

Разработки в области модификации полимерных упаковочных решений

Заведующий кафедрой «Химия, технологии полимеров и упаковочных решений»,
Кирш И.А., д.х.н., профессор

Москва, 2026 г.

Стратегия развития

Кафедра Химии, технологии полимеров и упаковочных решений и центр «Перспективные упаковочные решения и технологии рециклинга» реализация НИР-НИОКР проектов и платформа для подготовки специалистов высокого уровня квалификации

1. Бакалавриат
2. Магистратура
3. Аспирантура

- Химическая технология
- Технология полиграфического и упаковочного производства



Открыты в 2017-2018г

- Лаборатории композитных материалов
- Лаборатории современного промышленного дизайна и маркетинга
- Лаборатория пролонгации сроков хранения пищевой продукции и образования новых лабораторий, открытых в 2020-2025г



- Лаборатория «Оптимизация упаковки и транспортные испытания» (ГК ГОТЭК)
- Лаборатория исследований полимерных материалов (ОРБИС)
- Лаборатория биополимеров и рециклинга
- Лаборатория «Карбоновый полигон – новые композиты»

КАФЕДРА И ЦЕНТР «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УПАКОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА»

Модификация полимеров, в том числе вторичного сырья

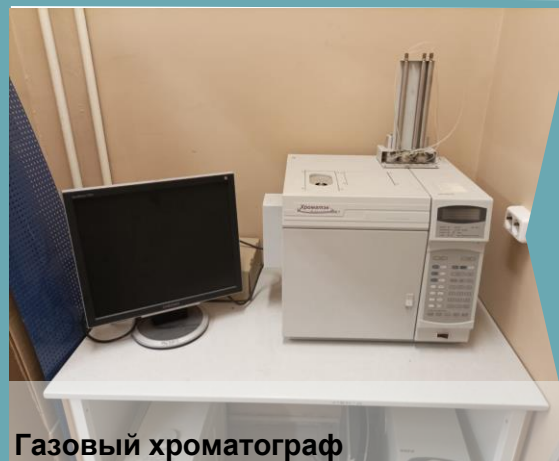


Климатическая камера

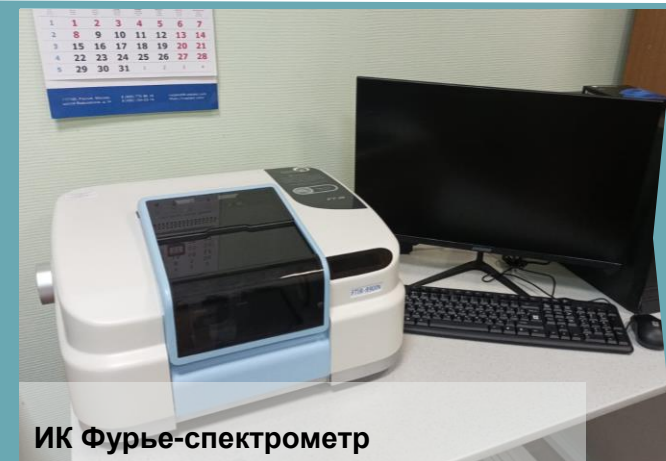


Реологические свойства

Санитарно-гигиенические и структурные исследования полимерных материалов



Газовый хроматограф



ИК Фурье-спектрометр

Исследование процессов старения полимерных материалов



Исследование антимикробных свойств полимерных материалов и хранение в упаковке

Камера для исследования антимикробных свойств материалов



Счетчик колоний



Основные критерии качества полимерных материалов ООО «Орбис»

Технологические

Барьерные

Физико-
механические

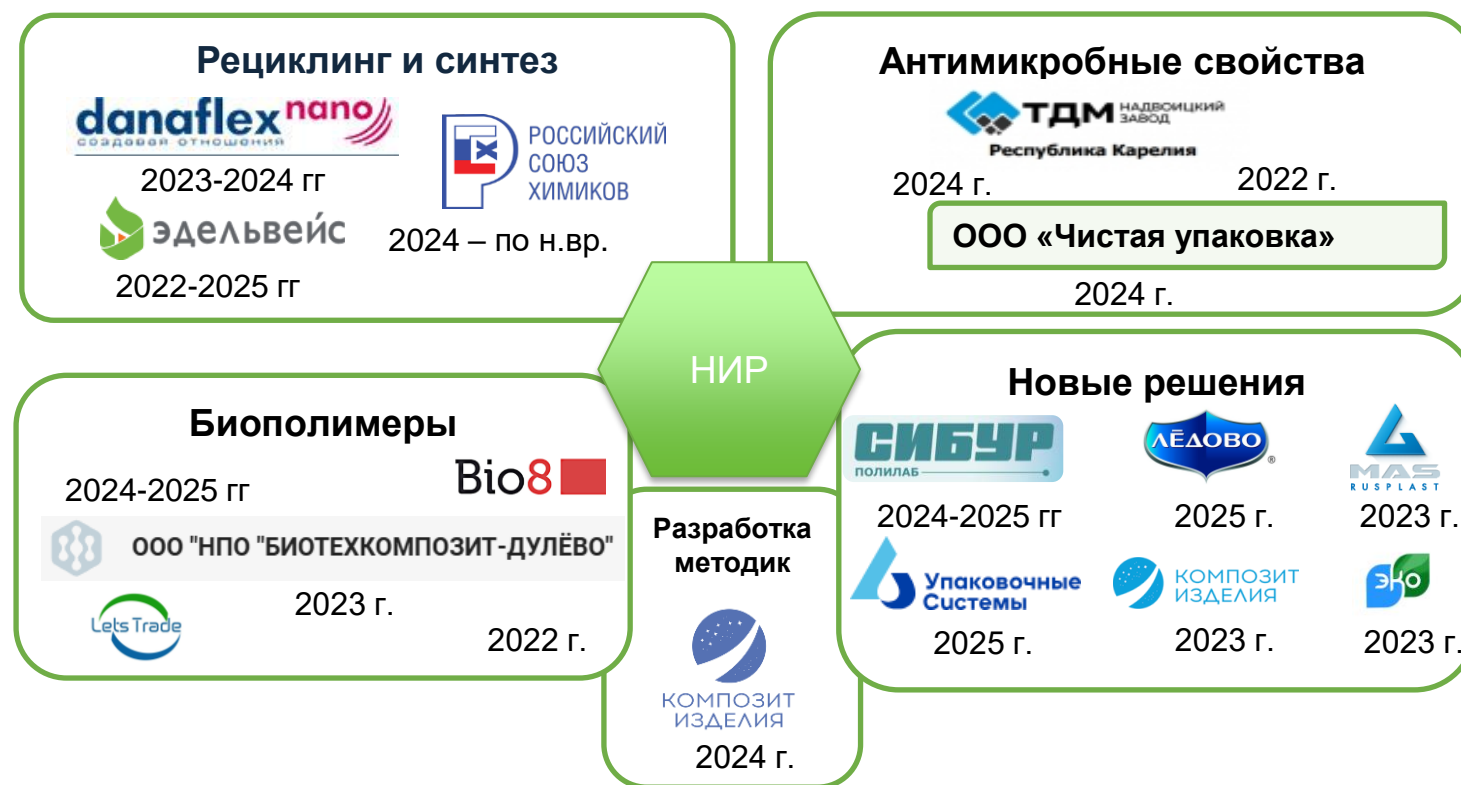
Химические

Экологичность





| №п | Основные направления НИР |
|----|---|
| 1 | Разработка упаковочных решений с заданным уровнем барьерных и физико-механических свойств |
| 2 | Создание упаковочных материалов с антимикробными свойствами |
| 3 | Разработка технологии переработки полимерных отходов |
| 4 | Разработка биоразлагаемых материалов с регулируемым сроком |
| 5 | Полимерные покрытия с функциональными свойствами |



Рециклинг полимеров с комплексным типовым загрязнением и первичным сырьем

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

Схема моделирования процесса рециклинга

Объекты исследования

Полимерные гранулы производства «Сибур»:

ПЭНД (HDPE): Плёночная PE 10500 FE

ПЭВД (LDPE): Плёночная 15803-020

ПП: Литевой PP H030 GP

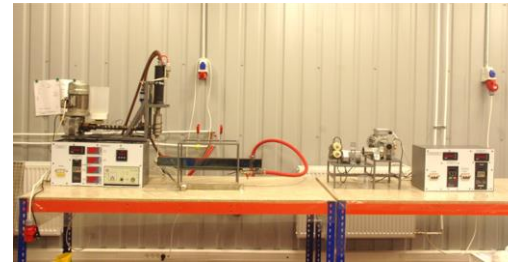
Полимерные композиции:

КТЗ+25% пер. полимер

КТЗ+25% пер. полимер +стаб.

