УДК 595.76 URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/zoo_/hidden/1040.html

ВЛИЯНИЕ ДИЕТЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПЛАСТИКА НА РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК *ZOPHOBAS MORIO*

А.С. Нагорняк Sanya201003@yandex.ru

МБОУ СОШ № 36, Мурманск, Российская Федерация

В наше время вопрос утилизации и переработки пластиковых отходов очень актуален. Ученые обнаружили, что личинки некоторых насекомых, в том числе и жуков вида *Zophobas morio*, могут питаться кормом из пластмассы полистирола. Это возможно благодаря бактериям в их кишечнике. Нами предложено использовать личинки жуков *Zophobas morio* для биологической переработки пластика, поскольку полагается, что они смогут питаться пластиком без вреда для здоровья. В результате эксперимента было установлено, что диета из различных видов пластика оказывает скорее негативное влияние на жизнедеятельность личинок. Разные виды пластика вызывают задержку окукливания, снижение средней массы личинок. Наша гипотеза, что личинки жуков вида *Zophobas morio* смогут питаться одним пластиком без вреда для себя, нашла частичное подтверждение. Предполагается, что для нормального развития и жизнедеятельности личинкам жуков вида *Zophobas morio* требуется смешанное питание.

Ключевые слова: утилизация пластика, полиэтилен, биоразложение пластика, зофобас, *Zophobas morio*, охрана окружающей среды, стабильность развития, флуктуирующая асимметрия

Введение. Количество пластиковых отходов в мире с каждым годом растет. Пластик — незаменимый материал во многих областях жизни человека, поэтому обращение с пластиковыми отходами становится все более серьезной экологической проблемой [1–3]. Одним из наиболее перспективных и экологически безопасных является биологический способ утилизации. Ученые обнаружили, что личинки некоторых насекомых могут питаться полистиролом [4–6]. Это возможно благодаря наличию в их кишечнике определенных бактерий.

В работе для биологической переработки пластика использовались личинки жуков вида *Zophobas morio* (зофобасы).

Главной идеей исследований является изучение вопроса о возможности переработки синтетических полимеров личинками *Zophobas morio*. Исходя из скорости поедания различных пластиков личинками *Zophobas morio*, динамики выживаемости, окукливания, массы личинок, а также параметров тела жуков предполагается выяснить, как диета из различных видов пластика влияет на развитие личинок. Смогут ли личинки нормально окукливаться и размножаться, питаясь пластиком, или же для нормального функциониро-

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025 ISSN 2541-8009

вания предприятия по переработке пластика нужно будет постоянно закупать новых личинок? Имеются данные о том, что насекомые других видов на диете из пластика чувствуют себя хуже, чем при традиционном питании [4, 7], но подобную информацию о зофобасах обнаружить не удалось.

Зофобасы были разделены на 6 групп по 27 особей, 5 групп питались следующими видами корма, содержащего пластик:

– полиэтилен низкой плотности (ПНП, LDPE) или высокого давления (ПЭВД, ПВД);

– полиэтилен высокой плотности (ПВП, HDPE) или низкого давления (ПЭНД, ПНД);

– биоразлагаемые пакеты из крахмала, позиционируемые как безопасные для окружающей среды;

– медицинские маски, в состав которых входит материал мельтблаун;

– переработанный пластик — пакеты из использованного переработанного полиэтилена.

Контрольная группа получала стандартный корм для личинок: овсяные хлопья, кусочки овощей и фруктов.

Каждой экспериментальной группе в контейнер было помещено 2 г пластика, взвешенного на аналитических весах. В ходе эксперимента шло наблюдение за поведением и развитием личинок: их взвешивали через каждые два дня, фиксируя массу в журнале. Фиксировали также и количество выживших личинок.

Динамика массы личинок жуков вида *Zophobas morio*. Поскольку насекомые выращивались в равных условиях и переменным показателем служил кормовой фактор, на основе эксперимента можно судить о том, насколько это питание удовлетворяет потребности организма в питательных веществах.

На момент начала эксперимента средняя масса личинок во всех шести группах составляла от 0,84 до 0,87 г. В течение первых двух недель личинки активно питались, но впоследствии их масса и количество стало уменьшаться. Из-за того что из пластика они не получают достаточного количества питательных веществ, личинки стали поедать друг друга. Подобные случаи каннибализма личинок на диете из пластика отмечены в литературе [4, 7]. При этом масса личинок все равно продолжала уменьшаться, личинки на диете из пластика стали менее подвижными, чем в группе контроля.

