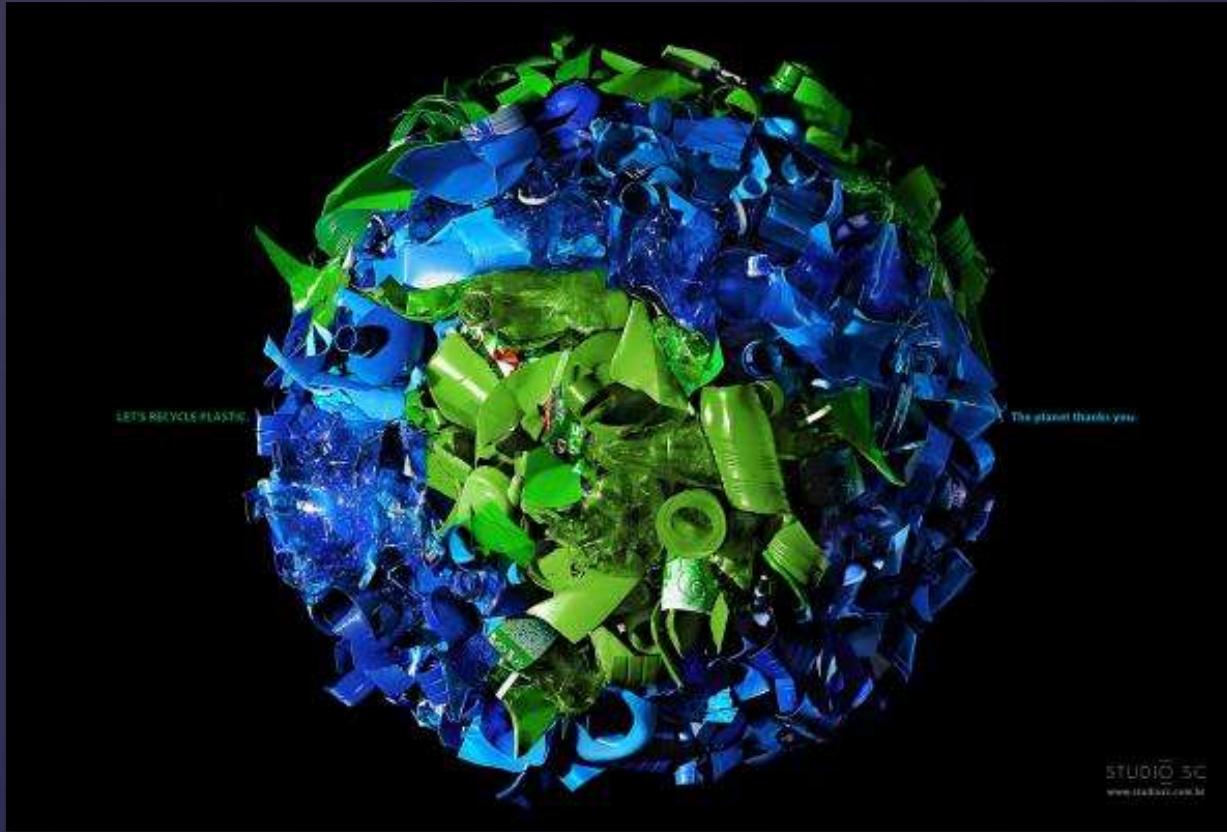


# «Разработка биоразлагаемых полимеров из природного сырья»

{ Выполнено Дубодел Елизаветой, ученицей 10Л класса  
Научный руководитель: Сигеев Александр Сергеевич,  
сотрудник ИНЭОС и СУНЦ МГУ

# Введение



Радикальным решением проблемы глобального загрязнения может являться синтез биоразлагаемых материалов из различных органических соединений.

# Задачи и цели



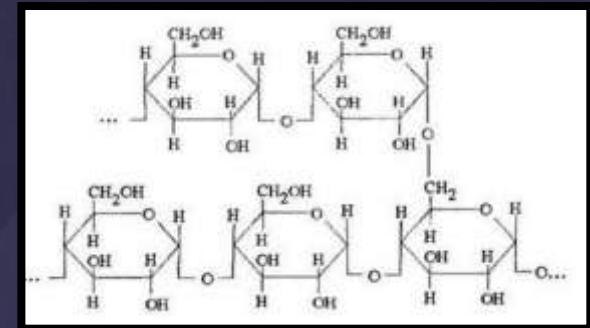
Биоразлагаемые товары  
в продаже

Полимеры, основанные на целлюлозе, крахмале, белках обладают необходимыми свойствами и являются возможными кандидатами на роль биоразлагаемых материалов будущего.

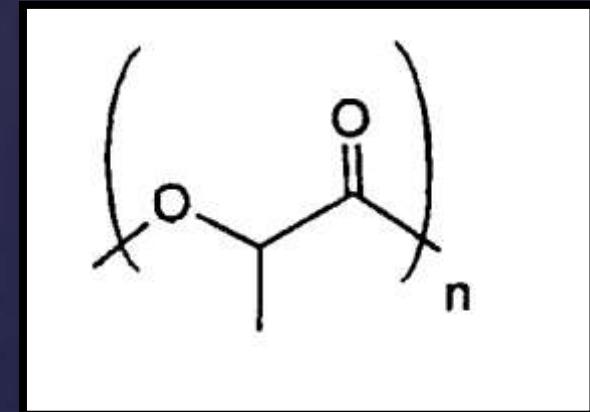
# Выбор полимера

	PLA	Целлюлоза	Крахмал
Катализатор для получения	Да, сложный	Нет	Нет
Цена	Дёшево	Дёшево	Дёшево
Получение	Из отходов продуктов питания	Из древесины	Из отходов продуктов питания
Механические свойства	Хорошие	Плохие	Плохие
Экологичность	Хорошая	Средняя	Хорошая
Возможности для модификаций	Среднее количество	Много	Много
Возобновляемость сырья	Ежегодная	Длительная	Ежегодная
Возможности образования композитов	Есть	Есть	Есть