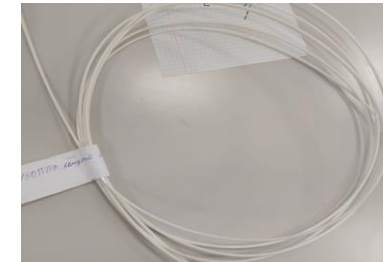
КТЗ+50% пер. полимер

КТХ+50% пер. полимер+ стаб.



Лабораторный экструдер

экструзия



Стренга

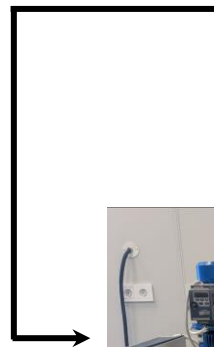
грануляция



Гранулят



Гранулятор



Экструдер с плоскореальной
головкой

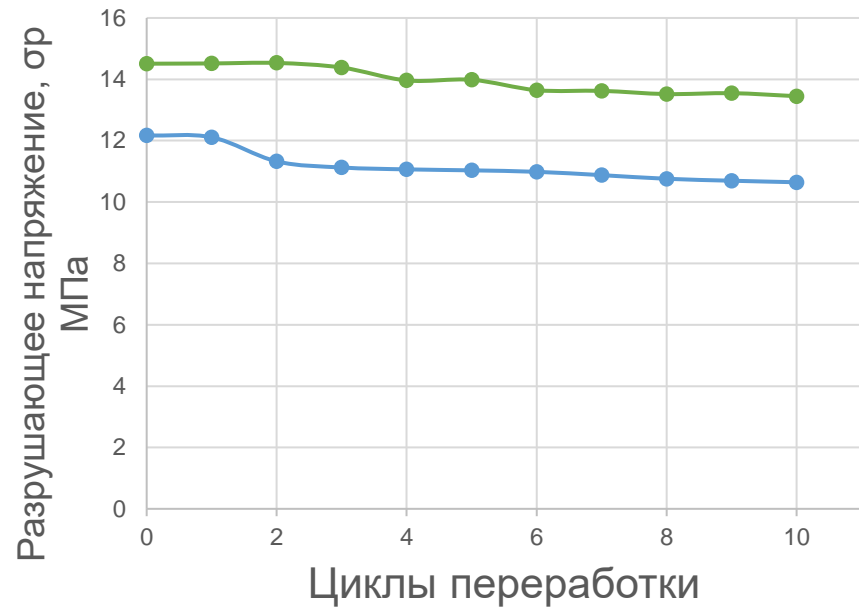
экструзия



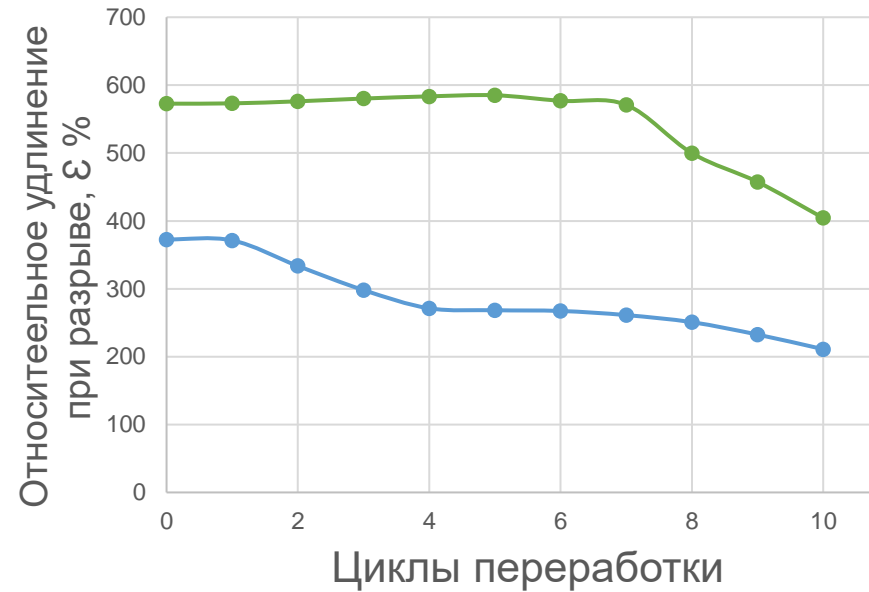
Готовая пленка

Рециклинг полимеров с комплексным типовым загрязнением

Изменение физико-механических свойств



— ПЭНП 15803-020 + ПП + СЭВА + ПВХ со стаб.
— ПЭНП 15803-020 + ПП + СЭВА + ПВХ

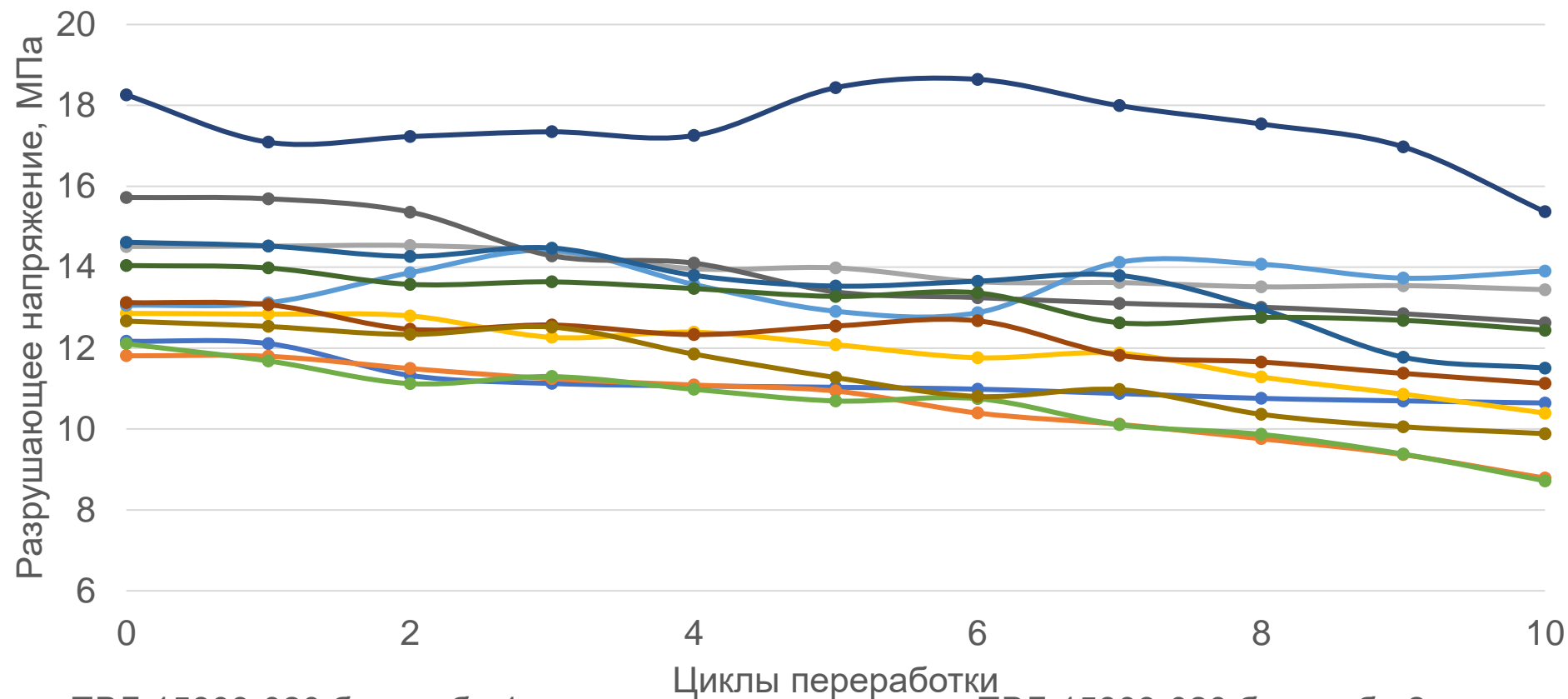


— ПЭНП 15803-020 + ПП + СЭВА + ПВХ со стаб.
— ПЭНП 15803-020 + ПП + СЭВА + ПВХ



| Основной материал | Состав системы загрязнения полимера |
|-------------------|---|
| ПНД | пленка ПВХ 0,01%, клей СЭВА 0,1%, пленка ПП 0,1%; |
| ПВД | пленка ПВХ 0,01%, клей СЭВА 0,1%, пленка ПП 0,1%; |
| ПП | пленка ПВХ 0,01%, клей СЭВА 0,1%, пленка ПЭ 0,1% |

Изменение физико-механических свойств ПЭВД



— ПВД 15803-020 без стаб., 1 шн.

