

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования  
«Ракитянская станция юных натуралистов»  
п. Ракитное  
объединение «Я исследователь»

Номинация: Ландшафтная экология и почвоведение

Исследовательская работа

**Выявление возможности участия веществ и организмов лесной  
подстилки в процессе деструкции пластика в условиях урочища  
«Становое» Ракитянского района Белгородской области**

Автор: Сосина Софья Сергеевна, 10 класс  
Руководитель: Тарасова Наталья Николаевна,  
педагог-организатор  
МБУ ДО «Ракитянская станция юных натуралистов»

**2025 год**

## Оглавление.

Введение .....	3
Краткий обзор литературы .....	4
Характеристика условий места отбора субстрата .....	5
Методика исследования .....	5
Результаты и обсуждение .....	7
Выводы .....	18
Заключение .....	18
Список литературы и интернет-источников .....	19
Фотоприложения .....	20

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Вопрос загрязнения природы в настоящее время стоит очень остро. Одним из опасных загрязнителей является пластик. Переработка его отходов входят в число важных проблем современности. Этот процесс энергоемкий, но полностью от бытовых отходов не избавляет. Рано или поздно материал доходит до стадии, когда его уже нельзя будет переработать повторно. [12] А вот биodeградация была бы оптимальным путем борьбы с пластиковым мусором.

Джордж Карлин в одном из выступлений высказал мнение, которое подтверждается многочисленными примерами эволюционных процессов жизни на Земле: «...Планета будет здесь ещё очень, очень, очень долго после того, как нас не станет, и она залечит себя, она очистит себя, потому что это то, что она всегда делает. Это самоисправляющаяся система. Воздух и вода восстановятся, Земля обновится. И если правда, что пластик не разлагается - не беда: планета включит его в новую парадигму «Земля плюс пластик». [9]

Действительно, пластик, находящийся в природе, со временем теряет свои свойства, заданные при изготовлении. Например, в лесу неподалеку от поселка Пролетарский около 2 лет назад возникла небольшая несанкционированная свалка, на которой было немало пластиковых бутылок, пакетов, тарелок. Год назад при уборке мусора с этой территории были отмечены нарушения свойств многих пластиковых предметов. Пластик стал хрупким, легко распадался при ударах на отдельные фрагменты. Причин для объяснения изменений свойств пластика много. Среди абиотических причин разложения пластика могут быть температурные перепады в зимне-летний период, воздействие солнечного света, окисление кислородом и другими веществами воздуха.

**Проблема.** Кроме того, на разложение пластика вероятно оказывают влияние и биотические причины. Ответ на вопрос о способности веществ, организмов и микроорганизмов лесной подстилки принимать участие в деградации пластика в современных условиях безусловно важен.

В работе был проведен модельный эксперимент по изучению влияния веществ, организмов, обитающих в небольшом объеме смеси лесного перегноя, дернины и подстилки на свойства разных небиоразлагаемых видов пластика, помещенных в почвенно-опадный субстрат.

**Цель.** Выявить существование механизмов деструкции пластика у веществ и организмов лесного субстрата в современных условиях.

### **Задачи.**

1. Подготовить лесной субстрат для модельного эксперимента содержащий лесную подстилку, перегной и дернину.
2. Подготовить образцы пластика для эксперимента и поместить их в лесной субстрат.
3. Проводить визуальные наблюдения за проявлением процессов жизнедеятельности в контейнерах.

4. Провести анализ изменений свойств и массы опытных образцов пластика по сравнению с контрольными образцами по окончании эксперимента.

**Объект исследования.** Образцы пластика, помещенные в лесной субстрат.

**Предмет исследования.** Изменение свойств и массы пластиковых опытных образцов под действием веществ и организмов лесного субстрата.

