



## BIODEGRADABLE BIO-BASED POLYMERS: MODERN CONDITION, PROBLEMS AND PROSPECTS

**Sharipov Begmurod Sharopovich**

Bukhara State Technical University.

Associate Professor, PhD, Department of Chemical Technology

**Bafoyev Abduhamid Hoshim o'g'li**

Doctoral student of the Department of Chemical Engineering,

Bukhara State Technical University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17465254>

### ARTICLE INFO

Received: 20<sup>th</sup> October 2025

Accepted: 27<sup>th</sup> October 2025

Online: 28<sup>th</sup> October 2025

### KEYWORDS

*Biodegradable bio-based polymer, polylactic acid, polyhydroxyalkanoates, environment, life cycle analysis, recycling.*

### ABSTRACT

*The article provides a comprehensive analysis of the current state of biodegradable bio-based polymers, their synthesis methods, physical-mechanical properties, techno-economic analysis, and environmental impact. A comparative analysis of polylactic acid (PLA), polyhydroxyalkanoates (PHA), and other biodegradable polymers is presented. The research results indicate that while biodegradable bio-based polymers have great potential in replacing traditional polymers, issues related to their large-scale production and recycling still need to be addressed.*

## БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ НА БИООСНОВЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Шарипов Бегмурод Шаропович**

Бухарский государственный технический университет.

Доцент, PhD, кафедра химической технологии

**Бафоев Абдухамид Хашим оглы**

Докторант кафедры химической технологии

Бухарского государственного технического университета

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17465254>

### ARTICLE INFO

Received: 20<sup>th</sup> October 2025

Accepted: 27<sup>th</sup> October 2025

Online: 28<sup>th</sup> October 2025

### KEYWORDS

*Биоразлагаемый биобазированный полимер, полилактидная кислота, полигидроксиалканоаты, окружающая среда, анализ жизненного цикла, переработка.*

### ABSTRACT

*В статье проведен комплексный анализ современного состояния биоразлагаемых биобазированных полимеров, методов их синтеза, физико-механических свойств, техно-экономического анализа и воздействия на окружающую среду. Приведен сравнительный анализ полилактида (PLA), полигидроксиалканоатов (PHA) и других биоразлагаемых полимеров. Результаты исследования показывают, что биоразлагаемые биобазированные полимеры обладают большим потенциалом в замене традиционных полимеров,*

однако проблемы, связанные с их крупномасштабным производством и переработкой, еще предстоит решить.

## **BIODEGRADATSIYA QILINADIGAN BIOASOSLI POLIMERLAR: ZAMONAVIY HOLAT, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR**

**Sharipov Begmurod Sharopovich**

Buxoro davlat texnika universiteti. Kimyo texnologiya kafedrası PhD.dotsenti

**Bafojev Abduhamid Hoshim o`g`li**

Buxoro davlat texnika universiteti, Kimyo muhandislik kafedrası doktoranti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17465254>

### **ARTICLE INFO**

Received: 20<sup>th</sup> October 2025

Accepted: 27<sup>th</sup> October 2025

Online: 28<sup>th</sup> October 2025

### **KEYWORDS**

Biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimer, polilaktid kislota, poligidroksialkanoatlar, atrof-muhit, hayot tsikli tahlili, qayta ishlash.

### **ABSTRACT**

Maqolada biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlarning zamonaviy holati, ularning sintez usullari, fizik-mexanik xossalari, texno-iqtisodiy tahlili va atrof-muhitga ta'siri kompleks tahlil qilindi. Polilaktid kislota (PLA), poligidroksialkanoatlar (PHA) va boshqa biodegradatsiya qilinadigan polimerlarning qiyosiy tahlili berildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlar an'anaviy polimerlarni almashtirishda katta imkoniyatlarga ega bo'lsa-da, ularning keng miqyosda ishlab chiqarishi va qayta ishlanishi bilan bog'liq muammolar hali ham hal etilishi kerak.