— ПВД 15803-020 со стаб., 1 шн.

— ПВД 15803-020 без стаб. + 25 % перв., 1 шн.

— ПВД 15803-020 со стаб. + 25 % перв., 1 шн.

— ПВД 15803-020 без стаб. + 50 % перв., 1 шн.

— ПВД 15803-020 без стаб., 2 шн.

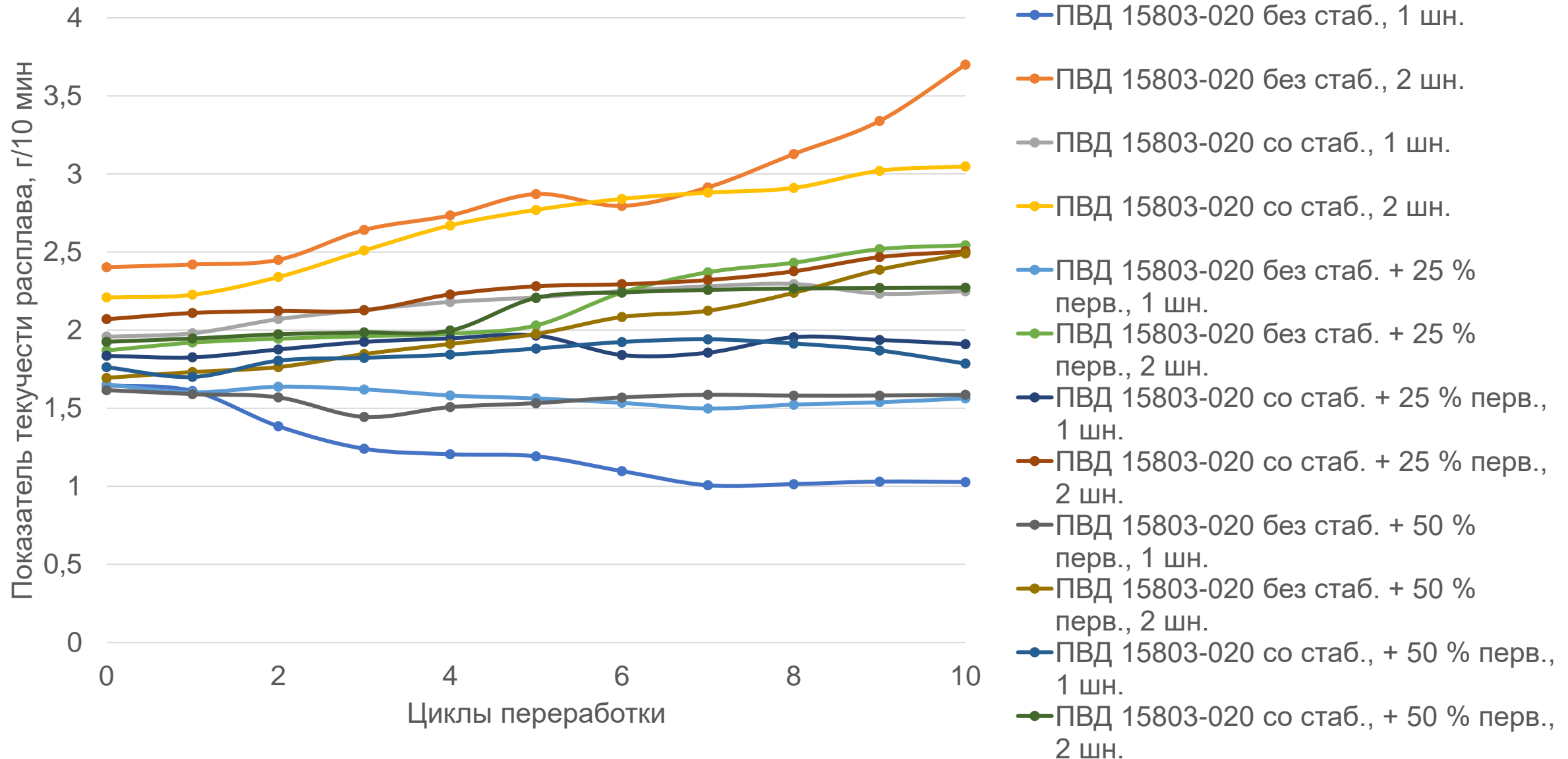
— ПВД 15803-020 со стаб., 2 шн.

— ПВД 15803-020 без стаб. + 25 % перв., 2 шн.

— ПВД 15803-020 со стаб. + 25 % перв., 2 шн.

— ПВД 15803-020 без стаб. + 50 % перв., 2 шн.

Изменение показателя текучести расплава ПЭВД



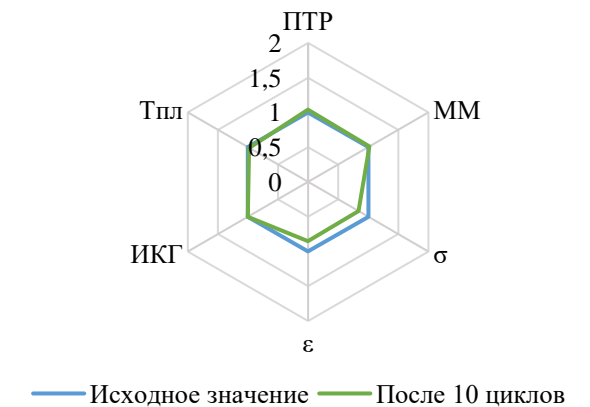
Изменение свойств ПЭВД, содержащего комплексное типовое загрязнение и первичное сырье, в процессе 10 циклов рециклинга

| Образец ПЭВД, содержащий | Количество шнеков в экструдере | Изменение свойств полимера после 10 циклов переработки «измельчение-экструзия, в % | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|-----------------|------|----------|-------|-------|
| | | σ_p | ε_p | ММ | $T_{пл}$ | ПТР | ИКГ |
| без стаб. | 1 шн. | - 12,5 | - 43,0 | -5,2 | -1,7 | -37,6 | +42,4 |
| без стаб. | 2 шн. | - 25,6 | -28,0 | -5,3 | -1,6 | +54,0 | +48,0 |
| со стаб. | 1 шн. | -7,4 | -29,4 | -2,3 | -0,8 | +14,9 | +23,3 |
| со стаб. | 2 шн. | -19,2 | -19,2 | -4,2 | -1,3 | +38,0 | +31,0 |
| без стаб. + 25 % перв. | 1 шн. | +6,5 | -17,8 | -3,8 | -1,5 | -5,4 | +64,0 |
| без стаб. + 25 % перв. | 2 шн. | -28,0 | -21,0 | -4,9 | -1,5 | +36,0 | +27,0 |
| со стаб. + 25 % перв. | 1 шн. | -15,8 | -15,4 | +1,6 | -1,6 | +4,1 | 0,0 |
| со стаб. + 25 % перв. | 2 шн. | -15,2 | -17,9 | +0,8 | -1,5 | +21,0 | +2,8 |
| без стаб. + 50 % перв. | 1 шн. | -19,7 | -18,0 | +0,8 | -1,7 | -2,0 | -50,0 |
| без стаб. + 50 % перв. | 2 шн. | -22,0 | -14,8 | +2,3 | -1,8 | +47,0 | +2,3 |
| со стаб. + 50 % перв. | 1 шн. | -21,3 | +13,5 | -2,2 | -1,6 | +1,9 | +21,0 |

Количество циклов ПЭВД

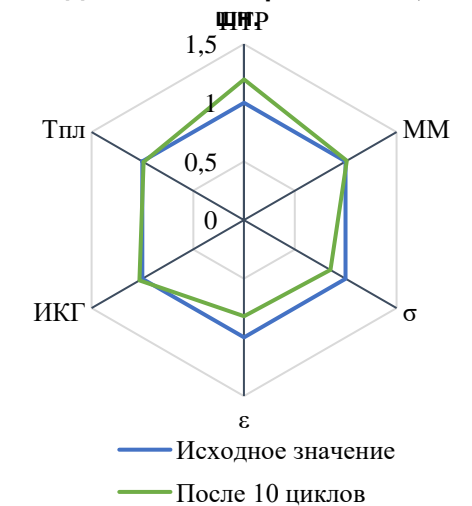
| Образец ПЭВД, содержащий | Количество шнеков в экструдере | Цикл переработки | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| без стаб. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - |
| без стаб. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 25 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 25 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 25 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 25 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 50 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 50 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 50 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 50 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