**Гипотеза.** У компонентов биосферы лесного почвенного субстрата есть механизмы по разложению пластикового мусора.

**Сроки исследования.** С октября 2023 года по октябрь 2024 года.

**Место отбора лесного субстрата:** 51 квартал 10 выдел урочища «Становое», Ракитянского района, Белгородской области. (Рис. 1)

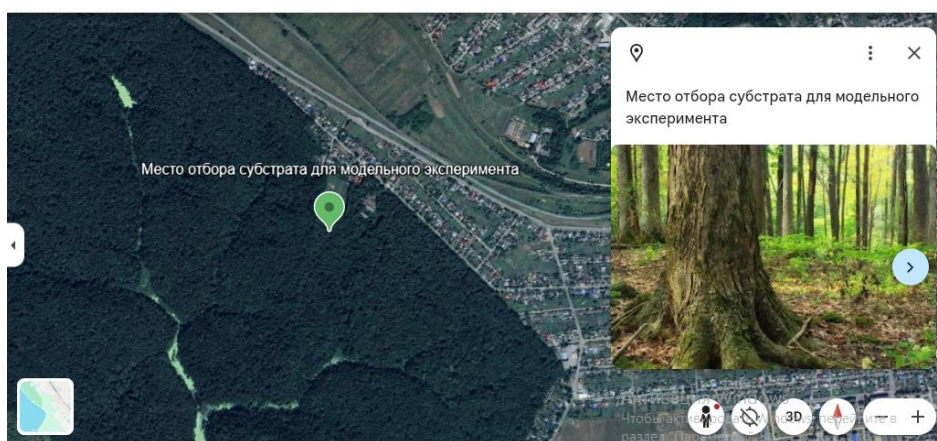


Рис. 1 Скрин-карта Место отбора субстрата для модельного эксперимента

<https://earth.google.com/earth/d/10WjBAbz7AoVCzqB0LkHUYEZpRpULTf7?u sp=sharing>

## КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### **Верхняя часть почвенного горизонта.**

Лесная подстилка Органогенный горизонт, сложенный из не полностью разложившихся растительных остатков - опада.

Дернина (0 - 3 см); густо пронизан живыми корнями растений, если потянуть руками за стебли травянистых растений, то она отделится от остальной части почвы и останется висеть на корнях.

Перегнойный, или гумусовый горизонт (3 - 19 см); образуется в результате преобразования остатков растений и животных в гумус. Окраска перегнойного горизонта тёмная. К низу он светлеет, так как содержание гумуса в нём уменьшается. [1,11]

**Биодеградация** лежит в основе круговорота веществ, позволяет в результате деятельности организмов-редуцентов сложным большим соединениям распадаться сначала на менее сложные (так, например, крахмал распадается до глюкозы), а потом до простых (таких как углекислый газ и вода). [5]

Грибы вызывающие белую гниль древесины способны с помощью ферментов расщеплять лигнин. Ученые выделили образцы грибов из гниющих лиственных пород и посадили одни в среду из полиэтилена низкой плотности, а другие в смесь деревьев с пластиком. В обоих экспериментах грибы разрушали полиэтилен. Однако какие точно процессы задействованы при переработке пластика, пока неизвестно. [3]

Ученые обнаружили, что некоторым видам насекомых можно скормить и пластик - пищеварительная система тех, кого мы привыкли считать вредителями, эффективно перерабатывает наш мусор, превращая его в безопасные отходы. [4]

**Пластик** - это обобщенное название большого количества синтетических веществ с прочными высокомолекулярными трудноразрушаемыми связями. Пластик подвергается специальной маркировке, систему которой изобрели в 1988 году для утилизации разных предметов, каждый тип имеет свое название и значок. [12]

## **ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ МЕСТА ОТБОРА СУБСТРАТА**

Белгородский регион находится на юго-западных и южных склонах Среднерусской возвышенности, в бассейнах рек Днепра и Дона, в лесостепной зоне на приподнятой всхолмлённой равнине. [2]

Ракитянский район расположен на северо-западе Белгородской области. В целом климат района умеренно континентальный. Особенности его являются большая годовая амплитуда температур. В течение года средняя температура воздуха составляет 7.8°C. Самым холодным месяцем является январь со средней температурой -7°C, а самым теплым июль, когда столбик термометра в среднем поднимается до 22.7°C. Сравнительно мягкая зима с частыми оттепелями и снегопадами, солнечное продолжительное лето, умеренное и не вполне устойчивое увлажнение с преобладанием летних осадков над зимними.