Личинки контрольной группы в течение первых недель эксперимента не только не теряли вес, но даже несколько увеличивали его и были более подвижными. Однако через 2 месяца после начала эксперимента и особи из контрольной группы стали терять массу, но эта потеря была гораздо менее выраженной, чем у личинок, питающихся одним пластиком.

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025

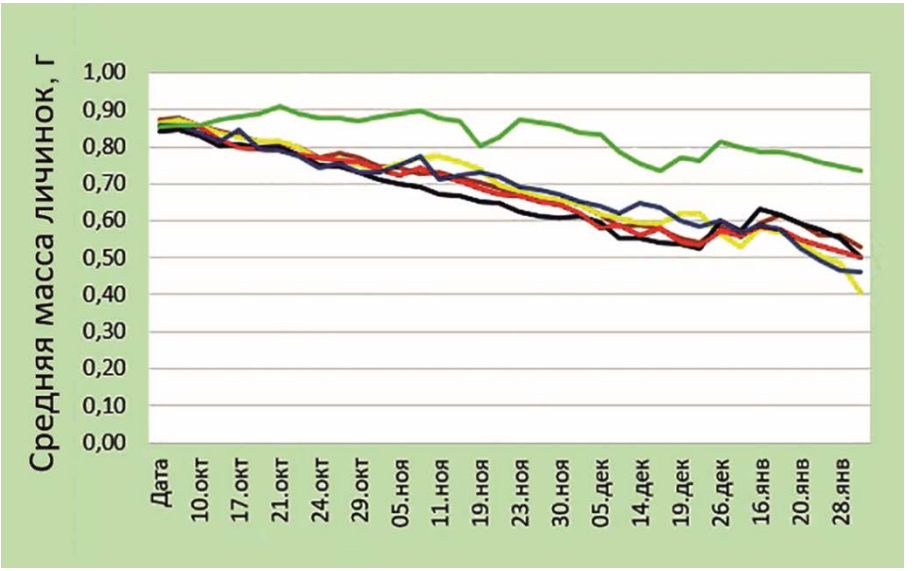

Рис. 1. Динамика средней массы личинок на диете из разных видов пластика: полиэтилен низкой плотности; крахмальный пакет; переработанный пластик; полиэтилен высокой плотности; медицинская маска; результат в контрольной группе

Результаты эксперимента представлены на рис. 1.

Динамика поедания пластика личинками из экспериментальных групп. Быстрее всего зофобасы поедали полиэтилен высокой плотности, медленнее всего — переработанный полиэтилен. Данные по изменению массы кормового пластика представлены в табл. 1.

***Таблица 1.* Изменение массы кормового пластика в ходе эксперимента**

Вид пластика	Масса пластика через месяц эксперимента, г	Масса пластика через 2 месяца эксперимента, г
Полиэтилен низкой плотности (ПНП)	1,9	0,9
Крахмальный пакет	1,8	0,8
Переработанный полиэтилен	1,9	1,8
Полиэтилен высокой плотности (ПВП)	0,9	0,6
Медицинская маска	1,9	1,3
Примечание. На начало эксперимента масса пластика составляла 2,0 г.		

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025 ISSN 2541-8009

Динамика численности и оценка выживаемости личинок. Регулярно производился подсчет выживших личинок. На момент начала исследования в экспериментальных и контрольной группах было по 27 особей. Однако уже через 2 недели личинки начали погибать: сначала в группе, питающейся полиэтиленом высокой плотности, а потом и в остальных группах. Численность контрольной группы оставалась постоянной дольше всего (1,5 месяца), однако и в ней личинки со временем начали погибать (рис. 2).