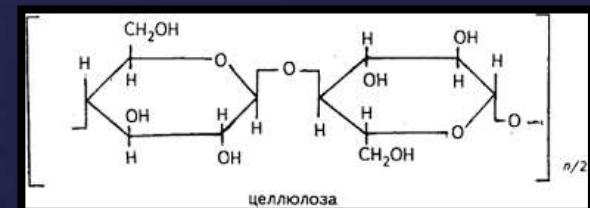
Крахмал



PLA

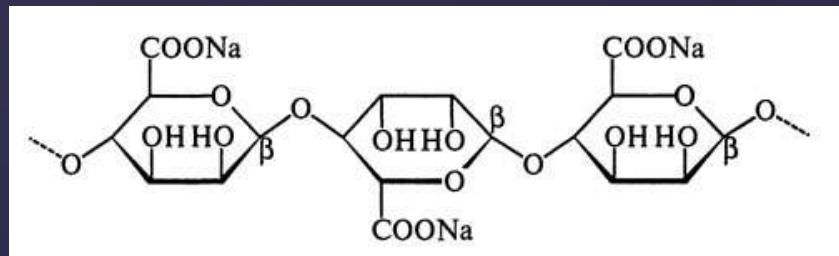


Целлюлоза



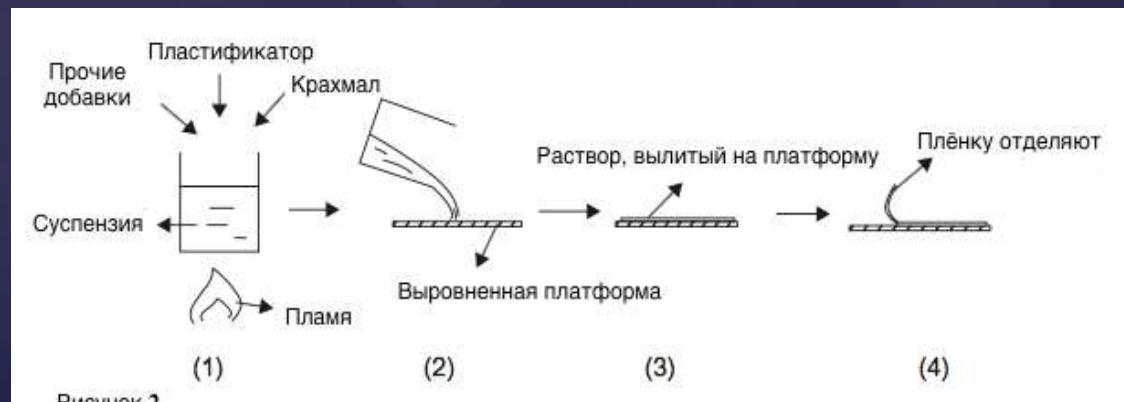
# Способы модификации

- ¶ Термопластичный крахмал
- ¶ Композиты
- ¶ Ферментативная модификация
- ¶ Внешнее воздействие