Для урочища «Становое» характерен тип серых лесных почв. [8]

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для подготовки субстрата 22 октября 2023 года на территории лесного массива урочище «Становое» на участке 51 квартала 10 выдела «методом конверта» в пяти точках, расположенных на расстоянии 10 - 15 м друг от друга, из верхних горизонтов почвы (глубиной до 15 – 20 см) были отобраны пробы, в состав которых вошли: лесная подстилка, дернина, перегной. Объем субстрата в каждой точке составлял около 2 л. К этой смеси добавили кусочки измельчённой упавшей ветви старой дикой яблони, пораженной трутовиком обыкновенным. Причину поражения ветви яблони определили по плодовым телам трутовика обыкновенного на стволе. Измельченная

древесина вошедшей в субстрат крупной упавшей ветки имела рыхлую, трухляво-волокнистую белую структуру.

Все компоненты субстрата смешали. Общий объём субстрата составил около 18 л. Полученной смесью заполнили 5 стеклянных трёхлитровых контейнеров.

23 октября 2023 года отобраны 5 видов пластика для эксперимента. Вид пластика определяли по маркировочным значкам на предметах или их упаковке.

Таблица 1. Типы исследуемого пластика.

№	Предмет, откуда взят образец пластика	Маркировочный значок	Вид пластика
1	Бутылка для воды.		Полиэтилентерефталат
2	Одноразовый пластиковый стакан (100 мл)		Полипропилен
3	Пакет для текстильной продукция		Поливинилхлорид
4	Пакет для продуктов		Полиэтилен высокой плотности (низкого давления)
5	Пузырьковая пленка		Полиэтилен низкой плотности (высокого давления)

- Был проведен внешний осмотр образцов.
- Путем сгибания проверили эластичность.
- Для определения ударопрочности бутылки и стаканчика по ним ударяли молотком; прочность пакетов и пузырьковой пленки определяли с силой растягивая их руками.
- Тактильно, на ощупь, проверили гладкость или шероховатость поверхностей образцов.
- Взятые опытные и контрольные образцы пластика были предварительно взвешены.

(Приложение 1)

Во внутрь субстрата каждого контейнера поместили по пять опытных образцов пластика разных видов. (приложение 2)

Содержимое контейнеров увлажнили, накрыли полиэтиленовыми пакетами. Укрытие было достаточно герметичным, удерживало влагу. Доступ воздуха к субстрату обеспечивался во время наблюдений и увлажнений. Для предупреждения фотоокисления, которому подвержены полиэтилен и полипропилен, эксперимент проводили в помещении без доступа солнечного света. В эксперименте были созданы мезофильные условия, то есть поддерживалась комфортная для многих почвенных

организмов температура воздуха в пределах от +25 °С до +30°С с высокой влажностью.

Еженедельно субстраты орошали водой из распылителя и визуально вели наблюдения за проявлением жизненных процессов в контейнерах.

**Контрольные образцы.** Пластик оставшийся от предметов после отбора опытных образцов, служил контролем и хранился в условиях темного, теплого, сухого шкафа.

Опытные образцы пластика находились в субстрате в течении года. Образцы исследуемого пластика были извлечены из субстрата 20 октября 2024 года.


## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ



Закладка модельного эксперимента проведена 23 октября 2023 года. Первое наблюдение проведено спустя семь дней от начала эксперимента. До середины января 2024 года наблюдения велись с периодичностью 5 - 12 дней. В последующее время, в связи с затуханием внешних проявлений жизни, период между наблюдениями был увеличен до 2 – 3 недель и более. Во всех повторностях (контейнерах) эксперимента визуальные проявления жизненных процессов во многом были схожи между собой.

Таблица 2. Результаты визуальных наблюдений за происходящими процессами жизнедеятельности в экспериментальных субстратах.

