

## МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИКА НА МИКРОБИОТУ ВОДОЁМОВ

*Чорнобай Дмитрий Сергеевич*, ученик, АНОО «ФизТех-лицей имени П.Л.Капицы», e-mail: [chornobaydmitry@gmail.com](mailto:chornobaydmitry@gmail.com)

*Ковалёва Полина Сергеевна*, ученица, АНОО «ФизТех-лицей имени П.Л.Капицы», e-mail: [polinak0604@gmail.com](mailto:polinak0604@gmail.com)

*Ганина Софья Вячеславовна*, ученица, АНОО «ФизТех-лицей имени П.Л.Капицы», e-mail: [ganina90@gmail.com](mailto:ganina90@gmail.com)

*Научный руководитель – Сальникова Елена Игоревна*, канд. биолог. наук, заместитель директора по науке, АНОО «ФизТех-лицей имени П.Л.Капицы», e-mail: [salnikovaeigor@mail.ru](mailto:salnikovaeigor@mail.ru)

*Научный руководитель – Бочкова Мария Андреевна*, м.н.с., ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», e-mail: [Bochkova.ma@phystech.edu](mailto:Bochkova.ma@phystech.edu)

АНОО «ФизТех-лицей имени П.Л.Капицы»,  
Россия, Долгопрудный, e-mail: [mo\\_fiztechlic@mosreg.ru](mailto:mo_fiztechlic@mosreg.ru)

**Аннотация:** В 14 пробах, взятых в стоячих пресных водоемах Подмосковья, были изучены беспозвоночные микроорганизмы и водоросли, свободноживущие и обитающие на пластике. Показана разница в количестве и разнообразии организмов. Смоделировано развитие организмов в пресной стоячей воде, в присутствии пяти различных типов пластика. Показаны различия в количестве видов и скорости заселения в зависимости от типа пластика.

**Ключевые слова:** пластик, микробиота, биоразнообразие, пресные стоячие водоёмы, моделирование, пробы

Одной из главных особенностей конца XX, начала XXI века является активное производство предметов из пластика. Пластик используется повсеместно и ежедневно, но главное, неправильно утилизируется [6]. Существуют исследования влияния пластикового мусора на окружающую среду [1,2]. Коммунальные службы налаживают очистку от пластикового мусора с подконтрольных им территорий, но вот наладить сбор пластика в водоемах гораздо сложнее, что приводит к его накоплению [7]. Проблема загрязнения водоёмов пластиковым мусором сейчас все более очевидна. Из-за пластика гибнут рыбы, исчезают редкие виды. Но реакция экосистемы на уровне планктонных организмов не видна без специальных исследований. Существуют исследования о микроорганизмах, обитающей на пластике в морях [3]. Однако, исследований о влиянии пластика на микроорганизмы пресных водоемов Московского региона мы не нашли.

Чтобы показать влияние пластика на живые организмы был проведен

модельный эксперимент. Были выбраны пять видов пластика и тары, наиболее часто используемых в быту, в том числе PP, HDPE, LDPE, Tetra Pak и PET. Чистый пластик был помещён в стерилизованные банки, наполненные пробами воды из пресного стоячего водоема, в окрестностях реки Чермянка, не загрязненного пластиком.

Во все банки, кроме двух (из трёх) контрольных, была добавлена хлорелла в качестве дополнительного питательного субстрата для микроорганизмов. Пластик был разделён в банки по видам: для каждого вида пластика, используемого в эксперименте, была отдельная банка, а также были три контрольные банки: первая - только с водой из чистого водоёма, без пластика, вторая - со всеми видами пластика, третья - хлореллой и смесью пластиков.

Мы начали эксперимент 28 октября 2023 года, далее 18 ноября 2023 года, 27 декабря 2023 года и 20 января 2024 года проводился анализ организмов, находящихся в банках, – определялись: их род с помощью определителей [4,5] и приложения «iNaturalist» и их встречаемость. Встречаемость, определялось по частоте появления в пробах взятых из образца. Биоразнообразие мы измеряли в условных единицах, которые рассчитывали так: по одному очку за каждый род, встречающийся в данной экосистеме и по 1 очку за каждый + как показано в таблице 1, если +/-, прибавляем 0,5 очка. Просуммировав очки, мы получим количественную оценку биоразнообразия.