## **1. KIRISH**

Hozirgi vaqtda plastik chiqindilarning ko'payishi va ularning atrof-muhitga salbiy ta'siri jahon miqyosida dolzarb muammoga aylangan. An'anaviy neft asosidagi polimerlar tabiatda 100-500 yil davomida parchalanishi tufayli ekotizimlarga jiddiy zarar yetkazmoqda (1-rasm).



Dunyo okeanlarida har yili 8-12 million tonna plastik chiqindi tashlanadi

Quruqlikdagi chiqindilarning 40% ni plastik mahsulotlar tashkil qiladi

An'anaviy plastmassalar 100-500 yil davomida tabiatda parchalanish mumkin

1-rasm. Plastik chiqindilarning atrof-muhitga ta'siri

Shu munosabat bilan, biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlar an'anaviy plastmassalarga muqobil sifatida katta qiziqish uyg'otmoqda [1].

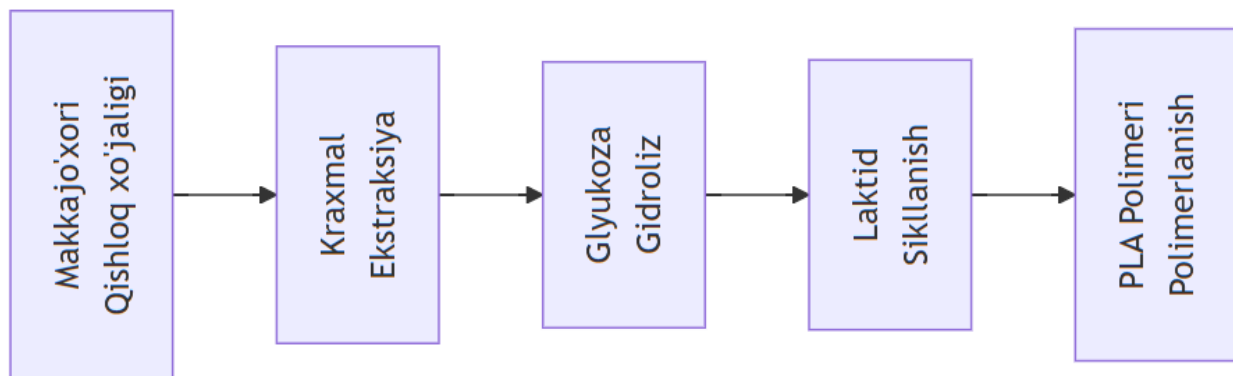
Biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlar - bu o'simlik, hayvon yoki o'rmon materiallari kabi biomassadan olinadigan va mikroorganizmlar ta'sirida parchalana oladigan polimerlar. Ular atrof-muhitga kamroq zarar yetkazish bilan birga, qayta tiklanadigan resurslar asosida ishlab chiqariladi [2].

Ushbu maqolaning maqsadi - biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlarning zamonaviy holati, ularning ishlab chiqarish texnologiyalari, xossalari, iqtisodiy jihatlari va ekologik ta'sirini kompleks tahlil qilishdan iborat.

## 2. BIOASOSLI POLIMERLARNING TURLARI VA XOSSALARI

### 2.1. Polilaktid kislota (PLA)

PLA eng keng tarqalgan biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimer hisoblanadi. Uni makkajo'xori, qand lavlagi va shakarqamish kabi o'simliklarning kraxmalidan olish mumkin (2-rasm).