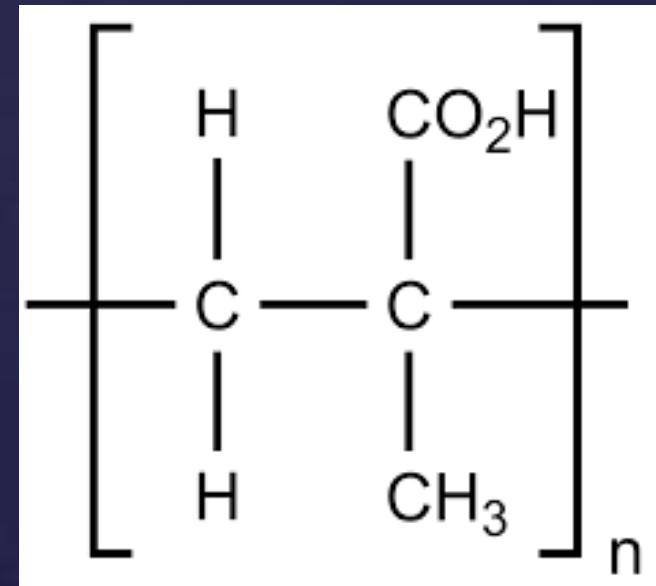


Альгинат натрия

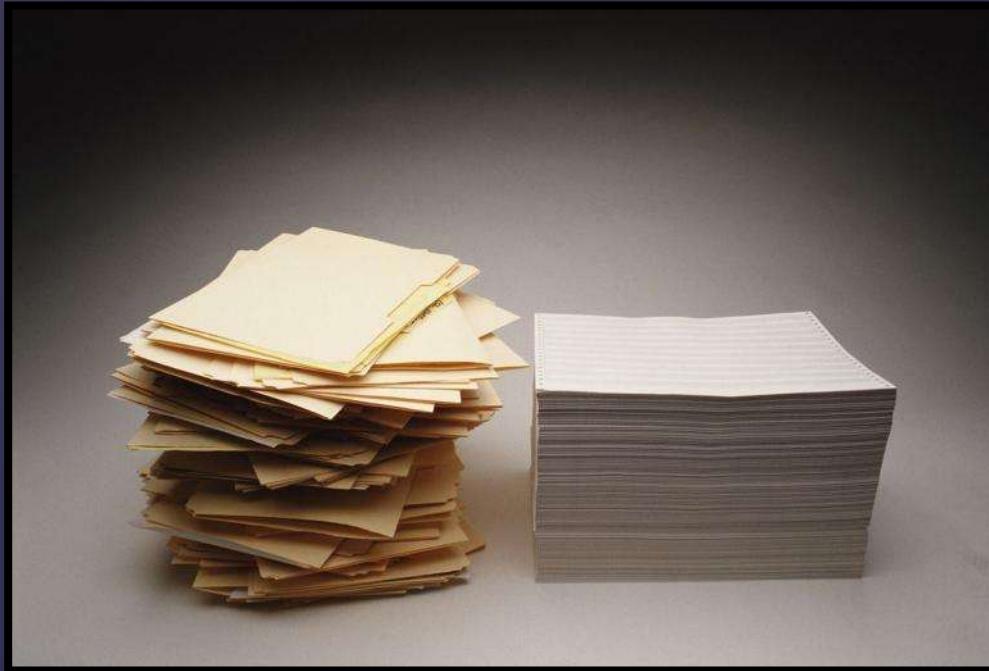
ПВС



Процесс приготовления термопластичных плёнок: (1) Нагревание и формирование суспензии крахмала (2) Переливание раствора на платформу (3) Высушивание и остывание (4) Отделение сухой плёнки от крахмала



# Объекты и методы исследования

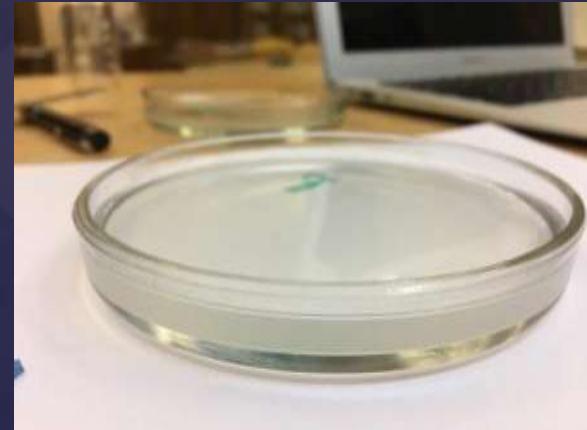


Продукты из крахмала

Крахмал – лучший из природных полимеров по цене, диапазону применения модификаций, простоте использования и широкой распространённости в природе.



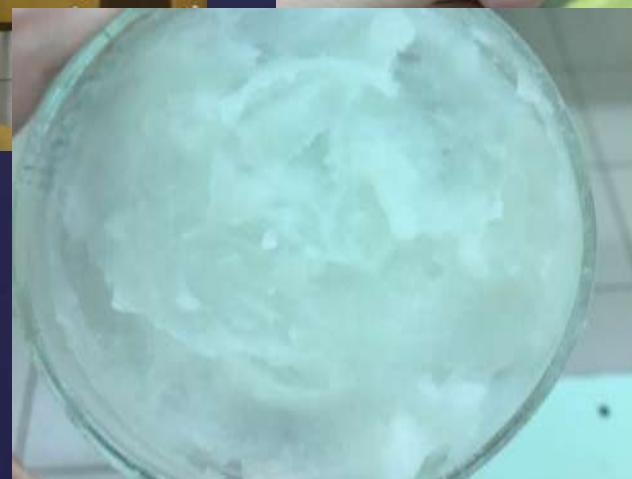
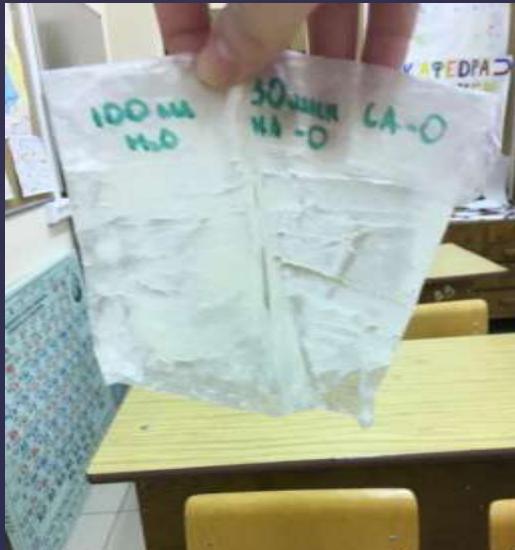
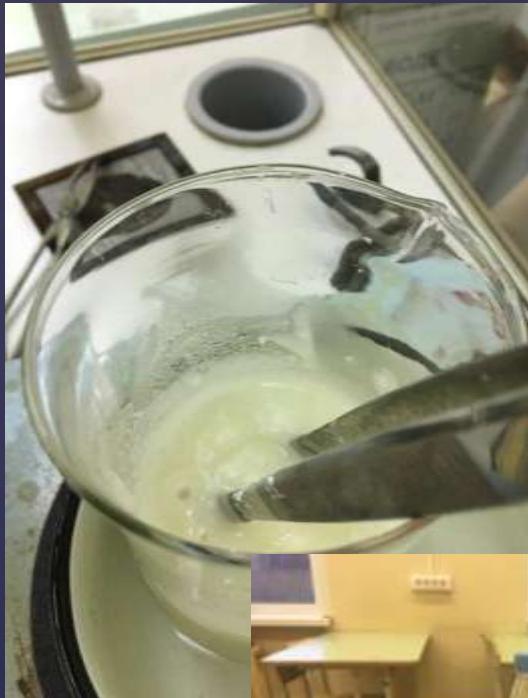
# Подбор характеристик крахмальных плёнок



Процесс приготовления  
желатинизированной плёнки

# Получение композитов ПВС/крахмал и их улучшение

Плёнка с малеиновым ангидридом



# Ферментативная обработка альгинатом натрия

Chemical structure of sodium alginate (Alginic acid) repeating units:

The diagram shows the repeating units of sodium alginate linked by beta(1-4) glycosidic bonds. Each unit consists of two D-guluronic acid residues. In the first residue, the C-4 carboxyl group is esterified with sodium (COONa). In the second residue, the C-4 hydroxyl group is esterified with sodium (COONa). The C-3 hydroxyl groups are free.