№	Дата наблюдения	Происходящие изменения
1	22.10.23г 23.10.25г	Отбор лесной подстилки, дернины, перегноя, кусочков измельчённой древесины, образцов пластика. Закладка пяти вариантов (контейнеров) «модельного эксперимента».
2	29.10.23г	Во всех контейнерах ощущается резкий запах «сырости». Видимых изменений нет.
3	05.11.23 г	Произошли видимые изменения. На поверхности субстрата и над субстратом в трех контейнерах сформировались тонкие переплетенные нити белого цвета - поверхностный (воздушный) мицелий в виде белого налёта с множеством переплетений тончайших нитей длиной 1 - 1,5 см.

		
4	6.11.23 г	<p>Активное формирование поверхностного мицелия во всех контейнерах. Мицелий в трех контейнерах, появившийся днем ранее, распространился по всей поверхности. В отдельных местах наблюдается появление черных головок. Вероятно, это представители семейства плесневых Мукоровых грибов. В контейнерах наблюдается появление поверхностного мицелия другого внешнего вида – белого, но больше по диаметру и длине, вверх не поднимается.</p> 
5	10.11.23 г	<p>Активное формирование нитей мицелия. Среди сплетения мицелиарных нитей наблюдается формирование островков похожих на плодовые тела грибов.</p>

		
6	19.11.23 г	<p>Островки грибных тел увеличиваются в размерах срастаясь между собой, образуют поселение неопределенных очертаний, покрывших субстрат практически по всей площади поверхности. Пинцетом взят кусочек белого «покрывала». Организм определен как деревообитающий вид гриба Оксипорус корковый. Под грибом находится густая, вязкая масса коричневатого цвета.</p>    
7	24.11.23 г	<p>Образование на поверхности субстрата приобрело неоднородность окраски. Местами живое, ранее белое покрывало, начало приобретать снаружи коричневатый</p>

		<p>цвет. Наблюдаются: местами белые островки, местами коричневатые.</p> 
8	26.11.23г	<p>Наблюдаются изменения. Идет активное поглощение воздуха под пленками. Пленки, которыми накрыты емкости с биоматериалом, притянуло к поверхности. Во всех контейнерах поверхностные образования приобрели коричневую окраску, стали похожи на корочку. Наблюдается угасание жизнедеятельности плодовых тел организмов на поверхности субстрата, несмотря на достаточную влажность.</p> 
9	02.12.23 г	<p>В контейнерах появились многочисленные белые вытянуто-яйцевидные шляпки плодовых тел шляпочных грибов разных размеров. Крупных грибов в контейнерах от 4 до 6 штук. Диаметр крупных колпачков шляпок 0,5 – 1,5 см, мелких 1 – 2 мм и менее. Провели макросъемку образовавшихся плодовых тел грибов. Шляпки крупных плодовых тел грибов имеют белую ворсистую поверхность.</p>

		
10	03.12.23г	<p>Появившиеся первыми грибы – доминантные, растут очень быстро. За сутки ножки крупных грибов сильно вытянулись, шляпки раскрылись, стали почти черными. Крупные грибы начали разлагаться. Для сравнения провели съемку выросшего гриба со спичкой. Мелкие плодовые тела не растут, стали незаметны. Вероятно, разложились. По внешнему виду и короткой жизни плодового тела гриб определили, как Навозник пушистый. В одном из контейнеров обнаружили дождевого червя.</p> 
11	08.12.23г	<p>В трех контейнерах повторно появилась «белая плесень» муко́ра. В двух других выросли по два и три плодовых тела Навозника пушистого. Измеряла длину выросшего гриба линейкой. Высота грибов достигала от 9 до 12 см. На выросших грибах образовывались шапочки, которые красят руки в черный цвет.</p>

		
12	11.12.23г	В контейнерах выросли еще по 1 - 3 гриба. Их высота была меньше от 3,5 см, до 8 см. Во втором контейнере обнаружили дождевого червя. Островки плесневого гриба Мукора потемнели.
13	19.12.23г	Практически каждый день в каждом контейнере выростали 1-2 плодовых тела гриба Навозника пушистого. Участков с плесневым грибом Мукор не наблюдается.
		