ПВД+КТЗ+25 % перв. со стаб., 1 шн



КС = 4 %

ПВД+КТЗ+25 % перв. со стаб., 2



КС = 2 %

Изменение свойств ПЭНД, содержащего комплексное типовое загрязнение и первичное сырье, в процессе 10 циклов рециклинга

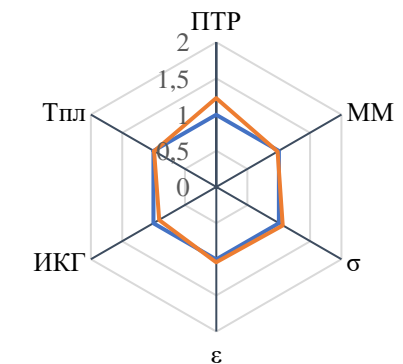
| Образец ПЭНД, содержащий | Количество шнеков в экструдере | Изменение свойств полимера после 10 циклов переработки «измельчение-экструзия», % | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|------|----------|--------|-------|
| | | σ_p | ε_p | ММ | $T_{пл}$ | ПТР | ИКГ |
| без стаб. | 1 шн | - 3,4 | -7,3 | -2,2 | -1,4 | +16,3 | +1,3 |
| без стаб. | 2 шн | -28,0 | -22,0 | -5,1 | -2,9 | +103,0 | +11,0 |
| со стаб. | 1 шн | +17,9 | -5,3 | -1,1 | -0,6 | +9,0 | -1,7 |
| со стаб. | 2 шн | -19,0 | -14,0 | -4,6 | -1,8 | +74,0 | +4,8 |
| без стаб.+25 перв. | 1 шн | +5,6 | +4,3 | -1,8 | -0,8 | +23 | -8,7 |
| без стаб.+25 перв. | 2 шн | -46,5 | +32,8 | -1,3 | -1,7 | +97,6 | -15,0 |
| со стаб.+25 перв. | 1 шн | +8,9 | +7,4 | -1,1 | -0,6 | +15,2 | -2,8 |
| со стаб.+25 перв. | 2 шн | +17,7 | +33,4 | -4,8 | -2,7 | +67,6 | -37,5 |
| без стаб.+50 перв. | 1 шн | +19,2 | +10,2 | -0,9 | -0,4 | +6,2 | +22,8 |
| без стаб.+50 перв. | 2 шн | +5,3 | +67,6 | +3,2 | -2,5 | +25,2 | +80,0 |
| со стаб.+50 перв. | 1 шн | +28,0 | +11,2 | -0,5 | -1,3 | +5,8 | +9,2 |
| со стаб.+50 перв. | 2 шн | +35,2 | +34,8 | -1,6 | -2,6 | +16,3 | +20,0 |

Количество циклов ПЭНД

| Образец ПЭВД, содержащий | Количество шнеков в экструдере | Цикл переработки | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| без стаб. | 1 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. | 2 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. | 1 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. | 2 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 25 перв. | 1 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 25 перв. | 2 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 25 перв. | 1 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 25 перв. | 2 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 50 перв. | 1 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 50 перв. | 2 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 50 перв. | 1 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 50 перв. | 2 ШН | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

**ПНД+КТЗ+25 перв. без стаб., 1
ШН**

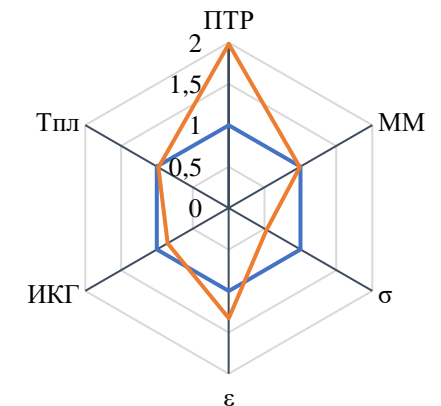
— Исходное значение — После 10 циклов



КС = 4 %

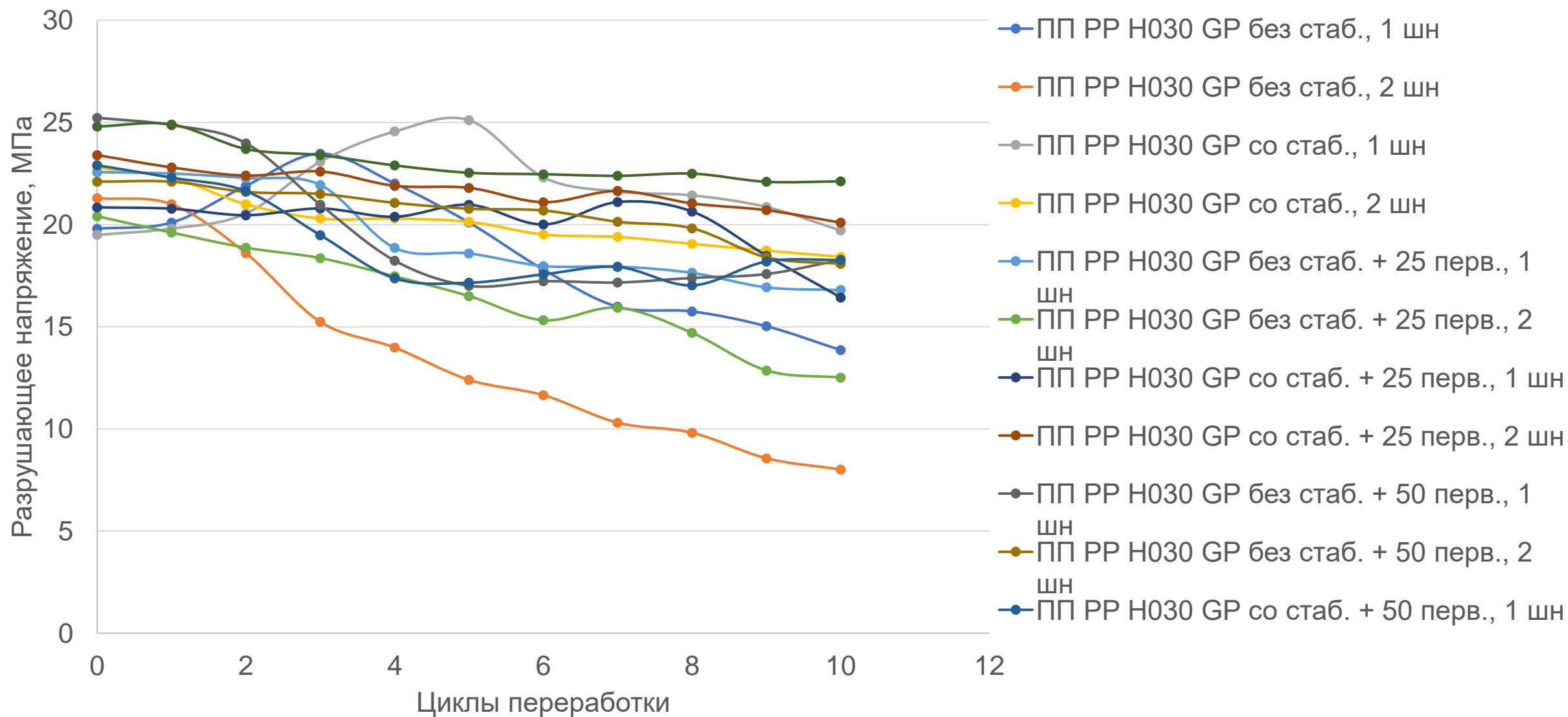
**ПНД+КТЗ+25 перв. без стаб., 2
ШН**

— Исходное значение — После 10 циклов



КС = 11 %

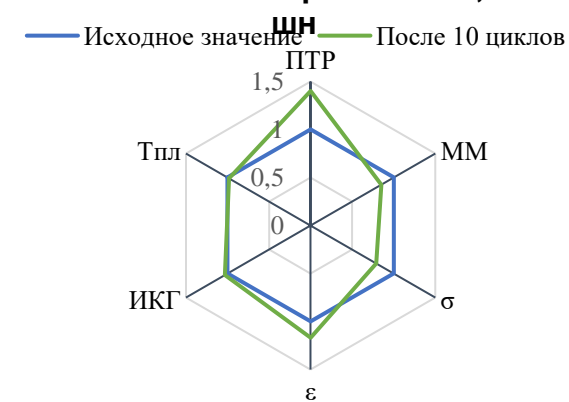
Изменение физико-механических свойств ПП