Таблица 1

Характеристика частоты встречаемости

Словесное описание	Условное обозначение	Количественная оценка
много	+++	От 100
средне	++	От 20
мало	+	От 10
Почти нет	+/-	1-5
нет	-	0

Из рисунка 1 видно, что в конце эксперимента наибольшее разнообразие было в модельных экосистемах с пластиком LDPE и PP, ещё есть экосистемы, в которых есть пик биоразнообразия, после чего оно падает, что может быть связано с тем, что часть организмов стала использовать пластик в качестве субстрата, поэтому количество организмов данного вида в воде уменьшилось, а на пластике увеличилось, что подтверждается появлением соответствующего пика на рисунке 2.

Также можно заметить, что есть экосистемы, в которых биоразнообразие не превысило начальное значение в ходе эксперимента, например, HDPE. Это можно объяснить тем, что на данном типе пластика обитателям сложнее организовать устойчивую экосистему. Похожая ситуация с PET. Динамику контрольной экосистемы с пластиком, хлореллой и биотой можно объяснить тем, что продуценты и консументы 1-ого порядка не выдержали агрессивного

влияния добавленной биоты, а после того, как агрессивная биота вымерла из-за недостатка пищи, микроорганизмы, оставшиеся в живых, начали восстанавливать свою численность, а значит и биоразнообразие (в условных единицах). Также из рисунков видно, что в среднем биоразнообразии в воде значительно больше, чем на пластике, что объясняется тем, что не всем водным обитателям пластик подходит в качестве субстрата.

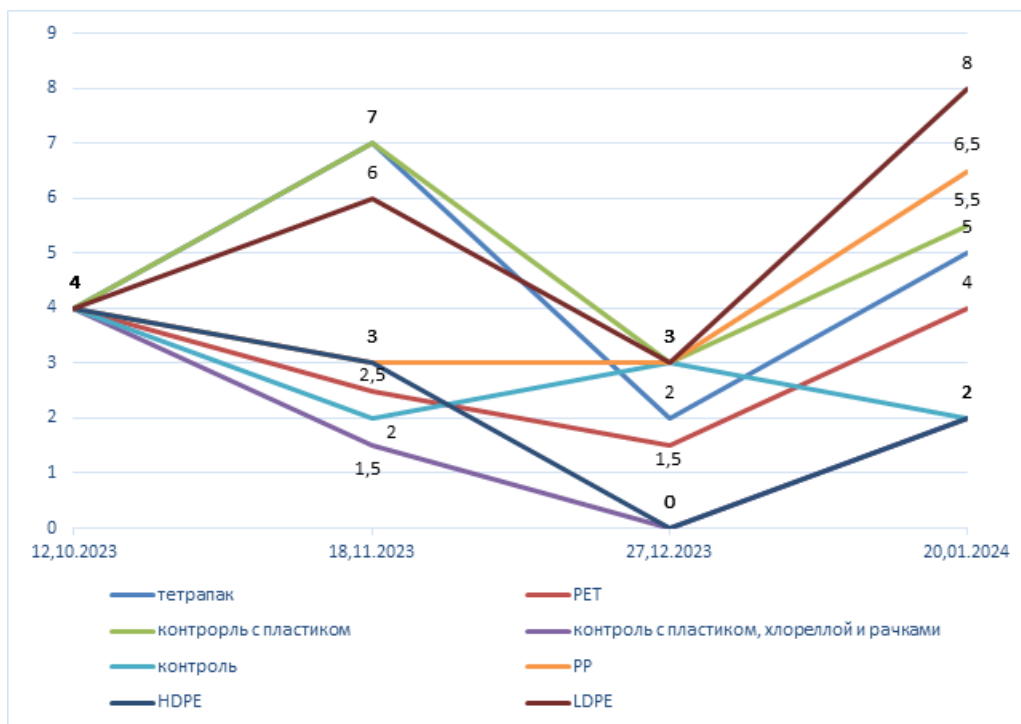


Рисунок 1 – Биоразнообразие (условных единиц) в образцах воды различных моделях экосистем

