



Состав и свойства полимерных биокomпозитов на основе полиэтилена, дисперсно-наполненного термопластичным крахмалом



Илья Юрьевич Васильев,

Московский политех, Москва | 24 - 25. 11. 2025

Биоразлагаемые полимерные материалы

Модификация синтетических полимеров полимерами из возобновляемых источников сырья

PP/PLA, PE/PLA

Модификация синтетических полимеров природными полимерами

PE/крахмал, PE/целлюлоза

Использование природных полимеров после их механической и/или химической обработки

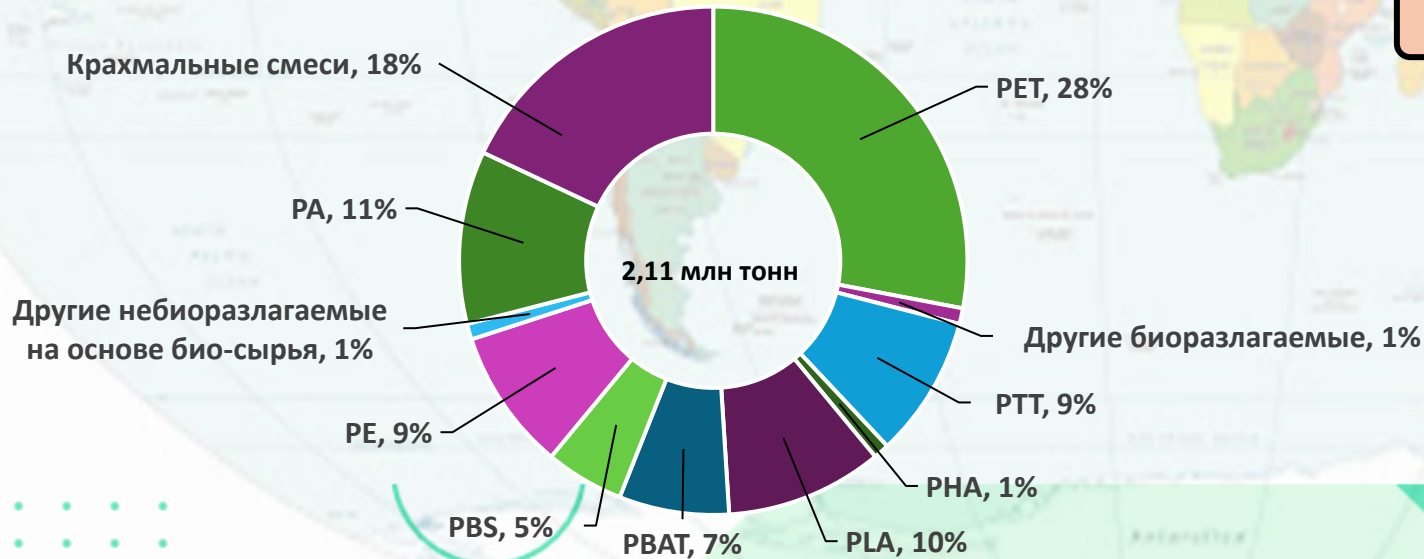
Целлюлоза, крахмал

Полимеры, синтезируемые из возобновляемых источников сырья

PLA, PHA

Использование наполнителей с функциональными группами, инициирующие распад под фото- и/или оксо-разложением

Оксо-добавки, D₂W



ЦЕЛЬ

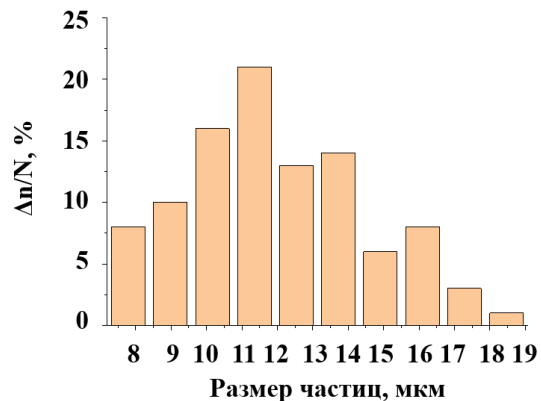
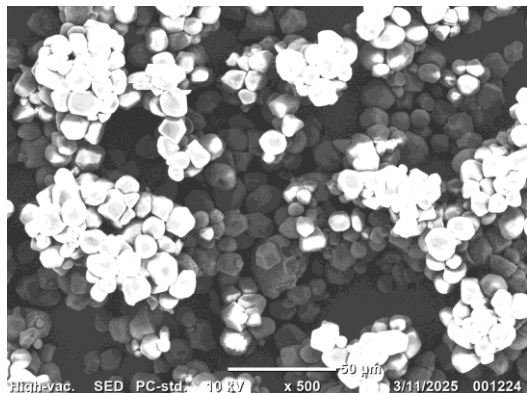
Разработка рецептурно-технологических параметров получения термопластичного крахмала и его применение в смесевых композициях с полиэтиленом низкой плотности для создания полимерных биокomпозитов.