[C@H]1[C@H](OCC(=O)[Na+])[C@@H](O)OC[C@H]2[C@H](OCC(=O)[Na+])[C@@H](O)OC12

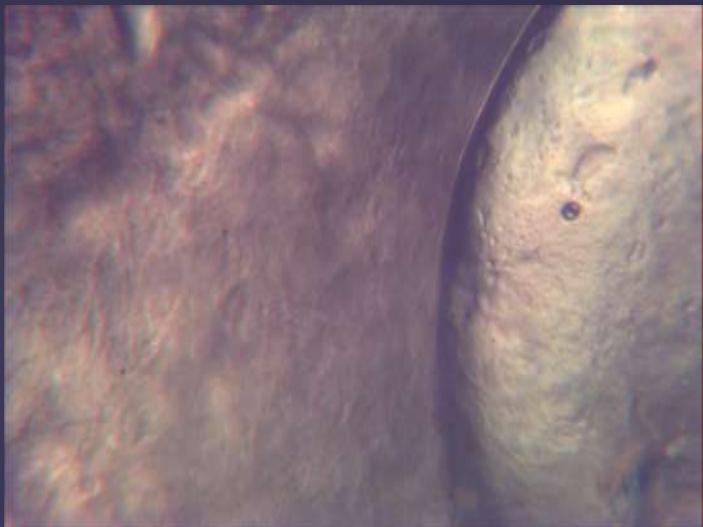
Структура альгината натрия

# Сводная таблица параметров всех плёнок

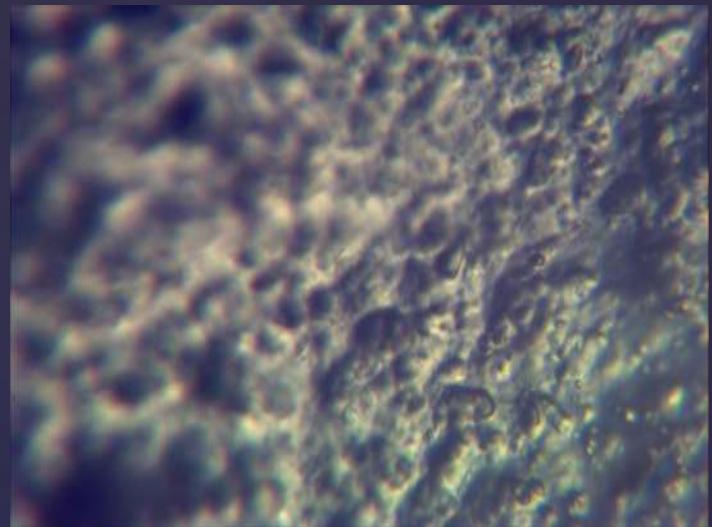
	I	II	III	1(p)	2(p)	3(p)	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8
Вода, мл	100		50	30		100				200					
Крахмал, г	34			50						5					
Альгинат, г		-----					5	5	---	3	5	5	5	5	2
Глицерин	-----			1			3	3	---	3			5	5	
Ламинария		-----					---			10	5	5	3	5	10
Пропиленгликоль	10	15	20		-----			3							
ПВС	-----			13,3					-----						
МА	-----			3					-----						
Лимонная кисл.	-----			3					-----						

## Описание внешнего вида плёнок

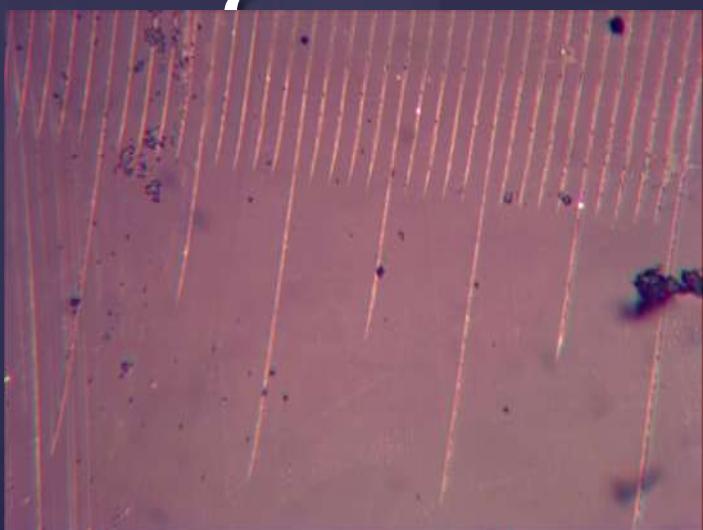
Обр	d, мкм	Описание внешнего вида
1а	210±20	Бесцветная (желтоватая) матовая хрупкая пленка, неплоская, крупные видимые невооруженным глазом дефекты — пузырьки, раковины порядка 1-2 мм размера, гладкая поверхность
1б	70±10	Бесцветная (желтоватая) матовая хрупкая пленка, более тонкая, чем 1а, практически плоская, на просвет однородно матовая, практически отсутствуют видимые невооруженным глазом дефекты, присутствует примесь в виде небольшого количества чёрных игольчатых частиц <0.3 мм, поверхность шероховатая
2	140–210	Белая (на просвет, в отраженном свете местами жёлтая) матовая непрозрачная хрупкая пленка, существенно покоробленная и неоднородная по толщине, поверхность гладкая, на просвет видны неоднородно прозрачные участки
3	280–290	Желто-зеленая пленка, матовая, плоская с загнутыми краями, гладкая с верхней стороны и шершавая с противоположной, с крупными (1–5 мм) пузырьками и большим количеством равномерно распределенных темно-зеленых мелких (<0.2мм) непрозрачных включений
4	200–210	Аналогично пленке 3
5	250–370	Аналогично пленкам 3,4, больше неоднородность в распределении включений, больше дефектов, существенно неоднородна по толщине
6	430–500	Темно-зеленая, практически непрозрачная плоская пленка, гладкая с одной стороны и шершавая с другой