14	21.12.23г	В контейнерах по 2 - 3 гриба плодовых тел Навозника пушистого. Дождевой червь растет.
		
15	30.12.23г	В одном из контейнеров выросло одно плодовое тело Навозника пушистого. В другом контейнере на поверхности формируется новый мицелий.
16	06.01.24г	В контейнере с новым мицелием выросли два плодовых тела Негниючника листового. Дождевой червь пропал.

17	21.01.24г	Плодовые тела Негниючника разлагаются.
18	25.02.24г.	Регулярно один раз в неделю увлажняю почву с помощью распылителя. На протяжении продолжительного времени никаких изменений не наблюдается.
19	09.03.24г.	В одном из контейнеров появилось плодовое тело Навозника пушистого. 
20	10.03.24г	В течении суток ножка гриба вытянулась, шляпка раскрылась, потемнела и стала скользкой. Плодовое тело разлагается.
21	15.04.24 г	В двух контейнерах выросли по 2 плодовых тела Навозника пушистого.
22	16.04.24г	К вечеру плодовые тела начали пропадать.
23	май, июнь, июль, август, сентябрь	Регулярно один раз в неделю почва увлажняется с помощью распылителя. На протяжении продолжительного времени никаких изменений, никаких проявлений жизненных процессов не наблюдается.
24	20.10.24г	Никаких визуальных изменений не наблюдается. Субстрат влажный. Температура +27С°. Субстрат рыхлый. Листьев нет, кусочки коры и древесины легко рассыпаются при нажатии пальцами. Эксперимент закончен.

В ходе модельного эксперимента были созданы благоприятные условия для процессов жизнедеятельности организмов почвенно-опадного субстрата не нуждающихся в солнечном свете. В течении 10 - 15 дней плесневые грибы семейства Мукоровые (род низших плесневых грибов класса Зигомицетов) сформировали не только мицелий, но и спорангии со спорами на большей

поверхности субстратов во всех контейнерах. Повторное появление «белой плесени» наблюдалось спустя 32 дня. Процесс созревания спор, потемнение надземной части завершилось быстро в течении 3 дней.

Плодовые тела Оксипоруса коркового (семейство Оксипоровые) начали формироваться после отмирания Мукора. В течении двух недель плодовые тела занимали доминантное положение на поверхностях субстратов во всех контейнерах. В последующее время внешне этот гриб себя не проявлял.

Спустя 1,5 месяца от начала эксперимента пришло время шляпочных грибов. В контейнерах начали активно формироваться плодовые тела гриба Навозник пушистый. Пищевая база и внешние условия оказались очень благоприятными для этого гриба семейства Шампиньоновые. В течении декабря регулярно формировались плодовые тела, но, со временем, наблюдалась закономерность уменьшения их размеров. Последние плодовые тела появились 9 апреля с еще меньшими параметрами. (Рис. 2)



Рис. 2 Диаграмма. Средние размеры плодовых тел гриба Навозник пушистый в разные периоды эксперимента

В конце декабря на поверхности субстрата в одном из контейнеров наблюдалось появление нового немногочисленного мицелия. Через неделю появились 2 плодовых тела Негниючника листового (семейство Негниючниковые).

В период со второй декады января по вторую декаду марта внешних проявлений жизни в контейнерах не проявлялось.

О сохранении жизни в субстрате свидетельствовало появление в одном из контейнеров одного плодового тела Навозника пушистого 9 марта и по два плодовых тела в двух контейнерах 15 апреля. (Рис. 3)