ЗАДАЧИ

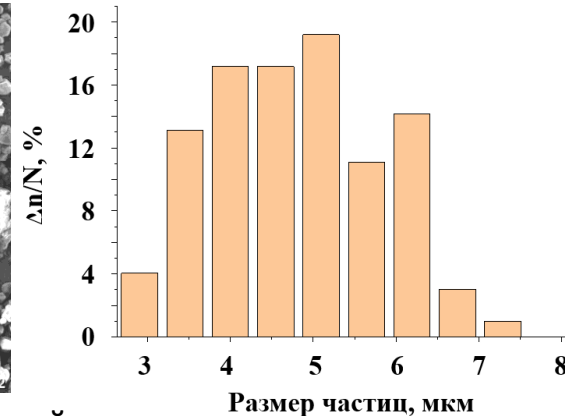
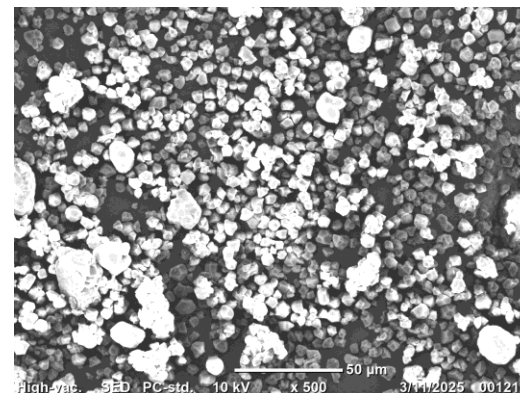
1. Изучить влияние состава смесевых композиций на основе нативных крахмалов (кукурузного, горохового, рисового) и новой пластифицирующей системы глицерин/арабиногалактан на технологические параметры их переработки в экструдере для получения термопластичных компаундов.
2. Исследовать условия совмещения термопластичного крахмала с полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП) при экструзии.
3. Проанализировать влияние рецептурно-технологических параметров на структуру и свойства полимерных композиций на основе полиэтилена низкой плотности в смесях с термопластичным крахмалом.
4. Исследовать способность разработанных полимерных композиций к биодеструкции под действием факторов окружающей среды.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

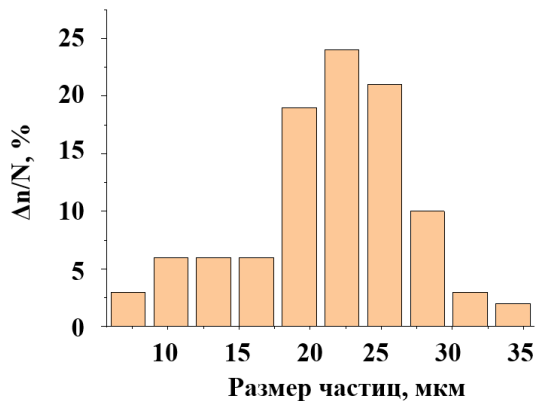
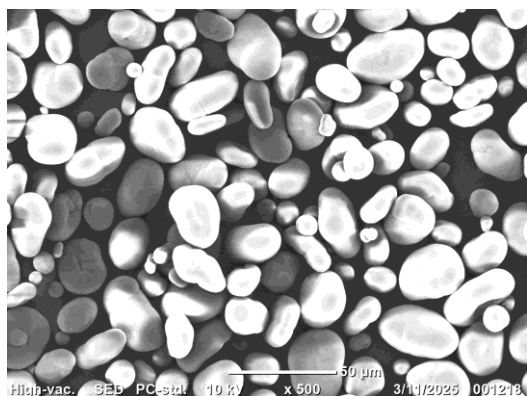
- 1) Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) марки 11503-070 ПАО «Казаньоргсинтез» (Россия).
- 2) Глицерин марки ПК-94 ГОСТ 6824-96.