Количество циклов ПП

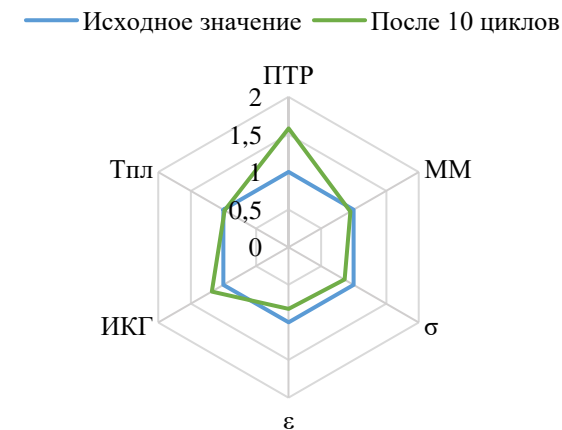
| Образец ПП, содержащий | Количество шнеков в экструдере | Цикл переработки | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| без стаб. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - |
| без стаб. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - |
| со стаб. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 25 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 25 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 25 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 25 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 50 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| без стаб. + 50 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 50 перв. | 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| со стаб. + 50 перв. | 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

ПП+КТЗ+25 перв. со стаб, 1



КС = 4 %

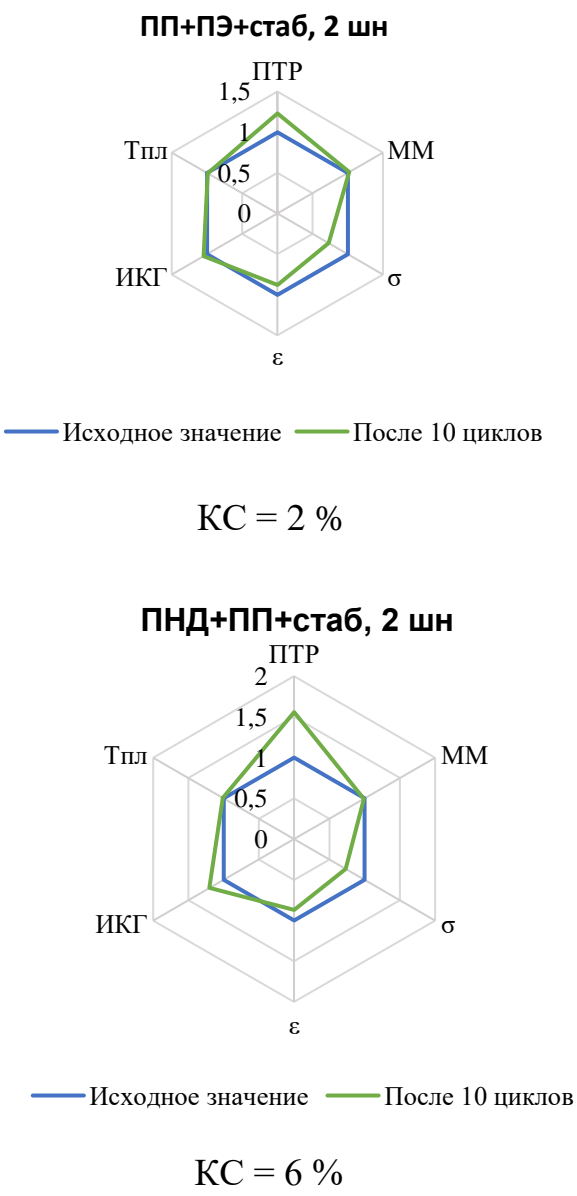
ПП+КТЗ+25 % перв. со стаб, 2 шн



КС = 6 %

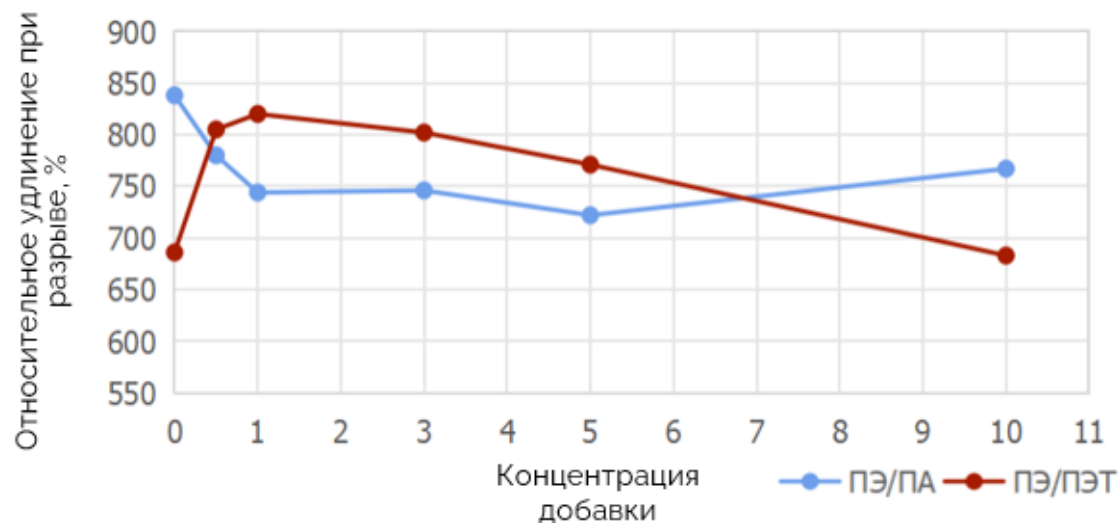
Количество циклов полимерных смесей

| Полимерная композиция | Цикл переработки | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ПВД+ПП+стаб., 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПВД+ПП+стаб., 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПНД+ПП+стаб., 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПНД+ПП+стаб., 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПП+ПЭ+стаб., 1 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПП+ПЭ+стаб., 2 шн | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

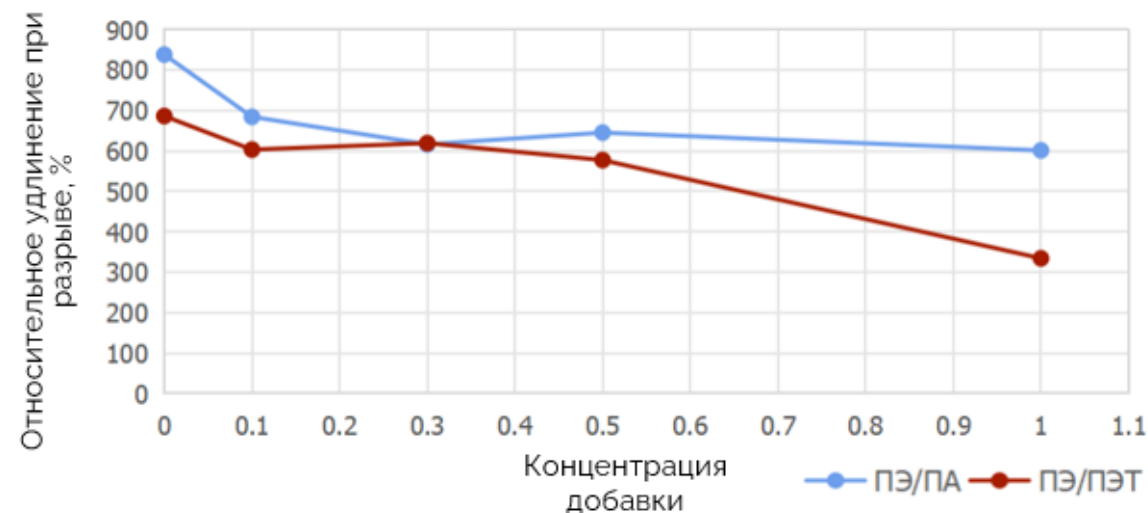


Влияние компатибилизаторов на свойства полимеров

ПЭ-ПЭТ
ПЭ-ПА

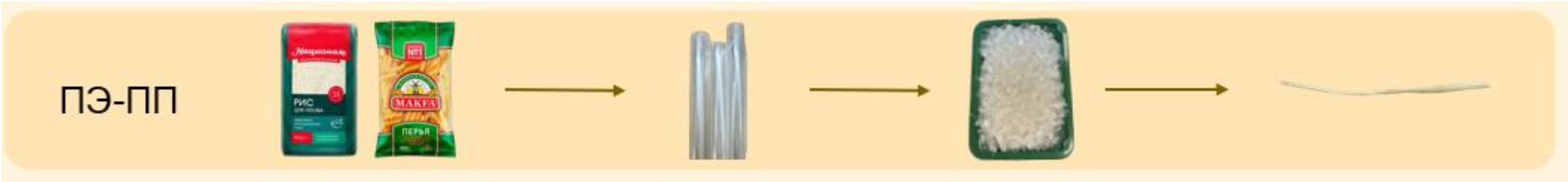


Зависимость показателя удлинения пленок ПЭ/ПА и ПЭ/ПЭТ от концентрации **малеинового ангидрида, привитого на полиэтилен**