### Образование крупных плодовых тел шляпочных грибов в период эксперимента

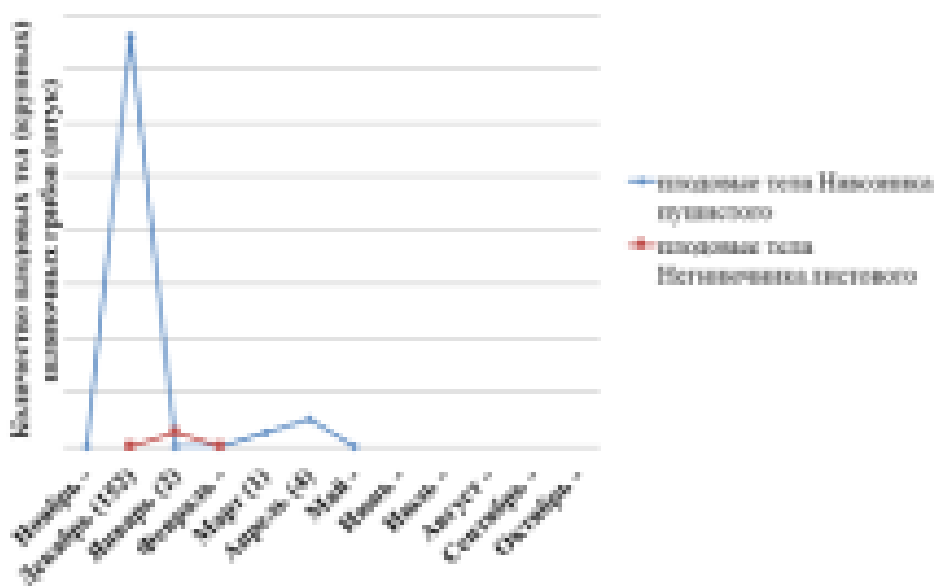


Рис. 3 График. Образование крупных плодовых тел шляпочных грибов в период эксперимента.

Бурная активность жизненных процессов в ноябре – декабре значительно снизилась к середине января. И незначительно проявилась в марте и апреле. (Рис. 4)

### Периоды внешнего проявления жизненных процессов на поверхности субстратов

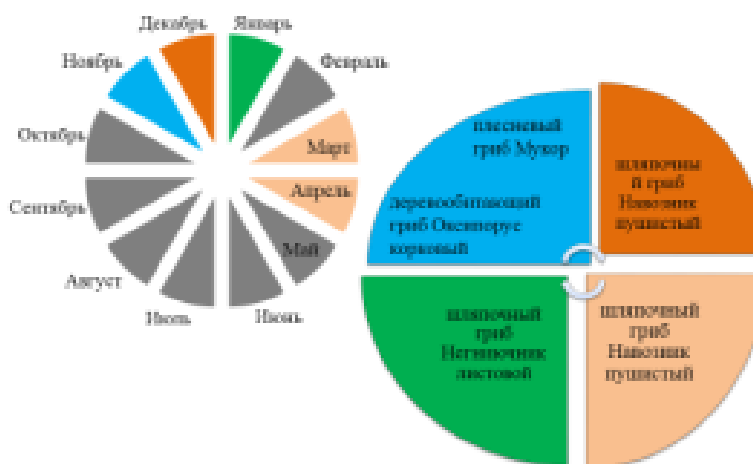


Рис. 4 Диаграмма. Периоды внешнего проявления жизненных процессов на поверхности субстратов.

Начиная с 16-17 апреля, со времени разложения плодовых тел Навозника пушистого до 20 октября времени окончания модельного эксперимента, никаких изменений, никаких проявлений жизненных

процессов не происходило. Вероятно, пищевые ресурсы для организмов, за которыми можно наблюдать визуально, не вмешиваясь в их жизнь, не нарушая субстрата в контейнерах были исчерпаны.

Образовавшаяся из субстрата однородная, мелкоструктурная, рыхлая масса свидетельствует о разложении организмами целлюлозы и лигнина, основных составляющих травяных остатков, листового опада, коры, древесины.

20 октября 2024 года кусочки опытных образцов пластика осторожно извлечены из субстрата. (приложение 3) С опытных кусочков пластика аккуратно смыли частицы субстрата, высушили на воздухе и взвесили. Контрольные кусочки пластика также были взвешены.

Таблица 3. Масса опытных образцов пластика до и после окончания эксперимента.