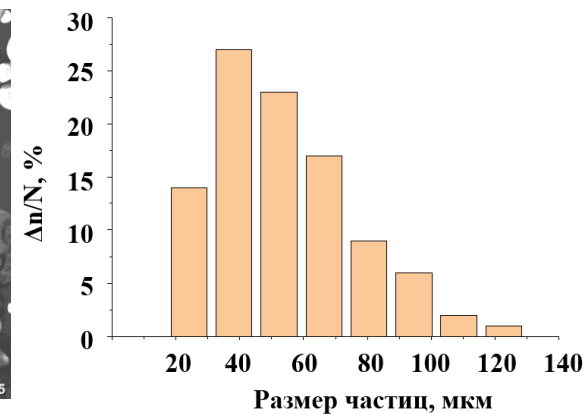
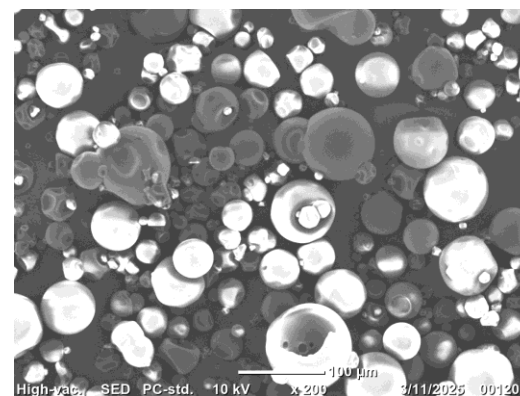
Кукурузный крахмал



Рисовый крахмал



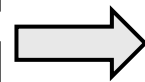
Гороховый крахмал



Арабиногалактан

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО КРАХМАЛА (ТПК) И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В СМЕСЯХ С ПЭНП

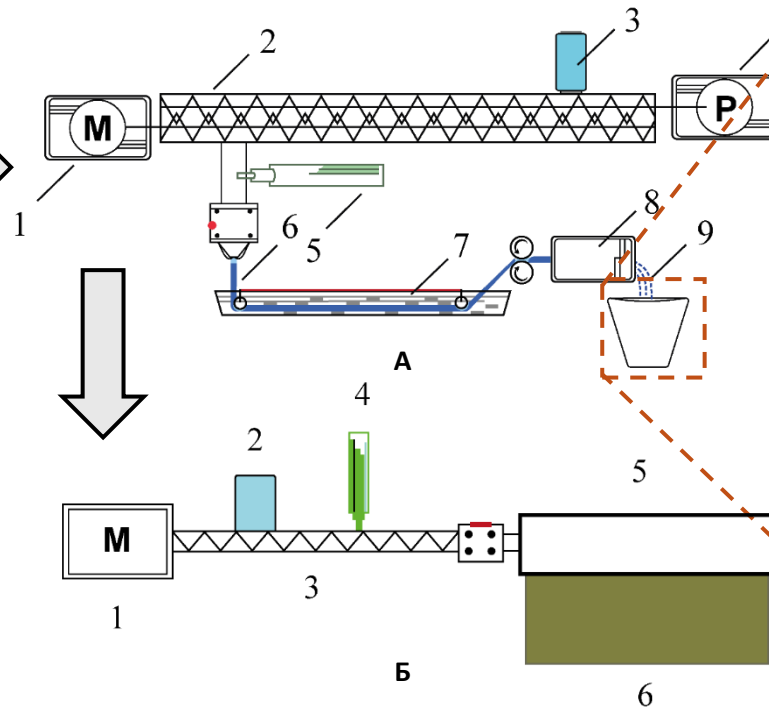
5



Состав ТПК, мас. %	
Смесевой состав	1
Крахмал	35
Глицерин	30
Арабиногалактан	35

Состав смесевых композиций, мас. %		
ПЭНП	ТПК	
	Кукурузный/гороховый	рисовый
90	10	10
80	20	20
70	30	30
60	40	40
50	50	-

Наименование полимера	Температурные параметры зон плоскощелевого экструдера, °С				
	1 зона	2 зона	3 зона	4 зона	5 зона
ТПК	80	83	85	85	87
ПЭНП/ТПК	110	115	120	123	125



А - Схема установки для получения гранул ТПК:

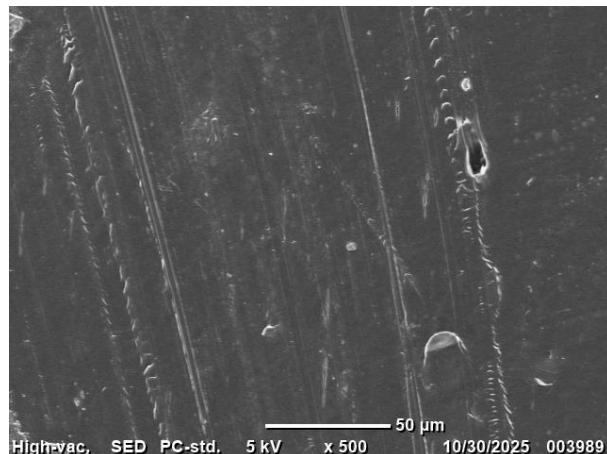
1 – двигатель, 2 – двухшнековый экструдер, 3 – загрузочный бункер, 4 – редуктор, синхронизированный с двигателем, 5 – датчик давления, 6 – стренга, 7 – охлаждающая ванна, 8 – гранулятор, 9 – гранулы композита (либо стренги)