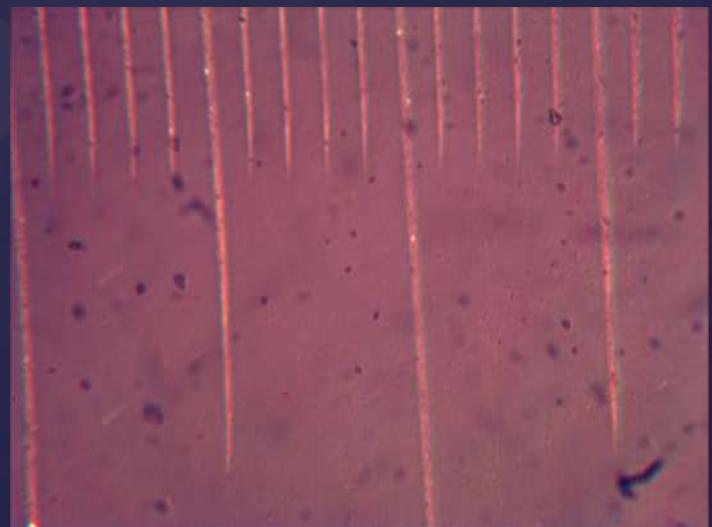
12.5x-1a-01



12.5x-1b-01



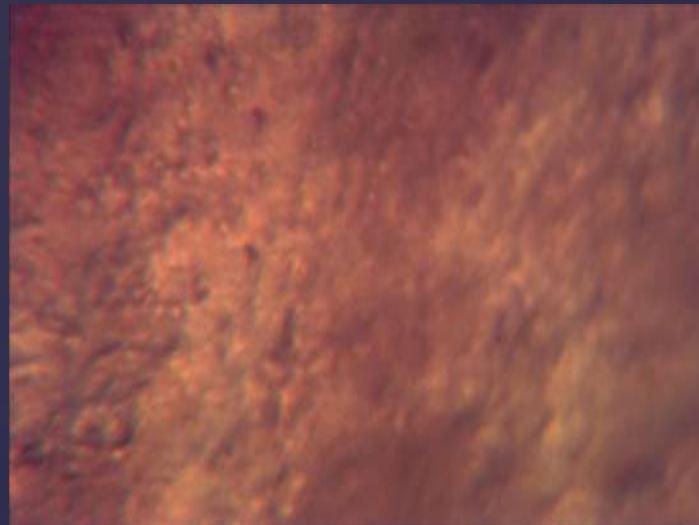
25x-10mkm-grid



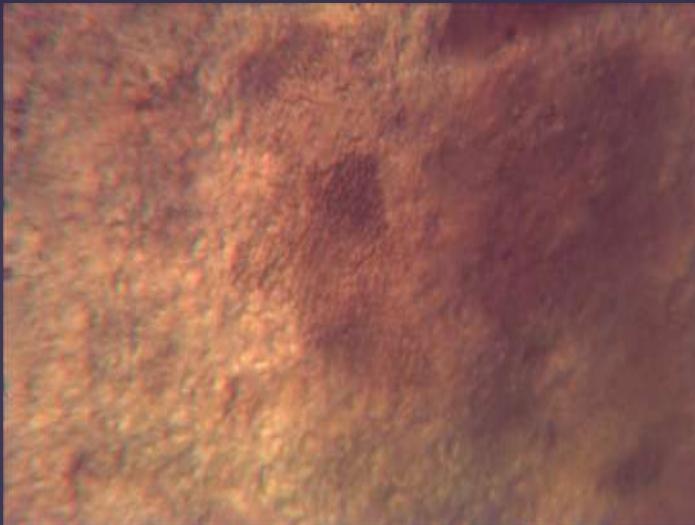
50x-10mkm-grid



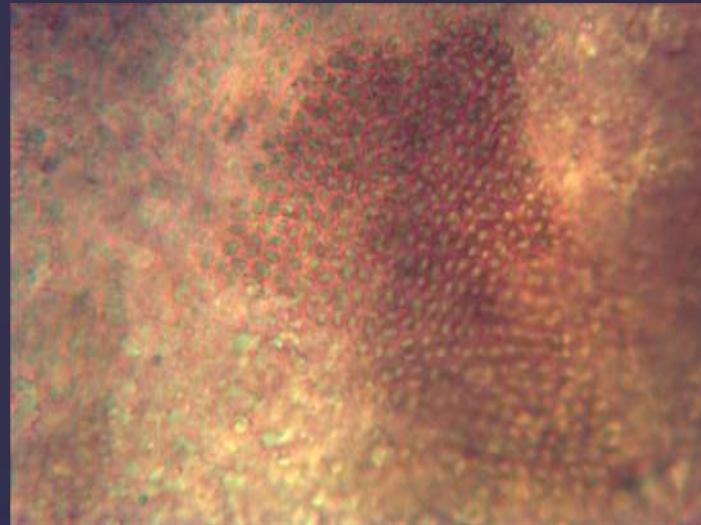
12.5x-3-01



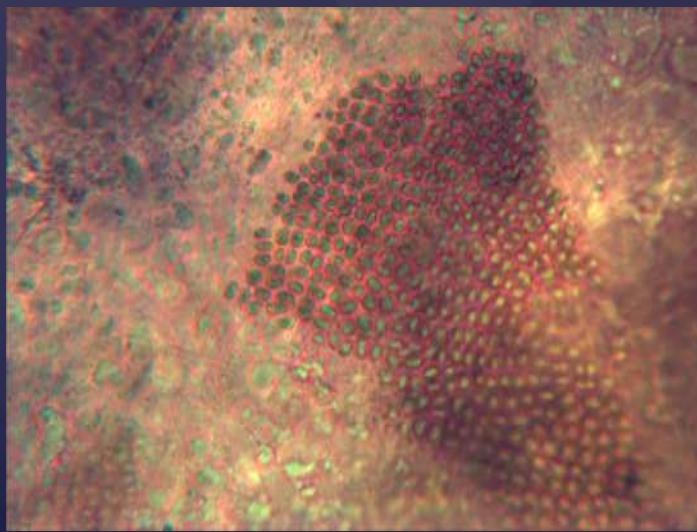
12.5x-3-02



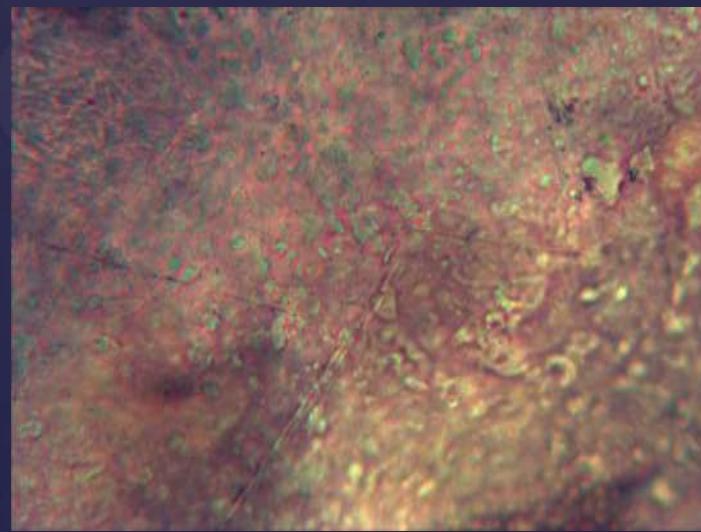
12.5x-4-01



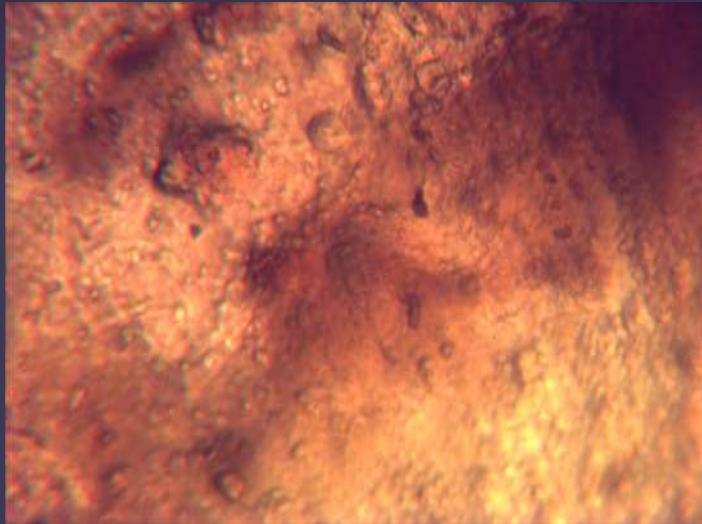
25x-4-02



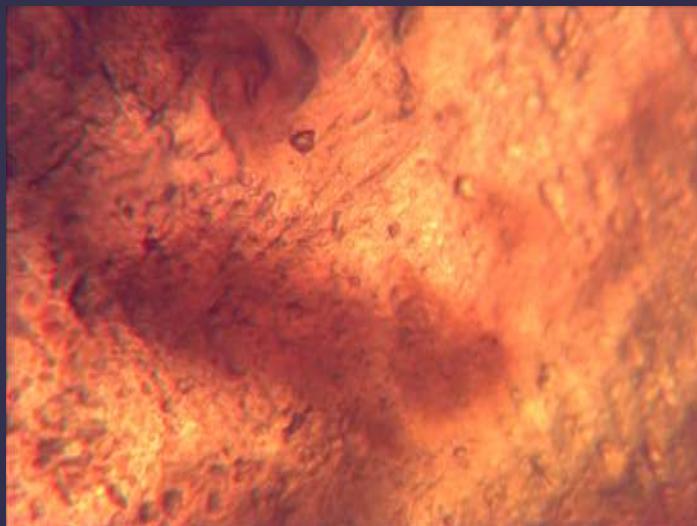
25x-4-03



25x-4-04