№	Вид образца пластика	Период эксперимента	Масса опытных образцов (г)				
			Контейнеры				
			1	2	3	4	5
1	Полиэтилентерефталат (бутылка для воды)	до	2,860	2,135	3,085	2,540	2,438
		после	2,855	2,131	3,083	2,537	2,433
снижение массы образца			0,17%	0,19%	0,06%	0,12%	0,21%
2	Полипропилен (стакан одноразовый)	до	0,567	0,604	0,540	0,523	0,612
		после	0,556	0,592	0,535	0,511	0,598
снижение массы образца			1,94%	1,99%	0,93%	2,29%	2,29%
3	Поливинилхлорид (пакет для текстиля)	до	0,457	0,510	0,483	0,451	0,503
		после	0,450	0,504	0,475	0,443	0,492
снижение массы образца			1,53%	1,18%	1,66%	1,77%	2,19%
4	Полиэтилен высокой плотности (пакет для продуктов)	до	0,354	0,432	0,395	0,414	0,381
		после	0,348	0,425	0,385	0,409	0,370
снижение массы образца			1,69%	1,62%	2,53%	1,21%	2,89%
5	Полиэтилен низкой плотности (пузырьковая пленка)	до	0,821	0,792	0,850	0,763	0,804
		после	0,809	0,778	0,844	0,749	0,790
снижение массы образца			1,46%	1,77%	0,71%	1,83%	1,77%

Данные таблицы показывают снижение массы всех образцов пластика во всех повторностях (5 контейнеров) эксперимента. Наибольшее снижение массы образцов пластика ПЕТ, РР, РVС, HDPE наблюдалось в контейнере №5. Наименьшее снижение массы трех типах пластика ПЕТ, РР, LDPE произошло в контейнере №3.

Если рассматривать типы экспериментального пластика, то наибольшей деградации по массе подверглись образцы полипропилена,

взятые от стаканчика одноразового и полиэтилена высокой плотности, взятых от пакета для продуктов. Самый низкий процент потери массы у образцов полиэтилентерефталата, взятых от бутылки для воды. (Рис. 5)

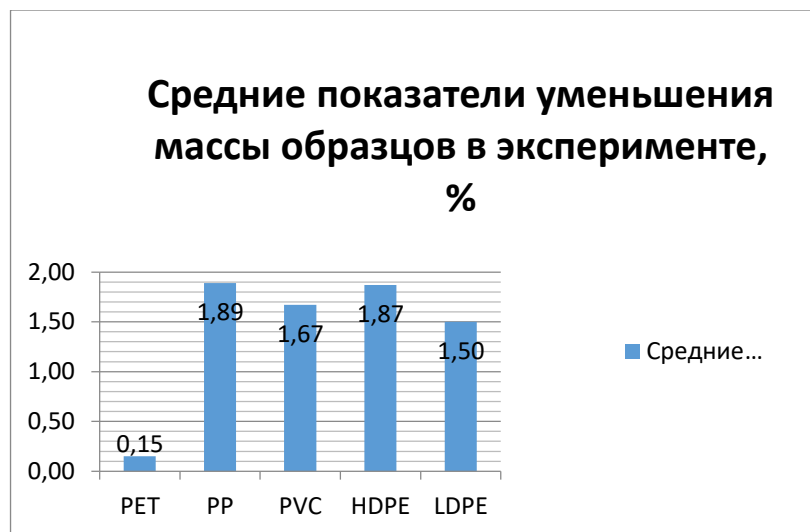


Рис. 5 Диаграмма. Средние показатели уменьшения массы образцов в эксперименте (%)

У всех типов контрольных образцов пластика масса за экспериментальный период не изменилась.

По окончании эксперимента наблюдались не только уменьшение массы опытных образцов, но и изменение свойств пластика.

Таблица 4. Изменение свойств пластиковых образцов.

№	Тип образца	Показатель свойств
1	Полиэтилентерефталат (бутылка для воды)	Исчезла прозрачность. Гибкость нарушена, при многократном сгибании ломается.
2	Полипропилен (стакан одноразовый)	Остался белым. Гибкость нарушена, легко ломается при легких нажатиях. Глянцевая поверхность стала шероховатой.
3	Поливинилхлорид (пакет для текстиля)	Стали более мягкими, гибкость сохранилась. Исчезла прозрачность. Поверхность стала более шероховатой, чем у опытного образца.
4	Полиэтилен высокой плотности (пакет для продуктов)	Исчезла прозрачность. Глянец поверхности нарушен. Прочность снизилась, легче разрывается.
5	Полиэтилен низкой плотности	Исчезла прозрачность. Около 30% воздушных пузырьков сомкнулись.