Б - Схема экструзионной установки:

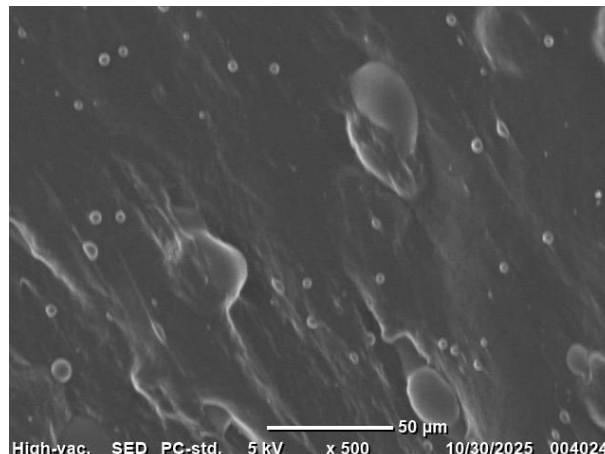
1 – двигатель, 2 – загрузочный бункер, 3 – шнек, 4 – датчик давления, 5 – плоскощелевая головка, 6 – расплав готовой композиции

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПЭНП/ТПК

а – 90/10, мас. %



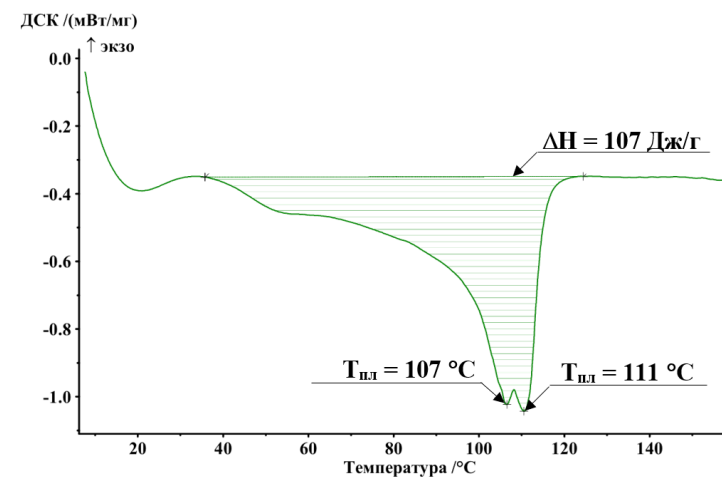
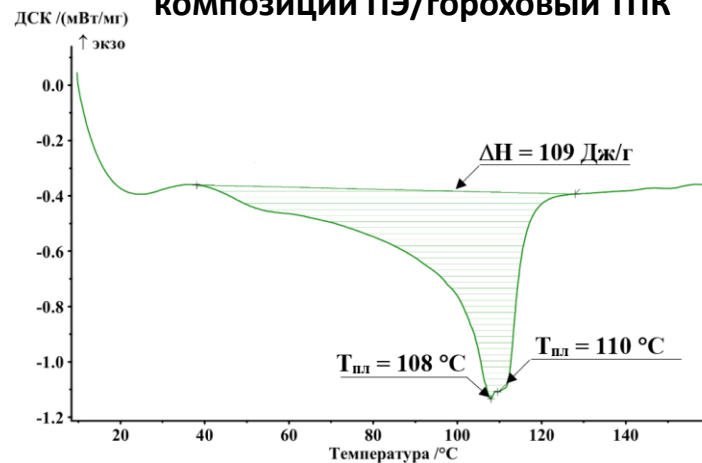
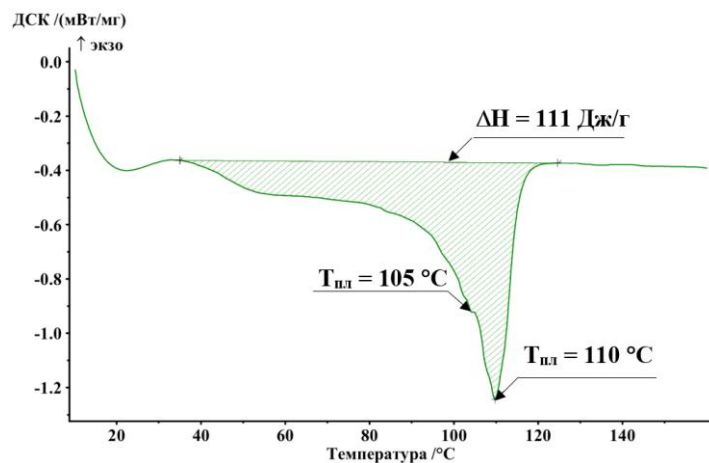
б – 70/30, мас. %