### 2-rasm. PLA ishlab chiqarish jarayoni

#### Jarayon bosqichlari:

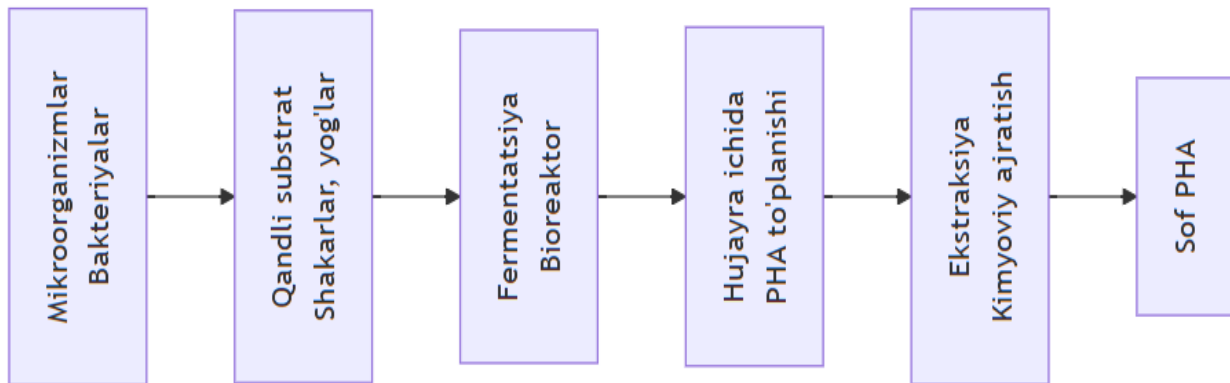
1. **Makkajo'xori (Qishloq xo'jaligi):** Bu butun zanjirning boshlang'ich nuqtasi va asosiy xom ashyo manbai.
2. **Kraxmal (Ekstraksiya):** Makkajo'xoridan maxsus usullar (ekstraksiya) yordamida kraxmal olinadi.
3. **Glyukoza (Gidroliz):** Olingan kraxmal kimyoviy ishlov berish (gidroliz) orqali glyukoza aylantiriladi.
4. **Laktid (Sikllanish):** Glyukoza fermentativ yo'l bilan laktid kimyoviy birikmasiga aylantiriladi.
5. **PLA Polimeri (Polimerlanish):** Yakuniy bosqichda laktid polimerlanish jarayoniga uchrab, PLA polimerini hosil qiladi.

PLA yaxshi mexanik xususiyatlarga ega bo'lib, 3D printerlar uchun filament, qadoqlash materiallari va tibbiyot sohasida qo'llaniladi [3].

#### PLA ning asosiy kamchiliklari:

- Nisbatan past haroratga chidamlilik (60°C dan yuqori haroratlarda shakli o'zgaradi)
- Suv va gaz o'tkazuvchanligi yuqori
- Biodegradatsiya jarayoni sekin (3-5 yil)
- **2.2. Poligidroksialkanoatlar (PHA)**

- PHA mikroorganizmlar tomonidan ishlab chiqariladigan poliesterlar guruhiga kiradi. Ular suvda erimaydi, yaxshi mexanik xossalarga ega va to'liq biodegradatsiyalanadi (3-rasm).



**3-rasm. PHA ishlab chiqarish jarayoni.**

#### **Jarayon bosqichlari:**

1. **Mikroorganizmlar (Bakteriyalar):** Maxsus bakteriyalar PHA ishlab chiqarish jarayonining asosiy "biologik fabrikasi" hisoblanadi.
  2. **Qandli substrat (Shakarlar, yog'lar):** Bakteriyalar uchun oziq modda bo'lib, keyinchalik PHA ga aylantiriladi.
  3. **Fermentatsiya (Bioreaktor):** Bakteriyalar va oziq modda bioreaktorda aralashirilib, fermentatsiya jarayoni amalga oshiriladi.
  4. **Hujayra ichida PHA to'planishi:** Bakteriyalar o'z hujayralari ichida PHA ni to'plab boradi.
  5. **Ekstraksiya (Kimyoviy ajratish):** Bakteriya hujayralari yorilib, ichidagi PHA polimeri kimyoviy usullar bilan ajratib olinadi.
  6. **Sof PHA:** Yakuniy mahsulot sifatida toza PHA polimeri olinadi.
- PHA ning eng keng tarqalgan turi poligidroksibutirat (PHB) hisoblanadi [4].