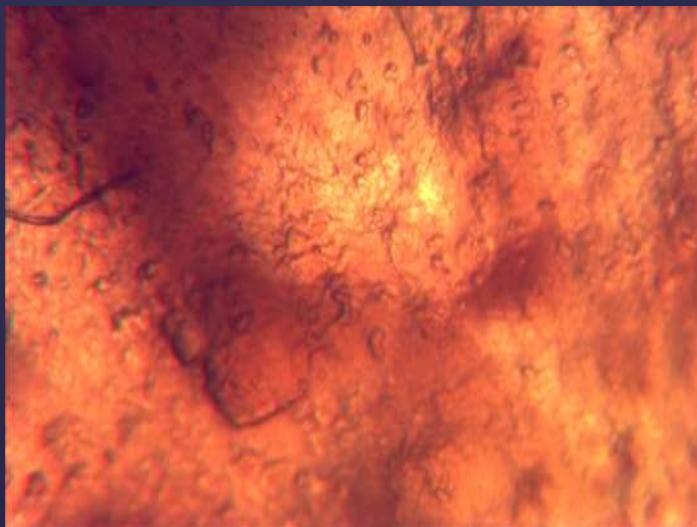


12.5x-5-01



12.5x-5-02

12.5x-5-03



# Обсуждение результатов

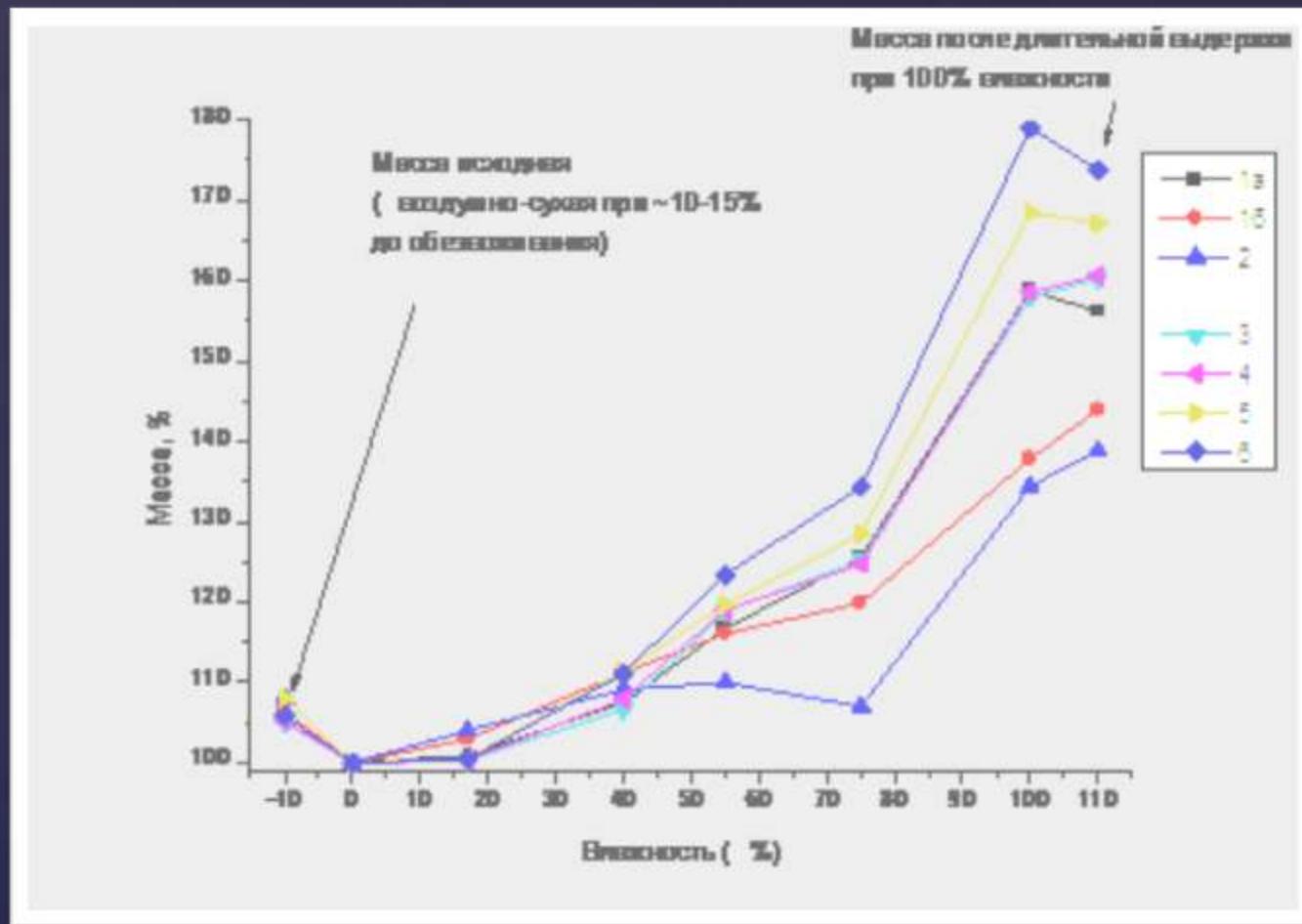


График 1-изменение поглощения влаги с течением времени

## Содержание влаги в плёнках

$m_1$ после кондиц., г	$m_2$ после выдержки при 105°C и 8 ч., г	Содержа- ние влаги в кондиц., % $100*(1 -$ $m_2/m_1)$	$m_3$ @25C 17% +60ч, г	$m_{40}$ @25C, 40% +6ч, г	$*m_{100}$ @25C ~95- 100% +50ч, г	$m_{55}$ @25C, 55% +6ч, г	$^{**}m_{95}$ @25C ~95- 100% +50ч, г	$m_{75}$ @25C, 75% +6ч, г
0,9021	0,8577	4,9	0,8647	0,9217	1,3396	1,0008	1,3615	1,0769
0,2291	0,2153	6,0	0,2215	0,2393	0,3098	0,2498	0,2968	0,2581
0,7877	0,7288	7,5	0,7580	0,7953	1,0116	0,8015	0,9795	0,780***
0,8117	0,7732	4,7	0,7758	0,8241	1,2396	0,9192	1,2210	0,9674
0,7230	0,6876	4,9	0,6896	0,7419	1,1046	0,8180	1,0907	0,8574
1,1510	1,0655	7,5	1,0711	1,1862	1,7810	1,2749	1,7950	1,3684
0,7515	0,7105	5,5	0,7126	0,7892	1,2348	0,8766	1,2723	0,9541