в – 50/50, мас. %



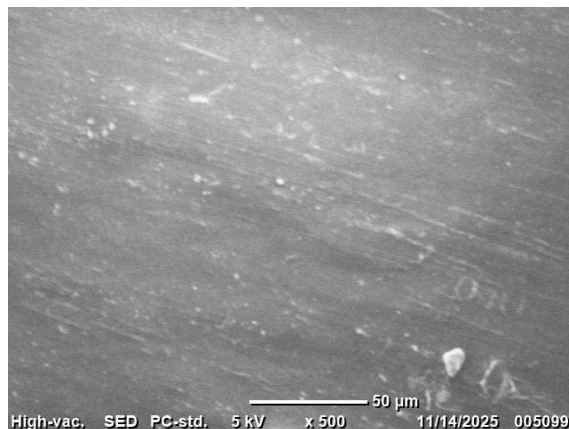
СЭМ-изображения морфологии поверхности полимерных композиций ПЭ/гороховый ТПК



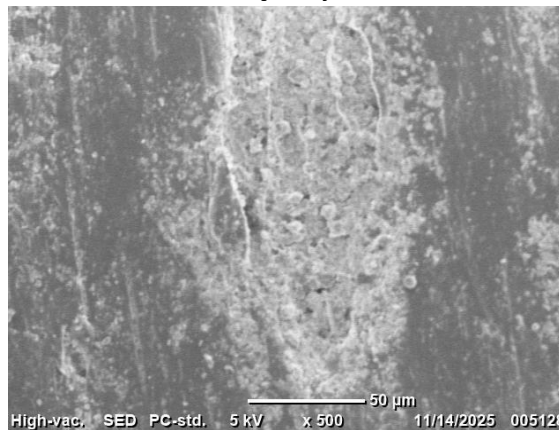
ДСК кривые полимерных композиций ПЭ/гороховый ТПК

БИОРАЗЛАГАЕМОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПЭНП/ТПК

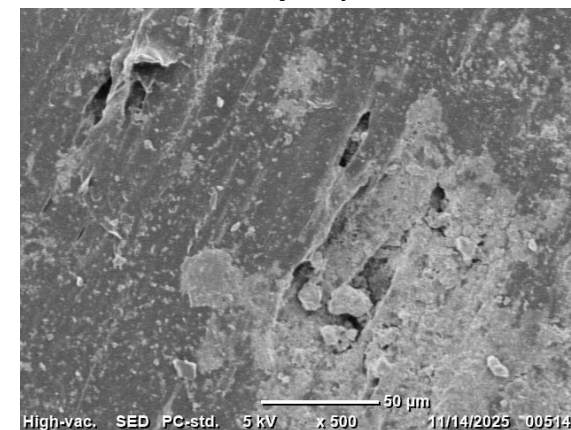
а – 90/10, мас. %



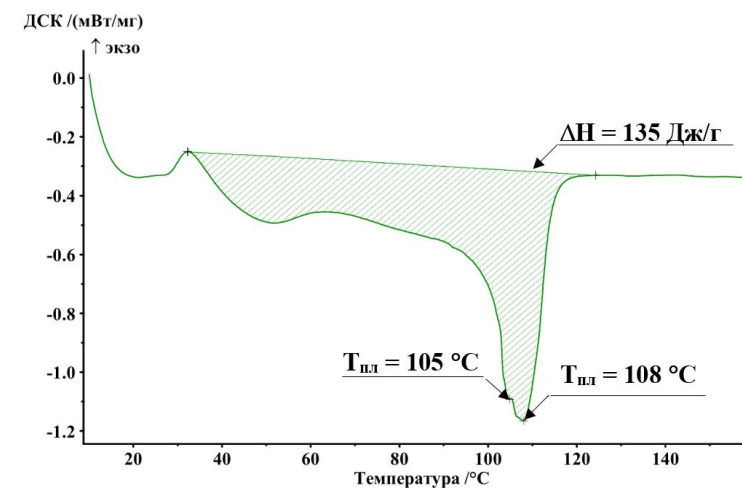
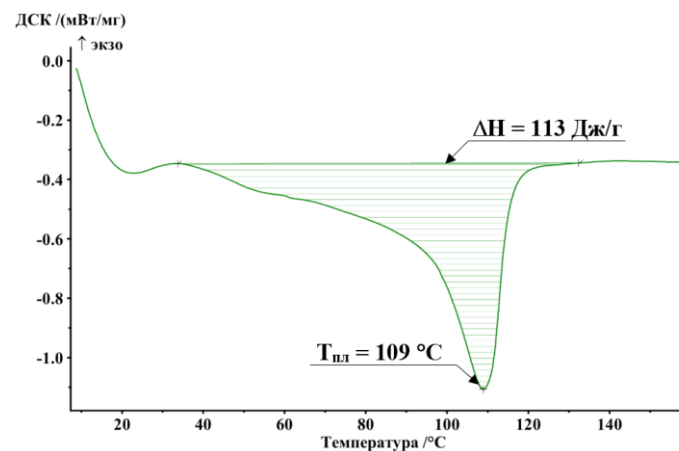
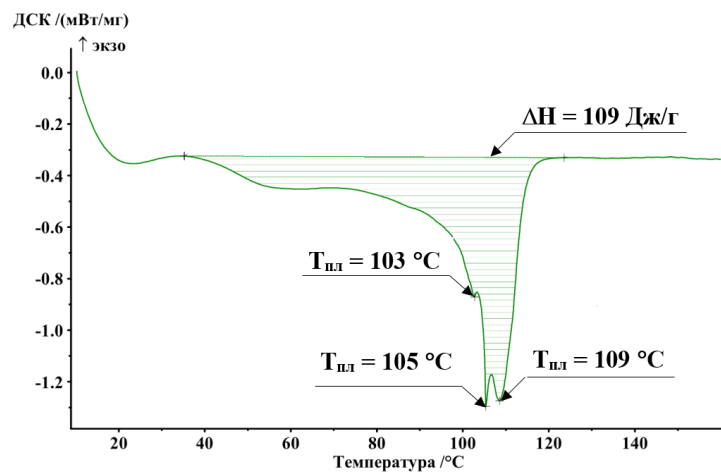
б – 70/30, мас. %



в – 50/50, мас. %

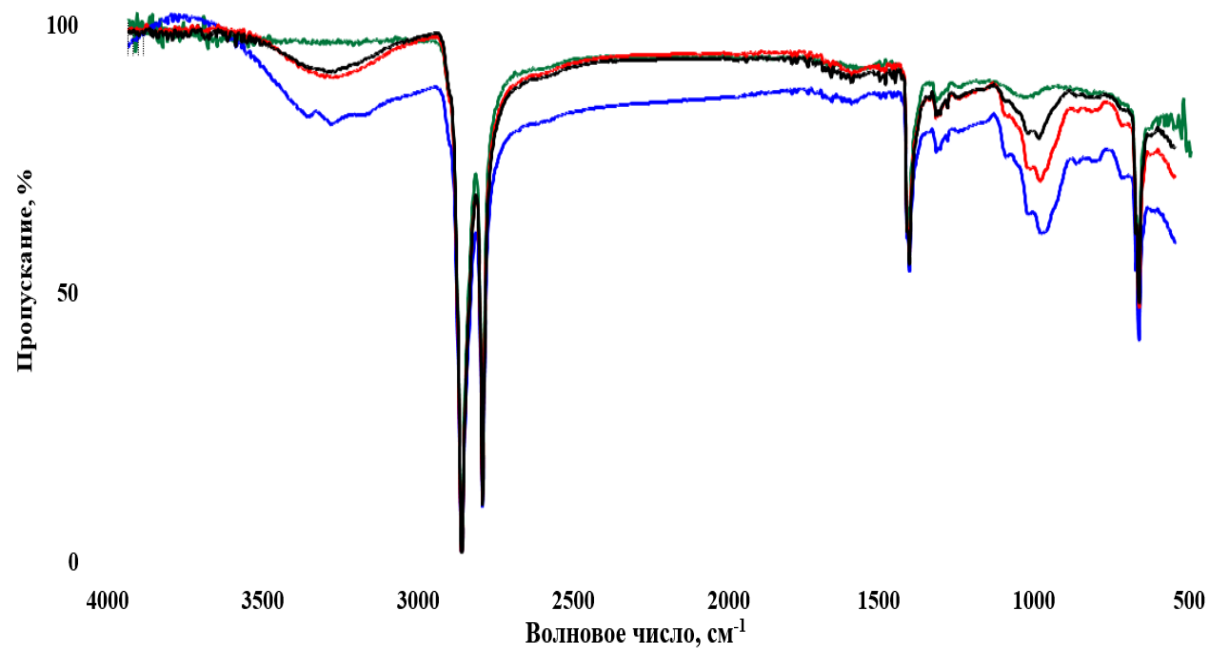


СЭМ-изображения морфологии поверхности полимерных композиций ПЭ/гороховый ТПК после месяца биоразлагаемости