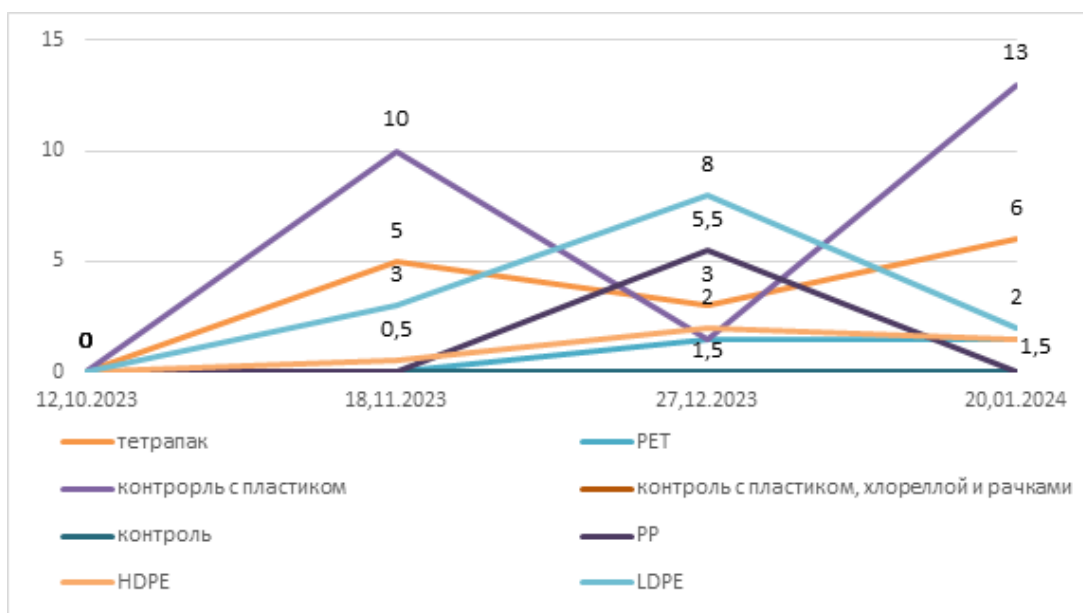


Рисунок 2 – Биоразнообразие (условных единиц) на субстратах их различных типов пластика

Что касается исследований обитателя пластиковых субстратов, то к концу эксперимента наибольшее разнообразие организмов было зафиксировано в экосистеме со всеми видами пластика и в экосистеме Tetra Pak (Рис.2). Большое разнообразием в контрольной экосистеме может быть обусловлено тем, что в ней больше вариантов субстрата, чем в остальных. Заметим, что для LDPE если в воде небольшое биоразнообразие, то на пластике оно увеличивается. Это может быть связано с тем, что LDPE – удобный субстрат, к которому легко приспособиться и легко вернуться обратно в воду, не испытывая особых потерь. Самое маленькое разнообразие было зафиксировано в контрольной экосистеме с биотой и в экосистеме с PET, несмотря на то, что этот вид пластика считается биологически нейтральным.

Выводы. Микроорганизмы из природного водоема способны выживать в присутствии различных видов пластика в ходе модельного эксперимента, и даже увеличиваться в условных единицах биоразнообразия

Добавление продуцентов в систему не сделало ее стабильной

Пластик используется как субстрат или укрытие для части микроорганизмов, однако разные виды пластика по-разному взаимодействуют с флорой и фауной среды.