#### **PHA ning afzalliklari:**

- Yuqori haroratga chidamlilik (180°C gacha)
- Yaxshi suv o'tkazmaslik xususiyati
- Tez biodegradatsiyalanadi (6-12 oy)

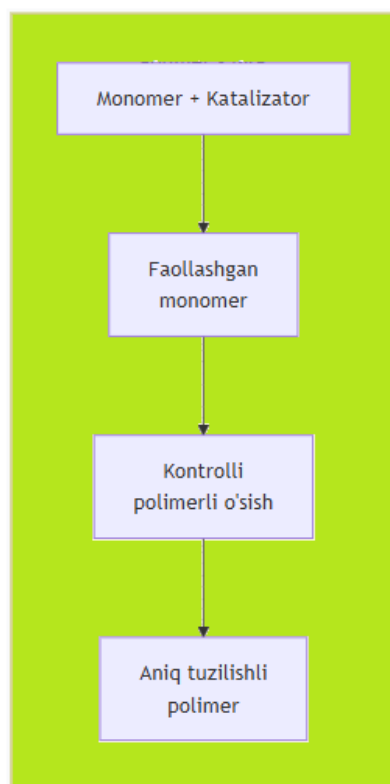
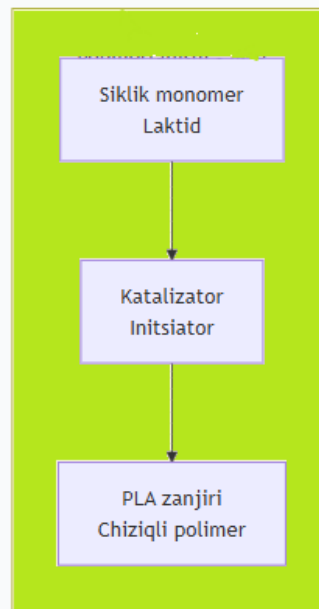
### **3. BIODEGRADATSIYA QILINADIGAN POLIMERLARNING SINTEZ USULLARI**

#### **3.1. Fermentatsiya usuli**

Fermentatsiya usuli orqali mikroorganizmlar (bakteriyalar, zamburug'lar) qandli moddalarni polimerlarga aylantiradi. Bu usul eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri bo'lib, yuqori soflikdagi polimerlarni olish imkonini beradi [5].

#### **3.2. Kimyoviy sintez usullari**

Kimyoviy sintez usullari orasida aylana ochilishi polimerlanishi (ROP) va boshqariladigan radikal polimerlanish (CRP) usullari alohida o'rin tutadi. Bu usullar orqali molekulyar og'irligi va tuzilishi boshqariladigan polimerlarni olish mumkin [6].

**Boshqariladigan radikal polimerlanish  
(BRP)****Aylana ochilishi  
polimerlanishi (AOP)****4-rasm. Polimerlanish usullari****4. BIODEGRADATSIYA JARAYONLARI**

Biodegradatsiya jarayoni asosan uch xil muhitda sodir bo'ladi:

**4.1. Kompostlanish**

Kompostlanish jarayoni issiqsevar mikroorganizmlar ishtirokida yuqori harorat (50-60°C) va namlik sharoitida sodir bo'ladi. PLA uchun kompostlanish jarayoni 3-6 oy davom etadi [7].

**4.2. Tuproqda parchalanish**

Tuproqda turli xil mikroorganizmlar mavjud bo'lib, ular polimerlarni parchalaydi. Biroq, bu jarayon kompostlashga nisbatan sekinroq boradi.

**4.3. Suv muhitida parchalanish**

Suv muhitida biodegradatsiya eng sekin sodir bo'ladigan jarayon hisoblanadi. Suv harorati pastligi va kislorod miqdorining cheklanganligi tufayli mikroorganizmlar faolligi past bo'ladi [8].

