

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЧИНОК *ZOPHOBAS MORIO* ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИСТИРОЛА

Н. В. Жешко

ЗАО «Струнные технологии», ул. Железнодорожная 33
220014, г Минск, Беларусь, n.zheshko@unitsky.com

Ввиду высокой стабильности полистирол способен длительное время сохраняться в природе. Его утилизация позволяет значительно уменьшить нагрузку на окружающую среду. В статье рассматривается возможность личинок *Zophobas morio* потреблять полистирол в качестве корма длительное время. Приводятся показатели выживаемости, изменения живой массы личинок, оценка их дальнейшей способности превращаться в куколку и имаго. Определена скорость поедания полистирола, его усвояемость личинками зофобаса.

Ключевые слова: личинки *Zophobas morio*; полистирол; поедаемость.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF USING *ZOPHOBAS MORIO* LARVAE FOR POLYSTYRENE UTILIZATION

N. V. Zheshko

Unitsky String Technologies Inc., Zheleznodorozhnaya str. 33
220014, Minsk, Republic of Belarus, n.zheshko@unitsky.com

Due to its high stability, polystyrene can be preserved in nature for a long time. Its utilization allows to significantly reduce the load on the environment. The article considers the ability of *Zophobas morio* larvae to consume polystyrene as food for a long time. Survival rates, changes in larval body weight, an assessment of their further ability to turn into a pupa and imago are given. The rate and quantity of polystyrene consumption, its digestibility by zophobas larvae are determined.

Keywords: *Zophobas morio* larvae; polystyrene; palatability.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-60-63>

Введение. На сегодняшний день производство пластика является неотъемлемой частью мировой экономики [1]. Химические и механические свойства пластика позволяют использовать его в различных сферах деятельности человека. Одним из наиболее распространенных полимеров в мире является прочный термопластичный полистирол, на долю которого приходится до 7–10 % от общего объема производства неволокнистого пластика [2]. Среди различных типов полистирола наиболее широко используется в потребительских товарах пенополистирол, так как обладает рядом полезных свойств: низкой стоимостью, малым весом, простотой производства, универсальностью, тепловой эффективностью, долговечностью и влагостойкостью [3]. Полистирол, как и другие пластики, очень стабилен и сохраняется в природе в течение десятилетий и может потенциально нанести вред дикой природе, а затем и людям [2; 3; 4]. Основным способом его утилизации является механическое измельчение, сжигание и пиролиз. Микробная биодegradация полистирола малоэффективна [5]. Некоторые микробные изоляты могут использовать его в качестве источника углерода, хотя и медленными темпами [6]. В последнее время сообщается о некоторых насекомых, которые могут поедать пластик: мучной хрущак (*Tenebrio molitor*), большая восковая огневка (*Galleria mellonella*), зофобас (*Zophobas morio*) [1; 7; 8]. Насекомые своим мощным ротовым аппаратом способны измельчать пластик, а в их пищеварительном тракте происходит его дальнейшая биодеструкция с помощью микробиома кишечника [1].

Методика исследований. Целью исследования являлось определение возможности использования личинок *Zophobas morio* для утилизации полистирола. В качестве объекта исследования использовались личинки *Z. morio*.

Личинки *Z. morio* субадульного возраста, практически готовые к окукливанию (3-3,5 месяца), средней массой 0,75 г содержались в ёмкостях объёмом 1 л при температуре +25 – +27 °С и влажности 60–70 %.

В процессе опыта были сформированы 7 групп личинок зофобаса по 20 особей в каждой. В 1, 2, 3 группах в качестве корма и субстрата использовался пенополистирол. В 4 и 5 группах личинки развивались на овсяных хлопьях с добавлением моркови. Зофобасы 6 и 7 групп содержались на голодной диете (табл.). Вода разбрызгивалась из пульверизатора на субстрат ежедневно. Перед закладкой опыта все личинки выдерживались 2 суток без корма. Длительность опыта составила 11 недель.

Таблица

Схема опыта

Группа		Состав субстрата	Количество личинок, шт
Опытная	1	полистирол 3 г	20
	2	полистирол 3 г	20
	3	полистирол 3 г	20
Контрольная	4	овсяные хлопья, морковь	20
	5	овсяные хлопья, морковь	20
Контрольная	6	-	20
	7	-	20

В процессе проведения эксперимента наблюдали за ростом и развитием личинок с помощью их взвешивания и подсчёта 1 раз в неделю, также проводился учёт несъеденного полистирола и экскрементов личинок. Показатели выживаемости, массы и количества съеденного пластика определялись в среднем по каждому блоку групп. После завершения кормления личинок сажали на окукливание, определяли процент выхода куколок и жуков.

Результаты собственных исследований. На протяжении опыта оценивалась выживаемость личинок *Z. morio* во всех группах. Следует отметить, что к концу эксперимента ни в одной из групп не осталось начального количества личинок (рис. 1).