	(пузырьковая пленка)	Прочность сохранилась.
--	----------------------	------------------------

**ВЫВОДЫ.** Субстрат с обитающими в нем организмами уменьшил массу и изменил свойства всех типов опытных образцов пластика. Эти изменения небольшие, но они есть. Принимая во внимание небольшие объемы субстрата по отношению к размеру образцов, можно предположить, что пластик подвергался достаточно активному воздействию лесного субстрата. В субстрате на пластик воздействовали в комплексе: вещества субстрата; наблюдаемые визуально черви; разные виды грибов; многочисленная структурированная ассоциация микроскопических грибов, дрожжей, бактерий и другие обитатели почвы и листового опада.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе мы не можем дать ответ, какие продукты деградации образовывались в ходе эксперимента - микропластик или безвредные уксусная и янтарная кислоты, вступающие далее в цикл Кребса. Биосфера способна перерабатывать практически любые химические вещества. Проведенный модельный эксперимент показал, что сейчас у организмов, обитающих в лесной почве и опаде уже есть механизмы воздействия на пластик. Со временем такие механизмы будут самосовершенствоваться и введут пластиковый мусор в биогенный круговорот. Популяции разных организмов постоянно совершенствуют имеющиеся или производят новые, не существовавшие ранее ферменты, которые возвращают в биосферу тот углерод, который был из неё изъят.

Конечно, это не означает, что необходимо начать выбрасывать на каждом углу пластиковые бутылки и пакеты, позабыв о стремлении научиться их перерабатывать для повторного использования. Но можно быть уверенным в том, что по истечении определенного периода времени природа подстроится под переработку пластикового мусора, задав определенное направление всей эволюции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКОВ

1. Бабьева И.П., Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Биология почв. Издательство Московского университета. - М. - 2005. - 445 с.
2. Петин А.Н., Чугунова Н.В., Гаврилов О.В. География Белгородской области. - М.: Издательство МГУ, 2008. - С. 401
3. Бунина В. Ученые нашли микроорганизм, который способен уничтожать пластик <https://www.gazeta.ru/science/news/2023/07/27/20953694.shtml>
4. Липчинская О. Поедающих пластик жуков обнаружили биотехнологи из Якутии <https://www.kp.ru/daily/27266.5/4399715/>
5. Миндубаев А. Биодegradация: что в ней удивительного? <https://biomolecula.ru/articles/biodegradatsiia-chto-v-nei-udivitelnogo>
6. Полотнюк А. Биологи обнаружили новые грибы, разлагающие пластик <https://knife.media/fungi-plastic/>
7. Ревин И. Пластик съедят грибы. <https://fb.ru/news/environment/2019/4/13/86250>
8. Архив. Погода в Ракитянском районе по сезонам и месяцам [https://global-weather.ru/archive/rakitnoe\\_belgorodskaya\\_oblast](https://global-weather.ru/archive/rakitnoe_belgorodskaya_oblast)
9. Викицитатник [https://ru.wikiquote.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B6\\_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD](https://ru.wikiquote.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B6_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD)
10. Дневник эколога СКФУ [https://vk.com/wall-140436756\\_5505](https://vk.com/wall-140436756_5505)
11. Почвенный горизонт. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82)
12. Экономика. Маркировка пластика и утилизация опасных отходов <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fa59ef79a79473251d91695?from=copy>

## ФОТОПРИЛОЖЕНИЯ.

Приложение 1.



Фото 1, 2. Подготовка пластиковых образцов к эксперименту

Приложение 2.



Фото 3, 4, 5. Место отбора почвенного субстрата. Подготовка к модельному эксперименту

Приложение 3.



Фото 6. Извлечение одного из экспериментальных образцов из субстрата.