### Библиографический список

1. Линда Амарал-Зеттлер: 2013 год – экология пластисферы <https://www.nature.com/articles/s41579-019-0308-0>, 2021 год – Микробиологическая емкость и углеродная биомасса пластикового морского мусора <https://www.nature.com/articles/s41396-020-00756-2> (15.07.2023)
2. Дайки Ёкояма, Аяри Такамура, Юри Цубои и Джун Кикучи: 2023 год – Крупномасштабный набор омических данных о деградации полимеров надежность интерпретации микробных ниш на разных пластисферах [https://www.nature.com/articles/s43705-023-00275-z\(23.05.2023\)](https://www.nature.com/articles/s43705-023-00275-z(23.05.2023))
3. Мива Судзуки, Юя Татибана и Кен-ичи Касуя: 2021 год – Биоразлагаемость поли (3-гидроксиалканоата) и поли (ε -капролактона) посредством биологических углеродных циклов в морской среде [https://www.nature.com/articles/s41428-020-00396-5\(17.07.2023\)](https://www.nature.com/articles/s41428-020-00396-5(17.07.2023))
4. М.В.Чертопруд, Е.С.Чертопруд. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра европейской части России М. КМК, 2021, 224 стр.
5. О.В.Анисимова, М.А.Гололобова. Краткий определитель родов водорослей Московской области. Учебное пособие. — М.: Университет, 2006
6. Разработка рецептуры и качественных характеристик продуктов питания на основе злаков / Ю. В. Устинова, Т. В. Шевченко, А. М. Попов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 1(91). – С. 43-48. – DOI 10.20914/2310-1202-2022-1-43-48
7. Тимофеева, Е. Н. Ошибки и проблемы внедрения бережливого производства в работу организации / Е. Н. Тимофеева, Е. О. Ермолаева, Ю. В. Устинова // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов VIII

Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 25–27 мая 2020 года / под общ. ред. А. Ю. Просекова. Том 2. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – С. 192-193.

8. Использование фуллерена при хранении и сушке яблок / Т. В. Шевченко, Ю. В. Устинова, В. П. Юстратов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 2. – С. 85-93. – DOI 10.36107/spfr.2020.301

9. Пожарная безопасность людей с ограниченными возможностями здоровья в зданиях и объектах промышленного назначения / А. С. Несина, А. А. Якушева, Е. И. Стабровская, Н. В. Васильченко // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11, № 1(57). – С. 159-162. – DOI 10.46548/21vek-2022-1157-0033

## MODEL EXPERIMENT OF THE INFLUENCE OF PLASTIC ON THE MICROBIOTA OF WATER BODIES

*Chornobay Dmitry Sergeevich, student, PhysTech-Lyceum named after P.L. Kapitsa, e-mail: [chornobaydmitry@gmail.com](mailto:chornobaydmitry@gmail.com)*

*Kovaleva Polina Sergeevna, student, PhysTech-Lyceum named after P.L. Kapitsa, e-mail: [polinak0604@gmail.com](mailto:polinak0604@gmail.com)*

*Ganina Sofya Vyacheslavovna, student, PhysTech-Lyceum named after P.L. Kapitsa, e-mail: [ganina90@gmail.com](mailto:ganina90@gmail.com)*

*Scientific supervisor – Elena Igorevna Salnikova, Ph.D. biologist. Sciences, Deputy Director for Science, PhysTech-Lyceum named after P.L. Kapitsa, e-mail: [salnikovaeigor@mail.ru](mailto:salnikovaeigor@mail.ru)*

*Scientific supervisor – Bochkova Maria Andreevna, Junior Researcher, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), e-mail: [Bochkova.ma@phystech.edu](mailto:Bochkova.ma@phystech.edu)*

PhysTech-Lyceum named after P.L. Kapitsa,  
Russia, Dolgoprudny, e-mail: [mo\\_fiztechlic@mosreg.ru](mailto:mo_fiztechlic@mosreg.ru)

**Abstract:** *In 14 samples taken in stagnant fresh water bodies of the Moscow region, invertebrate microorganisms and algae, free-living and living on plastic, were studied. The difference in the number and diversity of organisms is shown. The development of organisms in fresh, stagnant water was modeled in the presence of five different types of plastic. Differences in the number of species and colonization rates depending on the type of plastic are shown.*

**Key words:** *plastic, microbiota, biodiversity, fresh standing water bodies, modeling, samples*

---