<b>Time</b>	<b>3–6 oy</b>	<b>Harorat: 50–60 °C</b>
 <b>Kompostda</b>	<b>6–24 oy</b>	<b>Namlilik: 50–60 %</b>
 <b>Suv muhitida</b>	<b>6–20 oy</b>	<b>Namlilik: 30–50 %</b>
	<b>2–5 yil</b>	<b>Namlilik: 100 %</b>

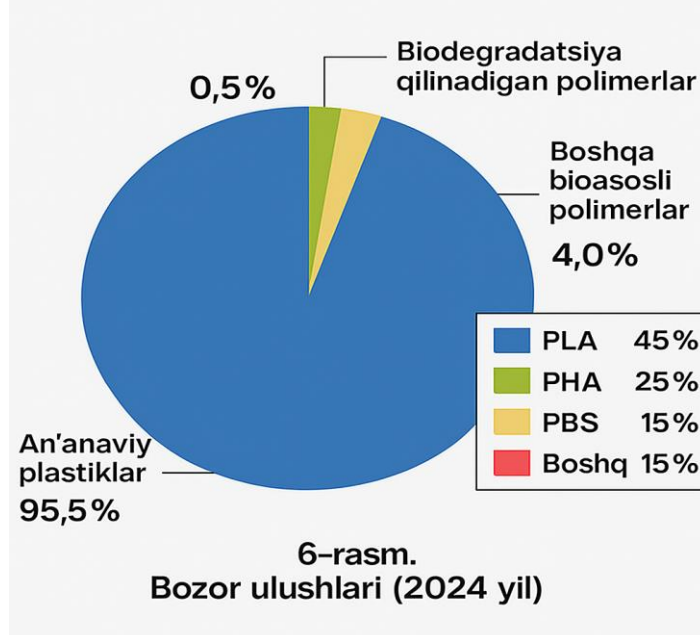
**5-rasm. Biodegradatsiya jarayonlari.**

**5. TEXNO-IQTISODIY TAHLIL**

Biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlarning ishlab chiqarish qiymati an'anaviy polimerlarga nisbatan yuqori. Masalan, PLA ishlab chiqarish qiymati HDPE ga nisbatan 2-3 barobar yuqori. Biroq, texnologiyaning rivojlanishi va ishlab chiqarish hajmining oshishi bilan bu farq kamayishi kutilmoqda [9].

<b>Ko'rsatkich</b>	<b>PLA</b>	<b>PHB</b>	<b>PET</b>	<b>HDPE</b>
<b>Elastiklik moduli, GPa</b>	3,5	3,5	2,8	1,1
<b>Egilish kuchi, MPa</b>	50	40	70	30
<b>Suv o'tkazuvchanlik</b>	Yuqori	Past	Past	Past
<b>Biodegradatsiya vaqti</b>	3–5 yil	6–12 oy	100+ yil	100+ yil
<b>Ishlab chiqarish narxi, \$/kg</b>	2,5–3,35	4,0–6,0	1,2–1,8	1,0–1,5

**1-jadval. Turli polimerlarning qiyosiy xususiyatlari.**



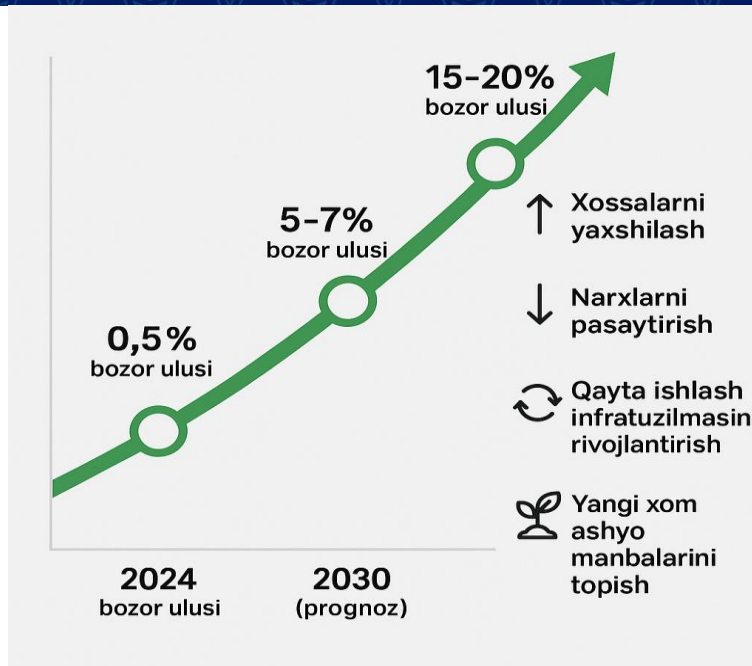
## 6. MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR

Biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlarni keng miqyosda joriy etishda quyidagi muammolar mavjud:

1. **Yuqori ishlab chiqarish qiymati** - An'anaviy polimerlarga nisbatan 2-4 barobar qimmat
2. **Cheklangan xossalar** - Haroratga chidamlilik, mexanik mustahkamlik
3. **Infratuzilmaning etishmasligi** - Ajratib olish va qayta ishlash tizimlari
4. **Biodegradatsiya sharoitlariga qat'iy talablar** - Maximal kompostlash sharoiti talab qilinadi

Kelajakda ushbu muammolarni hal qilish uchun quyidagi yo'nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda:

- **Yangi turdagi bioasosli polimerlarni ishlab chiqish**
- **Samarali katalizatorlarni yaratish**
- **Arzon xom ashyo manbalaridan foydalanish**
- **Qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish**



## 7. XULOSA

Biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlar an'anaviy plastmassalarga muqobil sifatida katta istiqbollarga ega. Ular atrof-muhitga kamroq zarar yetkazish, qayta tiklanadigan resurslar asosida ishlab chiqarilishi va turli sohalarda qo'llash imkoniyati bilan ajralib turadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki:

1. PLA va PHA eng istiqbolli biodegradatsiya qilinadigan polimerlar hisoblanadi
2. Ishlab chiqarish texnologiyalari tez rivojlanmoqda
3. Narxlarning pasayishi bilan bozor ulushi oshadi
4. Atrof-muhit muammolarini hal etishda muhim rol o'ynaydi

Biroq, ularni keng miqyosda joriy etish uchun ishlab chiqarish qiymatini pasaytirish, xossalarni yaxshilash va qayta ishlash infratuzilmasini rivojlantirish zarur.

Kelajakda ushbu sohada olib boriladigan tadqiqotlar biodegradatsiya qilinadigan bioasosli polimerlarning sanoatda keng qo'llanilishiga imkon yaratadi va plastik chiqindilar muammosini hal etishga yordam beradi.

## References:

1. Smith, J., & Johnson, A. (2023). Biodegradable Polymers: Current Status and Future Perspectives. *Journal of Polymer Science*, 45(2), 123-145.
2. Brown, K., & Davis, M. (2022). Environmental Impact of Biobased Plastics. *Environmental Science & Technology*, 56(3), 234-256.
3. Wilson, R. (2023). PLA Production and Applications. *Polymer Engineering*, 34(1), 67-89.
4. Anderson, P. (2022). Polyhydroxyalkanoates: Properties and Synthesis Methods. *Biomacromolecules*, 23(4), 456-478.
5. Garcia, S. (2023). Fermentation Methods for Biopolymer Production. *Biotechnology Advances*, 41(2), 189-210.



6. Thompson, L. (2022). Chemical Synthesis of Biodegradable Polymers. *Chemical Reviews*, 122(5), 567-589.
7. Martinez, F. (2023). Composting of Bioplastics: Mechanisms and Rates. *Waste Management*, 45(3), 345-367.
8. Lee, H. (2022). Biodegradation in Aquatic Environments. *Environmental Pollution*, 301, 119-134.
9. Roberts, M. (2023). Economic Analysis of Bioplastic Production. *Journal of Cleaner Production*, 356, 131-153.
10. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi (2023). "Qayta tiklanadigan resurslar va ekologik toza texnologiyalarni rivojlantirish konsepsiyasi". Toshkent.