Зависимость показателя удлинения пленок ПЭ/ПА и ПЭ/ПЭТ от концентрации **органооглины**

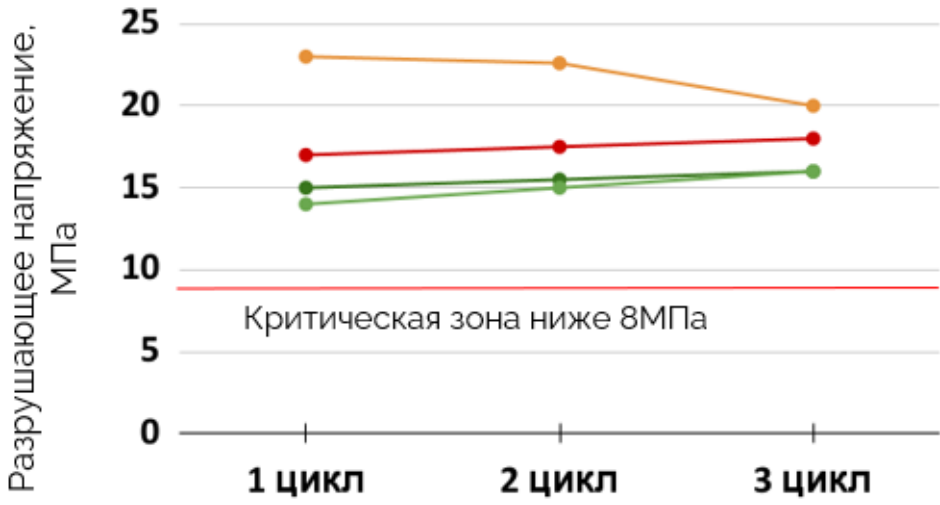
Исследование физико-механических показателей образцов ПЭ-ПП-СЭП



- ПЭ:ПП (28,5:68,5:3) с УЗ
- ПЭ:ПП (28,5:68,5:3) без УЗ
- ПЭ:ПП (48,5:48,5:3) с УЗ
- ПЭ:ПП (48,5:48,5:3) без УЗ



Зависимость **относительного удлинения при разрыве** от УЗ и цикла переработки



Зависимость **разрушающего напряжения** от УЗ и цикла переработки

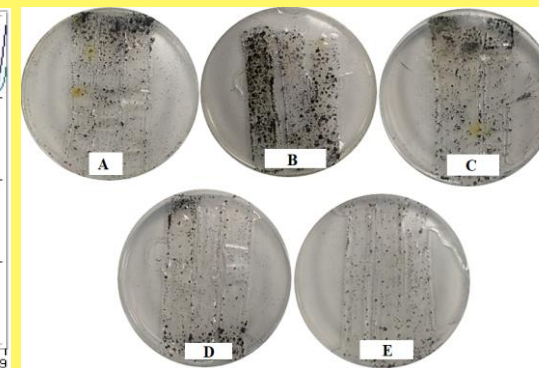
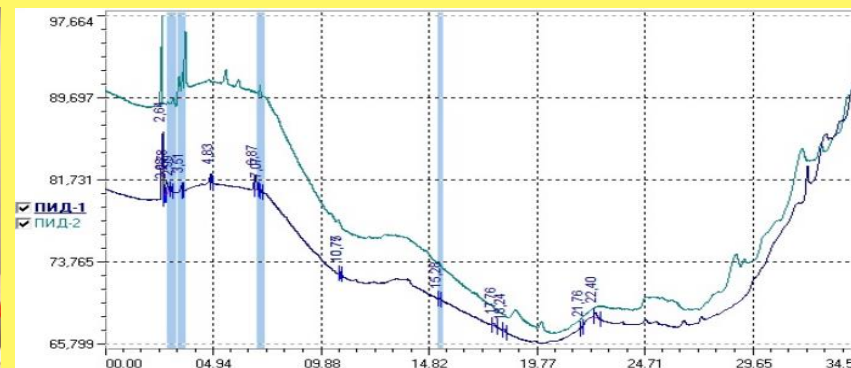
ПЭ – полиэтилен
ПП – полипропилен
СЭП – сополимер этилена с пропиленом

Вывод: образцы с добавлением СЭП и ультразвуковой обработкой пригодны для переработки

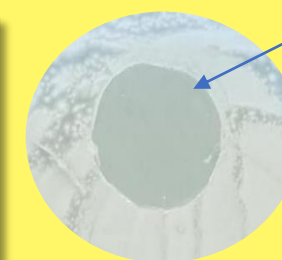
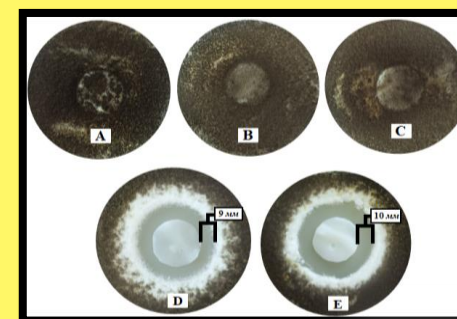
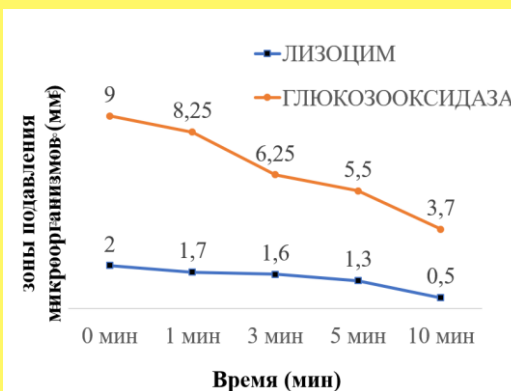
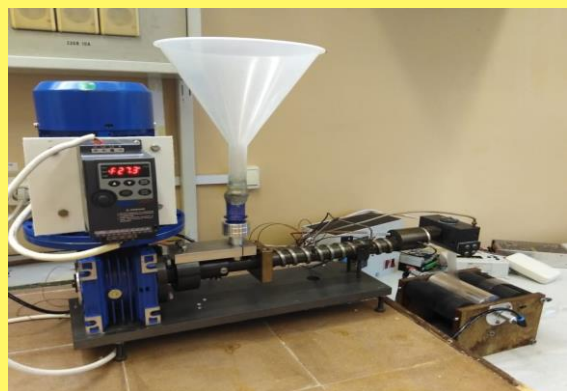
✦ Антимикробные полимеры и биodeградируемые композиции с бактериостатическими свойствами



Исследование влияния ферментов, антимикробных добавок, лекарственных препаратов на свойства синтетических и природных полимерных материалах



Получение изделий и исследования санитарно-гигиеническими и антимикробными методами



Модификация ПМК, ПБАТ



1 ЭТАП РАБОТЫ:

- Полимолочная кислота (ПМК Nature Works);
- Полимерная композиция на основе ПМК и метилцеллюлозы;
- Полимерная композиция на основе ПМК, ПБАТ и крахмала;
- Полимерная композиция на основе ПМК, ПБАТ и овсяной лузги;
- Полимерная композиция на основе ПМК, ПБАТ и ПКЛ.