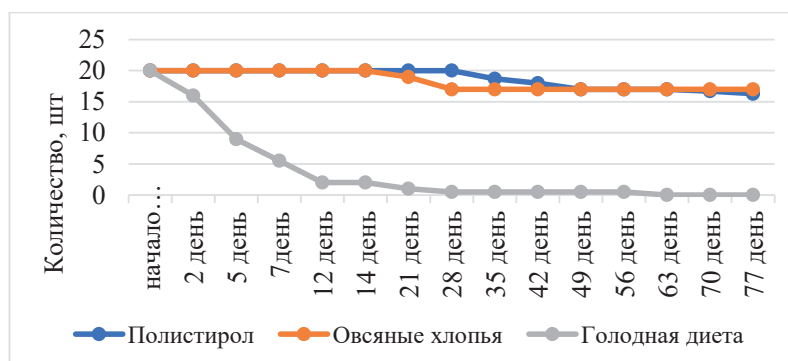


Рис. 1. Выживаемость личинок *Zophobas morio*

Так, с 1-й по 5-ю группу среди зофобасов наблюдался каннибализм. В 6-й и 7-й группах, наряду с поеданием друг друга, личинки гибли от недостатка питания. В 1-й группе одна личинка к концу опыта окуклилась. Наиболее интенсивная гибель личинок наблюдалась в груп-

пах с голодной диетой, уже к 28-му дню в двух группах осталась одна особь. Гибель личинок, содержащихся на овсяных хлопьях, началась после 14-го дня, а зофобасов на полистироле – после 28-го дня эксперимента. К концу исследования в опытных группах осталось 81,5 % особей, в контрольных на овсянке – 85 %, все личинки, содержащиеся на голодной диете, погибли. Живая масса личинок также претерпевала изменения в процессе проведения опыта (рис. 2).

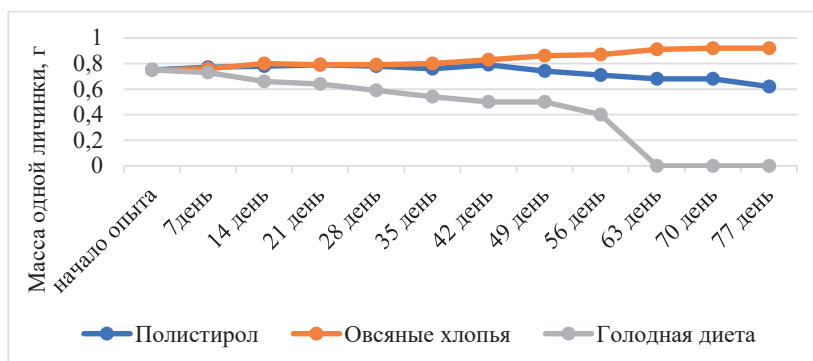


Рис. 2. Динамика массы личинок *Z. torio*

До 28-го дня личинки на полистироле и овсянке прирастали в массе практически одинаково, далее у опытных групп начиналось снижение живой массы, достигая 82,7 % к концу опыта от начальной массы, а у контрольных групп – прирост, который к концу эксперимента составил 22,7 % к начальной массе одной личинки. По отношению к контролю разница в живой массе одной личинки на полистироле составила 32,6 %. У зофобасов на голодной диете наблюдалась значительная потеря живой массы личинок, что составило 53,3 % от начального значения.

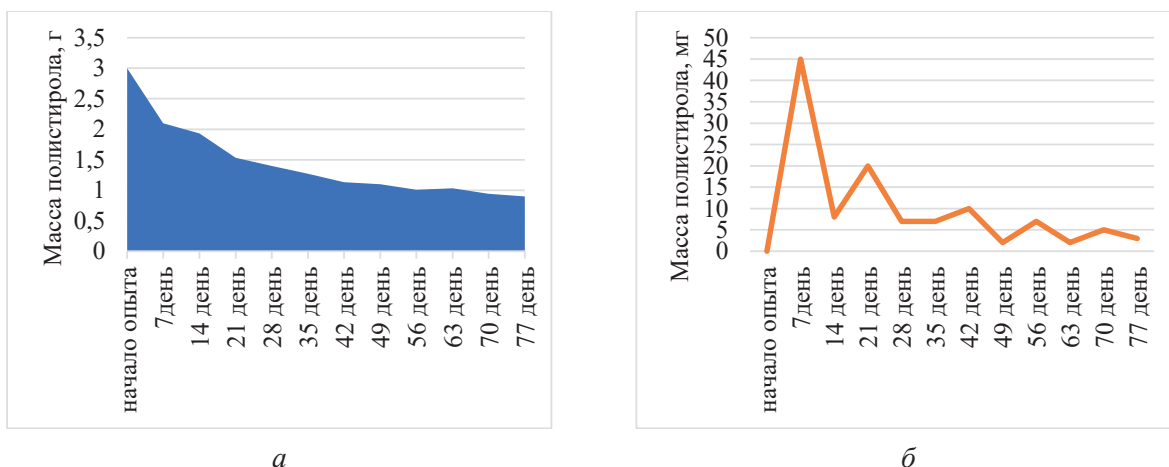


Рис. 3. Поедание полистирола личинками *Z. torio*: а - динамика уменьшения массы полистирола на протяжении опыта; б – динамика количества полистирола, съеденного одной личинкой *Z. torio* за одну неделю

За время опыта масса полистирола (3 г) в опытных группах уменьшилась в среднем на 2,10 г, достигнув к концу эксперимента 30 % от начального значения (рис. 3). Среднее количество полистирола, съедаемого за 1 неделю одной личинкой зофобаса составило 7 мг. При этом наиболее интенсивно зофобасы поедали полистирол в первые шесть недель опыта (в среднем 16,2 мг в неделю на одну личинку), во вторую половину эксперимента этот показатель уменьшился до 3,8 мг (рис 4). Наибольшее количество пластика личинки съели в первую неделю исследования (45 мг на одну личинку), что может быть связано с предварительным выдерживанием их на голодной диете.