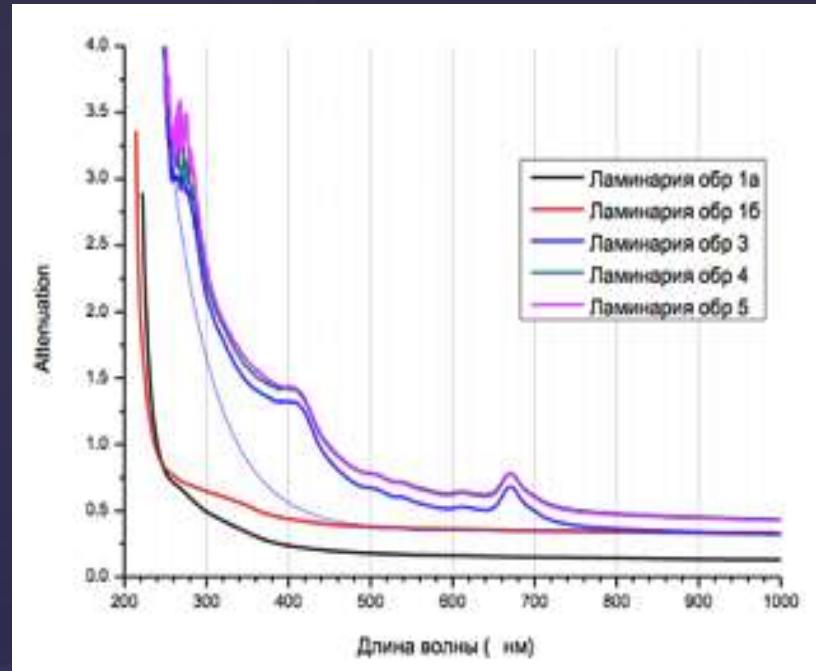
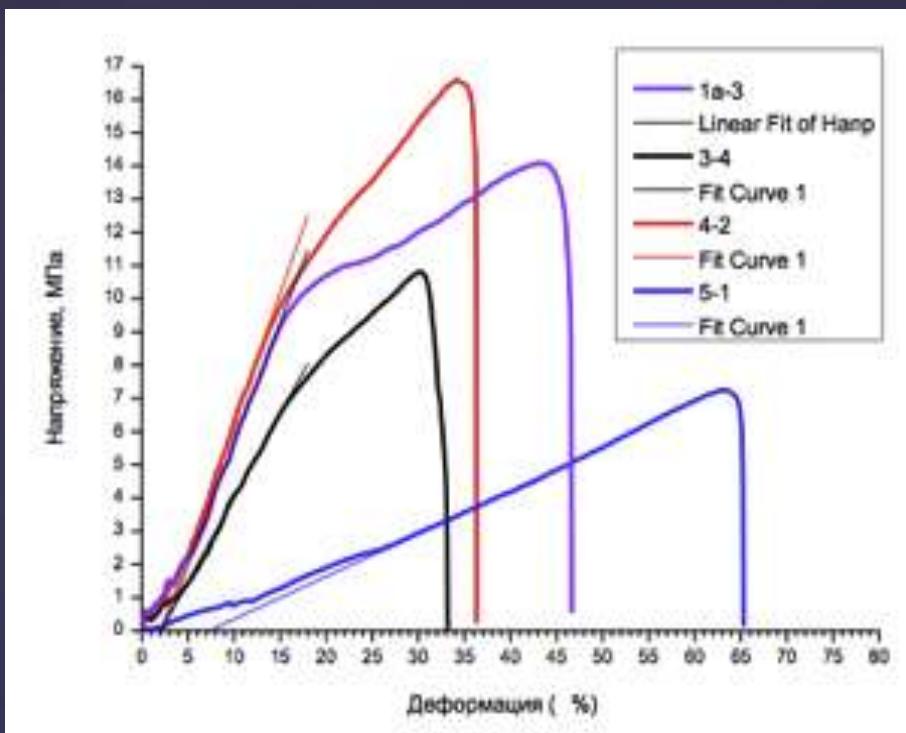


График 2 – УФ спектр пленок

График 3 – Деформационные кривые пленок полимеров

Механические характеристики

Образец	Модуль упругости, МПа	Прочность МПа	Разрывное удлинение, %
1а	70	12,2±2,2	40-55
1б	670	35-40	10-15
3	50	11,4±1,5	25-35
4	80	14,9±1,7	30-45
5	15	8,5±1,2	50-65

# Выводы



Основным направлением развития современного производства является экологичность продуктов на выходе и запуск общедоступного биоразлагаемого материала помог бы остановить глобальное загрязнение

# Благодарности

Научному руководителю, Сигееву Александру Сергеевичу, за ёмкие комментарии и помошь в редакции черновой версии работы

Программе Mendeley, за экономию моего времени в создании ссылок на литературу

Дмитрию Ивановичу Менделееву, сотруднику института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева, за помощь в анализе плёнок и предоставлении необходимого оборудования

# Ссылки

- ¤ [http://www.labelsandlabeling.com/sites/labels/labelsandlabeling/files/styles/opinion\\_news\\_large/public/field\\_primary\\_image/Plastic%20bag%20degrading%20process.jpg?itok=tKFHeqiI](http://www.labelsandlabeling.com/sites/labels/labelsandlabeling/files/styles/opinion_news_large/public/field_primary_image/Plastic%20bag%20degrading%20process.jpg?itok=tKFHeqiI)
- ¤ [http://inhanhdat.com.vn/source/tu\\_dua/tui-nilon-tu-huy-4.jpg](http://inhanhdat.com.vn/source/tu_dua/tui-nilon-tu-huy-4.jpg)
- ¤ <http://www.agencysgm.com/upload/medialibrary/d80/d80a1dc8529033d16a18f47725215856.png>
- ¤ <http://razvitiedetei.info/wp-content/uploads/2016/08/bumaga.jpg>
- ¤ [https://www.google.ru/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwijta\\_J4oLYAhUkKpoKHQ1uCJgQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fmanikshop.ru%2Fcategories%2Fshugaring-karamel-pasty-&psig=AOvVaw3wrk-2u3Jdk-PcZCH1NE6H&ust=1513108563788386](https://www.google.ru/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwijta_J4oLYAhUkKpoKHQ1uCJgQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fmanikshop.ru%2Fcategories%2Fshugaring-karamel-pasty-&psig=AOvVaw3wrk-2u3Jdk-PcZCH1NE6H&ust=1513108563788386)
- ¤ [http://sevsvalki.net/wp-content/uploads/2014/03/plastic\\_2.jpg](http://sevsvalki.net/wp-content/uploads/2014/03/plastic_2.jpg)
- ¤ <http://deus1.com/images/dobavki-pishevie/E401.jpg>