2 ЭТАП РАБОТЫ:

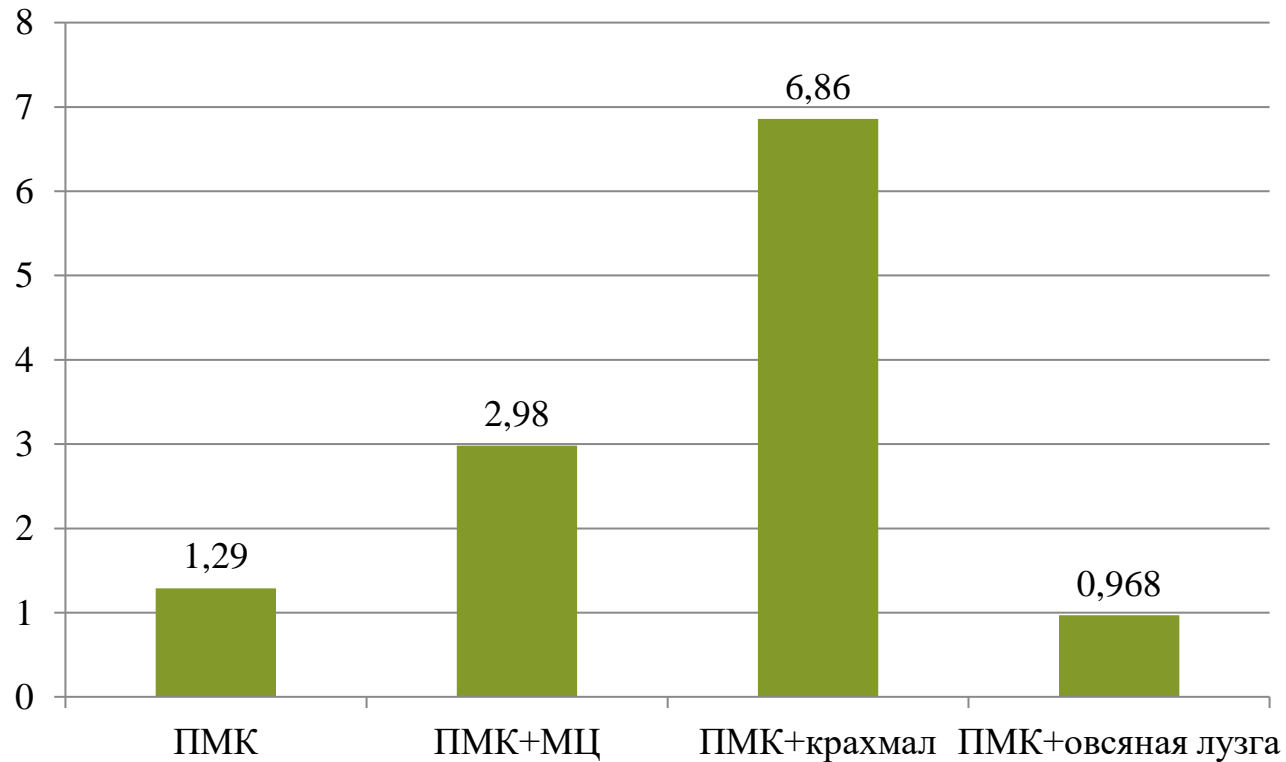
- Разработка комбинированной упаковки.
- Композиции на основе полимолочной кислоты с добавками крахмала, метилцеллюлозы;
- Картон марок КомиВайт 120, OBF Premium 125, КС 125, Квл-0 125, К 125.

3 ЭТАП РАБОТЫ:

- Композиции на основе полимолочной кислоты с поликапролактоном;
- Композиции на основе полимолочной кислоты с полиамидом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

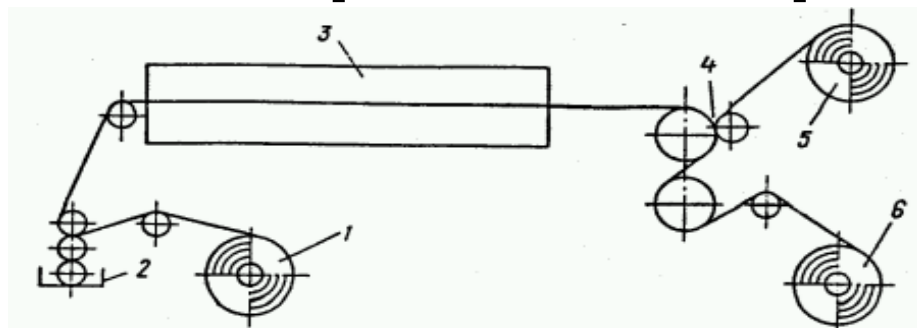
Показатель текучести расплава, г/10 мин



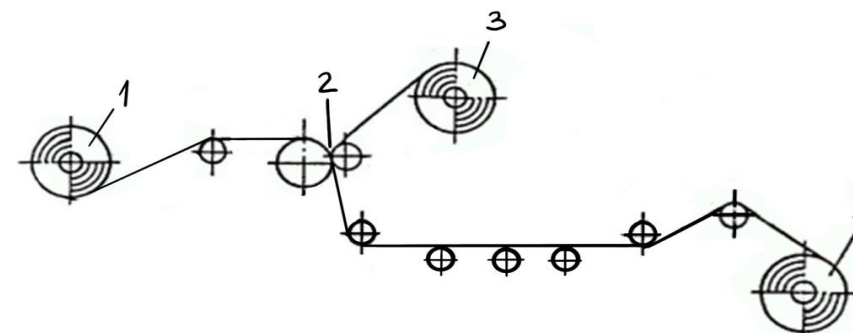
Получение образцов
методом плоскощелевой экструзии



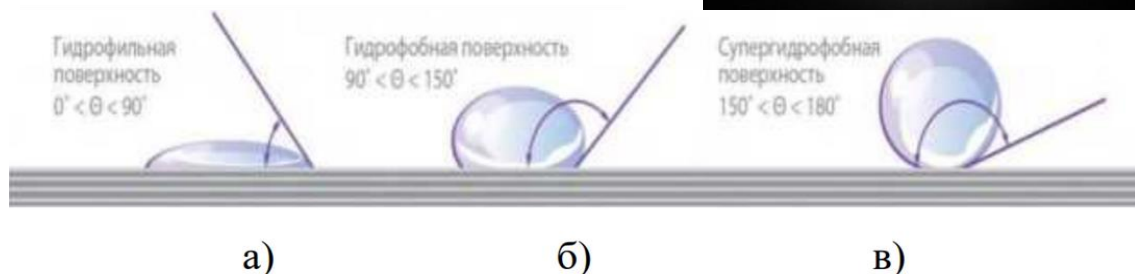
Разработка комбинированных полимерных материалов



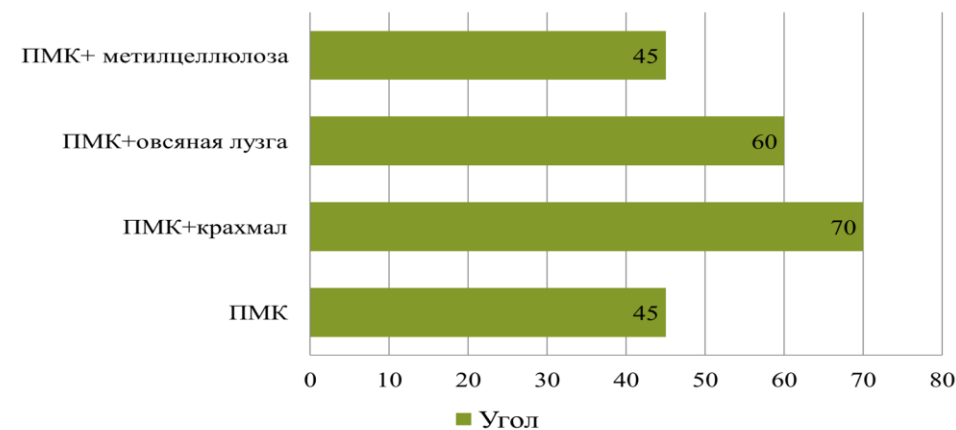
Принципиальная схема метода сухого каширования: 1, 5 – узлы размотки; **2 – узел нанесения адгезива**; 3 – сушильная камера; 4 – ламинатор; 6 – узел намотки



Принципиальная схема **нового** метода получения комбинированных материалов: 1, 3 – узлы размотки; 2 – ламинатор; 4 – узел намотки