Количество продуктов жизнедеятельности в среднем на одну опытную группу составило к концу опыта 1,98 г. Экскременты личинок, поедающих полистирол, отличались светло-серым цветом по сравнению с тёмно-серыми продуктами жизнедеятельности особей контрольных групп. По-видимому, большая часть полистирола выделялась с фекалиями. Таким образом, только небольшое количество полистирола (в среднем 0,12 г на группу или 5,7 % от потреблённого количества) можно условно считать усвоенным личинками зофобаса к концу опыта.

После завершения кормления личинок *Z. morio* посадили на окукливание в индивидуальные ёмкости. Окукливание у личинок всех групп происходило практически одновременно, а жуки из куколок начали выходить в опытных группах на 5 дней раньше, чем в контроле. Процент выхода куколок из личинок и жуков из куколок для контрольных групп, содержащихся на овсяных хлопьях, составил 100 %. В группах зофобасов на полистирольной диете процент окукливания составил в среднем 75,3 %, в жуков превратилось 93 % из оставшегося количества куколок (часть куколок погибла). Таким образом, из личинок, которым скармливали полистирол, в имагинальную стадию перешло в среднем 69,8 % особей. По-видимому, части зофобасов не хватило питательных веществ, накопленных в личиночную стадию, чтобы завершить цикл развития.

Выводы. Личинки *Z. morio* субадульного возраста способны употреблять полистирол при отсутствии другой привычной для них пищи. При этом в течении первого месяца зофобасы активно поедают пластик и немного прирастают в массе. Однако более длительное содержание личинок зофобаса на полистироловой диете приводит к снижению поедаемости ими пластика, потере массы и гибели вследствие каннибализма. Большая часть полистирола, съеденного личинками, выделяется с экскрементами, его усвояемость не превышает 5,7 %. В среднем 30,2 % личинок, содержащихся на полистирольной диете, не могут завершить свой цикл развития.

Библиографические ссылки

1. Insights into plastic biodegradation: community composition and functional capabilities of the superworm (*Zophobas morio*) microbiome in styrofoam feeding trials [Electronic resource] / J. Sun [et al] // *Microbial Genomics*. 2022. Vol. 8, Iss. 6. URL: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/mgen/10.1099/mgen.0.000842> (дата обращения: 05.02.2025). (статья в электронном журнале, более 3 авторов)

2. Microplastic Pollution: An Emerging Threat to Terrestrial Plants and Insights into Its Remediation Strategies [Electronic resource] / Arpna Kumari [et al] // *Plants*. 2022. Vol.11(3). URL: <https://doi.org/10.3390/plants11030340> (дата обращения: 05.02.2025). (статья в электронном журнале, более 3 авторов)

3. *Ba Thanh Ho, Timothy K. R., Steven L. Ho*. An overview on biodegradation of polystyrene and modified polystyrene: the microbial approach // *Crit Rev Biotechnol*. 2018. Vol 38(2). P. 308–320. (статья в печатном журнале, 3 автора)

4. Are Microplastics Toxic? A Review from Eco-Toxicity to Effects on the Gut Microbiota [Electronic resource] / H Niu [et al] // *Metabolites*. 2023. Vol 13(6). URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10304106/> (дата обращения: 05.02.2025). (статья в электронном журнале, более 3 авторов)

5. Biodegradation of weathered polystyrene films in seawater microcosms [Electronic resource] / E Syranidou [et al] // *Sci Rep*. 2017. Vol. 7. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18366-y> (дата обращения: 05.02.2025). (статья в электронном журнале, более 3 авторов)

6. *Sielicki M., Focht D. D., Martin J. P.* Microbial degradation of [14C]polystyrene and 1,3-diphenylbutane // *Canadian Journal of Microbiology*. 1978. Vol. 24(7). P. 798-803. (статья в печатном журнале, 3 автора)

7. Колесников Я. В. Оценка эффективности насекомых в биодеградациии лигнифицированной биомассы и пенополистирола : магистерская диссертация : 06.04.01 [Электронный ресурс] / СФУ, Красноярск, 2021. URL: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/143709> (дата обращения: 05.02.2025). (электронный ресурс, диссертация)

8. *Ланской Н.* Пожиратели полимеров. В самом ли деле животные умеют переваривать пластик? [Электронный ресурс] / Н Ланской // *Научная Россия*. URL: <https://scientificrussia.ru/> (дата обращения: 05.02.2025). (статья на сайте, с автором, сайт с названием)