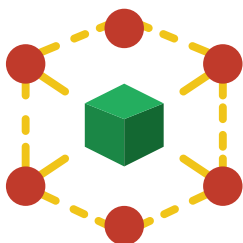
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ научной литературы показывает, что физико-механические и барьерные свойства биоразлагаемых полимерных упаковочных материалов в значительной степени зависят от их химического состава и структуры. Среди наиболее изученных биополимеров выделяются крахмал, хитозан, целлюлоза и полимолочная кислота (PLA), каждый из которых обладает как преимуществами, так и ограничениями.

Крахмальные материалы характеризуются высокой скоростью биоразложения и низкой стоимостью, однако отличаются низкой механической прочностью и высокой чувствительностью к влаге, что ограничивает их самостоятельное использование в упаковочных системах. Хитозан обладает выраженными антимикробными свойствами, что делает его перспективным для пищевой упаковки, однако его газопроницаемость и механические характеристики требуют дополнительного улучшения. Целлюлоза отличается высокой механической прочностью и структурной стабильностью, но из-за гидрофильной природы требует модификации для повышения влагостойкости. PLA демонстрирует хорошие термопластические свойства и технологичность переработки, однако его хрупкость и относительно высокая стоимость производства ограничивают широкое применение. Результаты анализа литературы свидетельствуют о том, что в последние годы основной акцент исследований смещается в сторону разработки композитных биополимерных материалов.

Введение наночастиц, наноклэя, природных волокон и биоактивных добавок позволяет существенно улучшить механические свойства, снизить газо- и влагопроницаемость, а также повысить антибактериальную активность материалов. При этом установлено, что основными





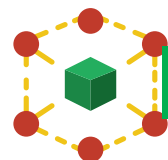
проблемами остаются высокая гидрофильность некоторых биополимеров и высокая себестоимость их производства. В связи с этим наиболее перспективным направлением исследований является создание многокомпонентных биополимерных композиций с оптимизированной структурой и улучшенными эксплуатационными характеристиками. В целом полученные результаты подтверждают, что отдельные биополимеры не способны полностью удовлетворить требованиям современных упаковочных материалов, тогда как композитный подход является наиболее эффективным решением для разработки экологически безопасных и функциональных упаковочных систем.

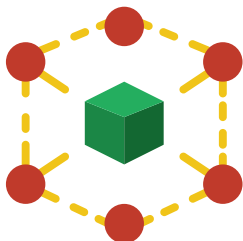
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа научной литературы установлено, что биоразлагаемые полимерные материалы представляют собой перспективное направление развития современной упаковочной промышленности. Однако их практическое применение ограничено недостаточными физико механическими и барьерными свойствами, а также высокой чувствительностью к воздействию влаги. Показано, что крахмал, хитозан, целлюлоза и полимолочная кислота (PLA) обладают различными функциональными преимуществами, но ни один из них в отдельности не обеспечивает полного комплекса эксплуатационных характеристик, необходимых для современных упаковочных материалов. В связи с этим особое значение приобретает разработка многокомпонентных биополимерных композиций. Установлено, что модификация биополимеров с использованием наночастиц, природных волокон и биоактивных добавок позволяет существенно улучшить их механические, барьерные и функциональные свойства. Наиболее перспективным направлением является создание композитных систем с оптимизированной структурой, обеспечивающих баланс между биоразлагаемостью, прочностью и устойчивостью к внешним воздействиям. Таким образом, результаты исследования подтверждают, что развитие биополимерных композитов является ключевым направлением для создания экологически безопасных и эффективных упаковочных материалов нового поколения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ebnesajjad, S. (2013). *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*. Elsevier.
2. Ebnesajjad, S. (2022). *Biodegradable Polymers, Blends and Composites*. Elsevier.
3. Avérous, L., & Halley, P. J. (2014). *Starch Polymers: From Structure to Processing and Applications*. Elsevier.
4. Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2005). *Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites*. CRC Press.
5. Kumar, S., Mukherjee, A., & Dutta, J. (2022). *Biopolymer-Based Food Packaging: Innovations and Technology Applications*. Wiley.





6. Sapuan, S. M., & Ilyas, R. A. (2021). *Bio-Based Packaging: Material, Environmental and Economic Aspects*. Wiley.
7. Roy, S., & Rhim, J. W. (2022). *Biomaterials for Sustainable Food Packaging: Challenges and Solutions*. Springer.