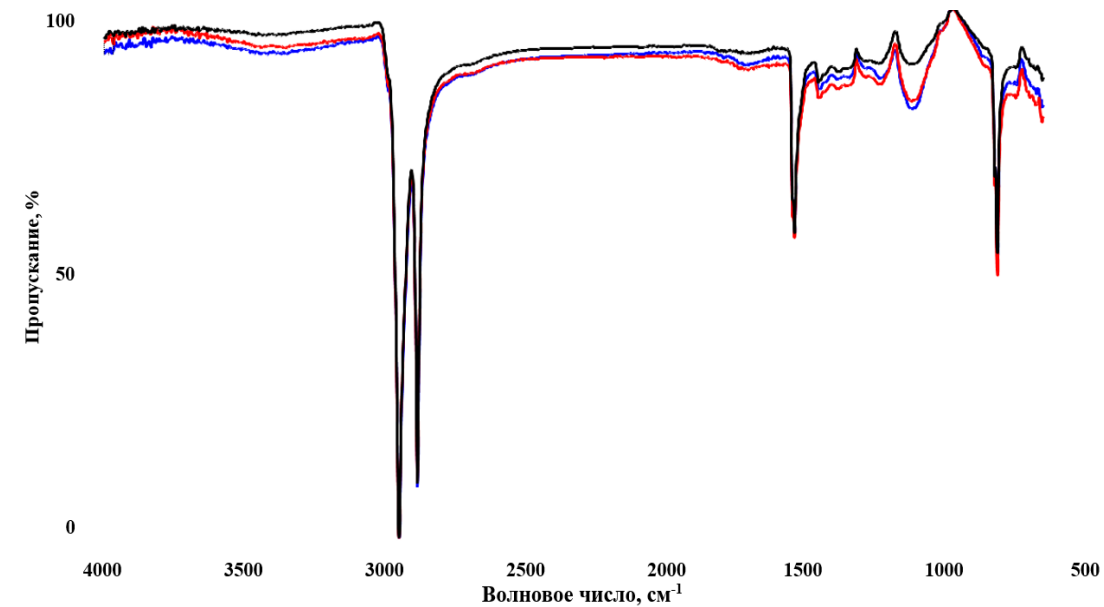


ДСК кривые полимерных композиций ПЭ/гороховый ТПК после месяца биоразлагаемости

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПЭНП/ТПК



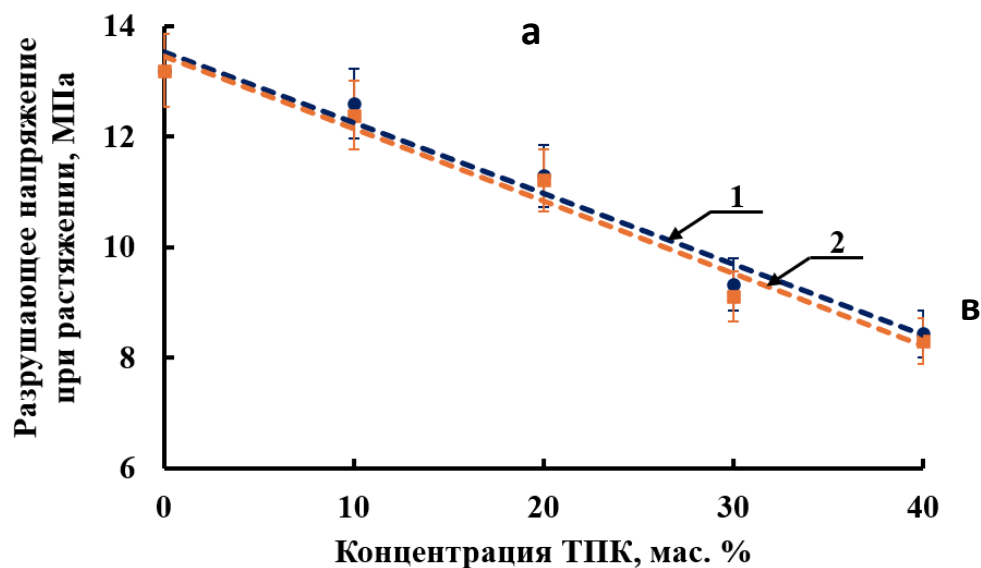
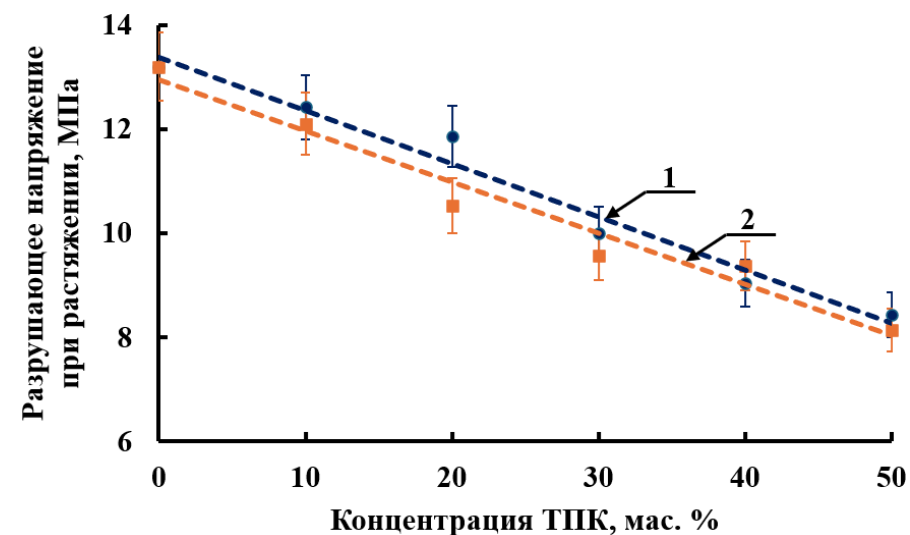
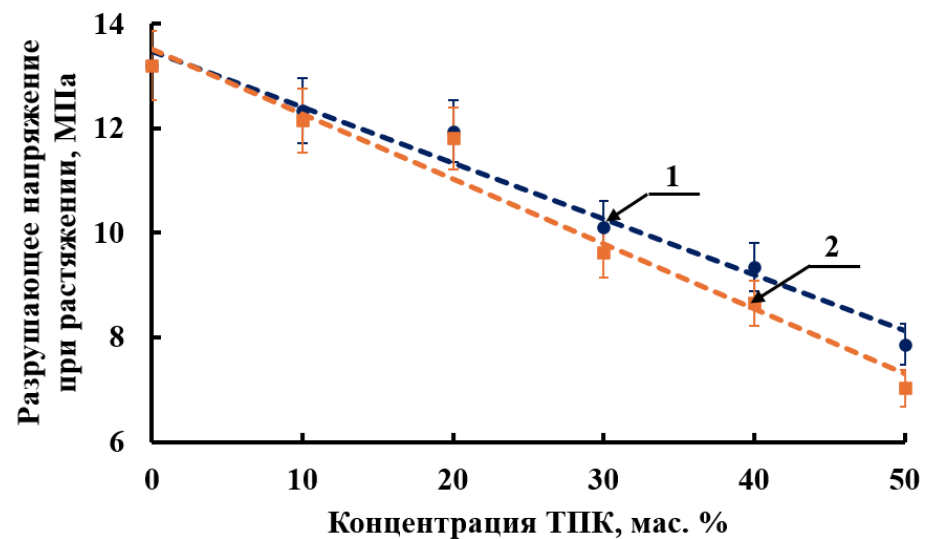
а



б

ИК-спектры полимерных композиций ПЭ/гороховый ТПК
а – исходные, б - после месяца биоразлагаемости

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПЭНП/ТПК



Механические свойства полимерных композиций ПЭ/ТПК

1 – до биоразлагаемости, 2 – месяц биоразлагаемости

ТПК: а – гороховый, б – кукурузный, в - рисовый

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны новые термопластичные крахмалы и предложено их применение в смесевых композициях с полиэтиленом низкой плотности для создания полимерных биокомпозиционных материалов.
2. Установили, что новая пластифицирующая система на основе глицерина/арабиногалактана в смесях с нативным крахмалом при смешении с полиэтиленом в процессе экструзии влияет на снижение сегментальной подвижности макромолекулярной цепи полиэтилена, в результате чего образуются более мелкие и дефектные кристаллы, что обусловлено исходным размером частиц арабиногалактана и крахмала.
3. Установили снижение механических свойств полимерных композиций на основе полиэтилена, дисперсно-наполненных термопластичным крахмалом до 50 мас. % последнего, вследствие образования гетерофазной структуры при их взаимодействии и разной полярностью исходных компонентов, что влияет на снижение адгезионного взаимодействия в системе полимер/наполнитель.

Спасибо за внимание !

Илья Юрьевич Васильев,

Московский политехнический университет, Москва |
24 - 25. 11. 2025

E-mail: iljanaras@ya.ru