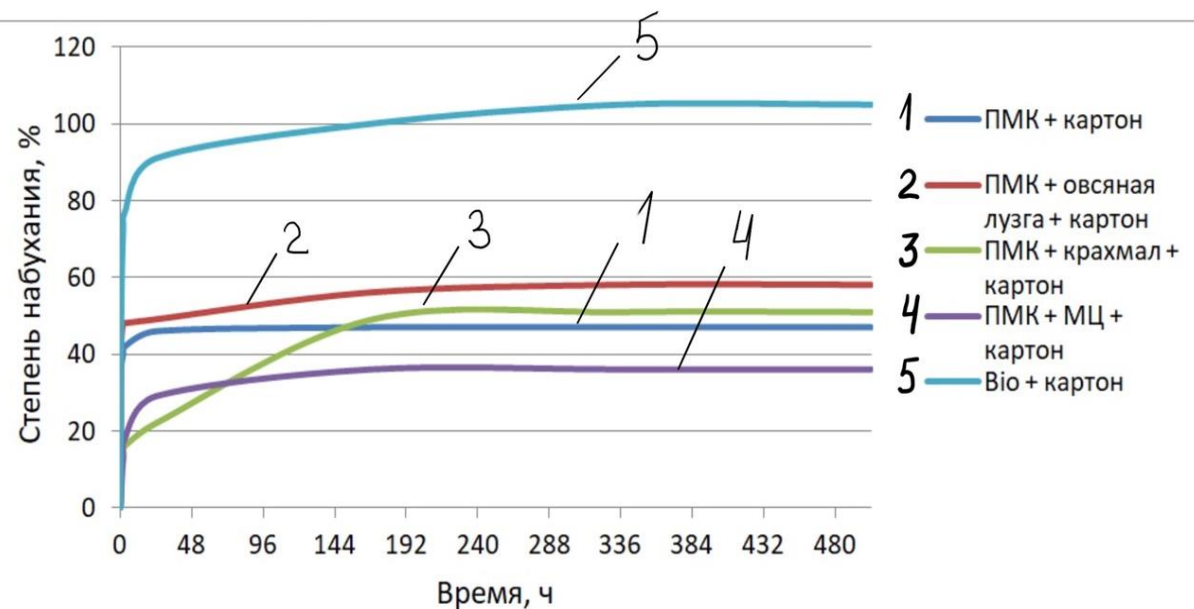


Краевой угол смачивания



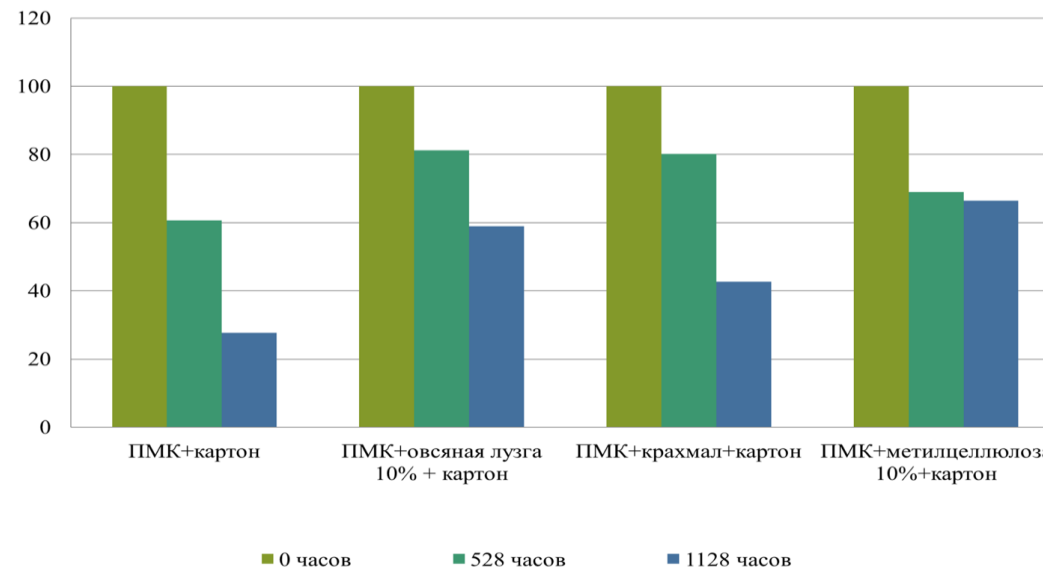
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Водопоглощение в биогумусе



Исследование способности к биоразложению

Изменение массы образцов в течение 47 дней
в %



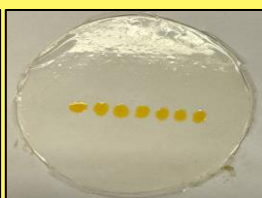
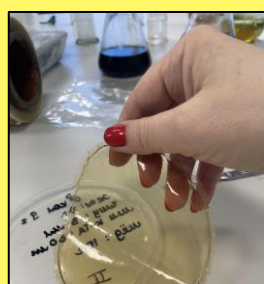
Полимерного материалы:

- Полимолочной кислоты (ПМК) – от 3 месяцев до 6 месяцев
- Композиции на основе ПМК и крахмала – от 4 до 6 месяцев
- Композиции на основе ПМК и овсяной лузги – от 6 до 8 месяцев
- Композиции на основе ПМК и метилцеллюлозы – от 6 до 10 месяцев

Разработка композиций на основе растворов полимеров для медицинских целей



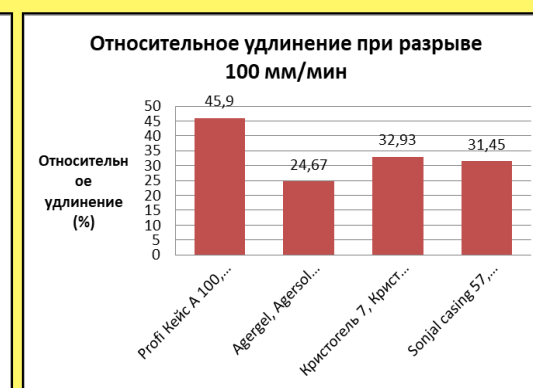
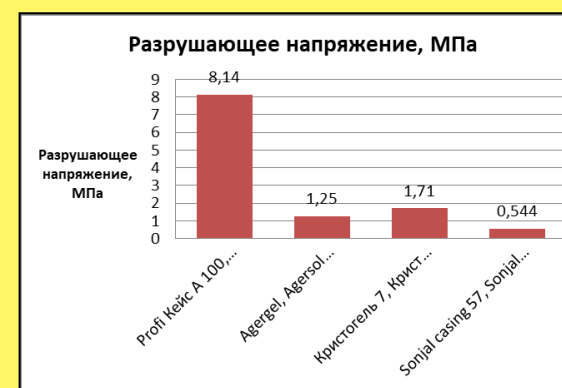
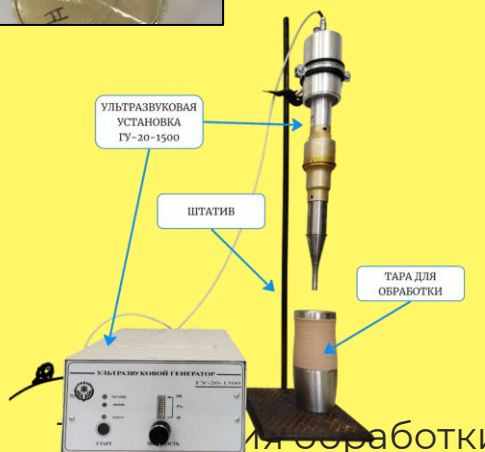
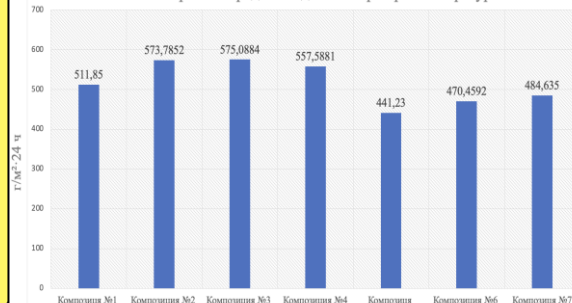
Формирование пленкообразующих систем с функциональными свойствами: безопасность, проницаемость, водопоглощение, скорость миграции требуемого вещества, прочность, эластичность, деградация – основа системы «химическая природа полимера и добавки»



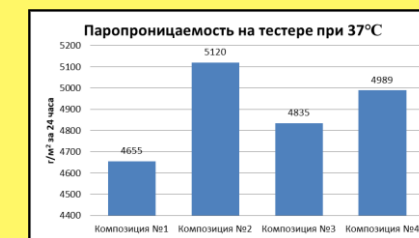
Зависимость водопоглощения от длительности обработки ультразвуком



WVTR – Скорость передачи водяного пара при температуре 20°C



**СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**
НАУК О ЖИЗНИ



Исследование свойств покрытий на основе ПВС, коллагена, альгината, крахмала, МЦ

✦ Стратегия развития и реализация проектов



Бакалавриат:

29.03.03 – Технология полиграфического и упаковочного производства;

18.03.01 – Химическая технология.

Аспирантура:

2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

Магистратура:

29.04.03 – Технология полиграфического и упаковочного производства;

18.04.01 – Химическая технология.

✓ Разработка и обоснование технологических решений и образовательных программ в области функциональных полимеров и материалов:

- Полимерные композиты с заданным комплексом свойств.
- Исследование газовых сред и упаковочных решений.
- Активные покрытия и умная упаковка.
- Химический синтез добавок.
- Микробиологический и химический синтез полимеров.



Лаборатория биополимеров и исследований функциональных полимерных материалов



РОСБИОТЕХ
РОССИЙСКИЙ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо
за внимание!

Кирш Ирина Анатольевна
kirshia@mgupp.ru