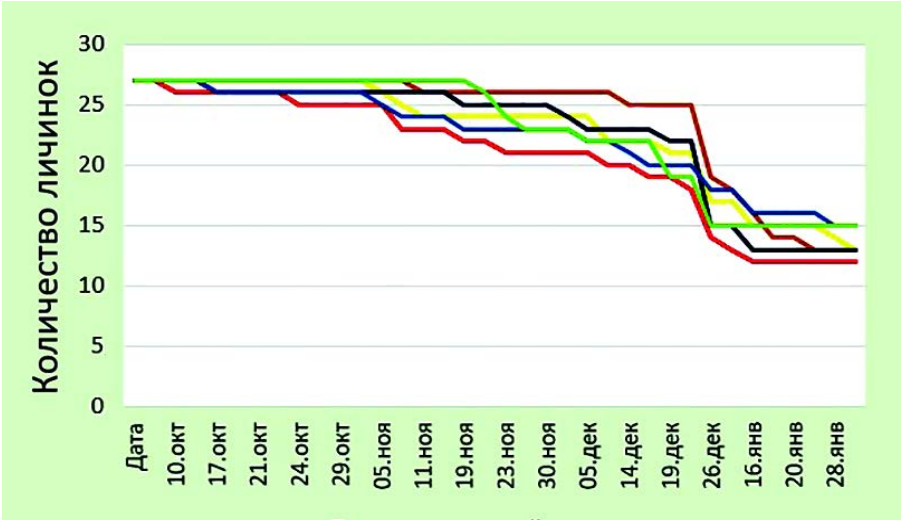

Рис. 2. Динамика числа личинок на диете из разных видов пластика:
полиэтилен низкой плотности; крахмальный пакет; переработанный пластик; полиэтилен высокой плотности; медицинская маска; результат в контрольной группе

Расчет выживаемости проводили по формуле

$$c = \frac{a}{b} \cdot 100\ \%,$$

где a — количество насекомых, выживших после проведения опыта; b — количество насекомых, первоначально участвующих в опыте.

Максимальное значение выживаемости личинок *Zophobas morio* равно 56 % в контрольной группе и у личинок, питающихся пластиком из медицинских масок, самая низкая выживаемость — в группе, питающейся полиэтиленом высокой плотности (табл. 2). Интересно, что именно этот пластик личинки поедали быстрее всего. В конце четвертого месяца эксперимента выживаемость личинок на диете из полиэтилена низкой плотности, крахмального пластика и переработанного полиэтилена составила 48 %.

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025

Таблица 2. **Выживаемость личинок *Zophobas morio* на диете из разных видов пластика через 4 месяца после начала эксперимента**

Вид пластика	Количество выживших личинок	Выживаемость, %
Полиэтилен низкой плотности (ПНП)	13	48
Крахмальный пакет	13	48
Переработанный полиэтилен	13	48
Полиэтилен высокой плотности (ПВП)	12	44
Медицинская маска	15	56
Результат в группе контроля	15	56
Примечание. На начало количество личинок в каждой группе составляло 27 особей.		

Для оценки достоверности различий в выживаемости личинок в разных группах использовали критерий Стьюдента, вычисления проводили с помощью формулы Стьюдента [8]. Все группы сравнивали попарно, в качестве проверяемой гипотезы (H_1) было выдвинуто предположение, что различие в доле умерших личинок в двух группах неслучайное и статистически значимое, однако статистически значимых различий выживаемости личинок в экспериментальных и контрольной группе не обнаружено.

Динамика окукливания личинок. Через 1,5 месяца с момента начала эксперимента одна личинка из контрольной группы окуклилась, и через некоторое время из куколки вылупился взрослый жук (имаго). Масса жука составила 0,644 г (рис. 3).

Рис. 3. Взвешивание имаго

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025 ISSN 2541-8009

Поскольку через 4 месяца после начала эксперимента окукливание в группах, питающихся пластиком, не началось, половина личинок из каждой группы была переведена на натуральное питание. Через 5 месяцев после начала эксперимента окуклилась одна личинка из пятой группы, которая питалась материалом медицинских масок. Следовательно, можно предположить, что питание пластиком приводит к задержке развития личинок во всех экспериментальных группах.

Оценка стабильности развития *Zophobas morio* по показателям флуктуирующей асимметрии параметров тела имаго. Для подсчета флуктуирующей асимметрии *FA* были выбраны следующие признаки: длина лапки жука (конечный отдел ноги насекомых, который разделен на членики и в верхней части подвижно соединен с голенью) и количество зубчиков на лапке. Измерения и подсчеты проводили с помощью стереоскопического микроскопа с окуляр-микрометром на увеличении $10^{\times}$ (рис. 4).

Флуктуирующую асимметрию вычисляли по формуле

$$FA = \frac{|R - L|}{R + L},$$

где R и L — значения признака с левой и правой стороны тела. Чем ближе значение к нулю, тем ниже уровень *FA*, что указывает на более симметричное строение при развитии в благоприятных условиях. При нарушении стабильности развития тело формируется несимметричным, показатель *FA* стремится к единице.

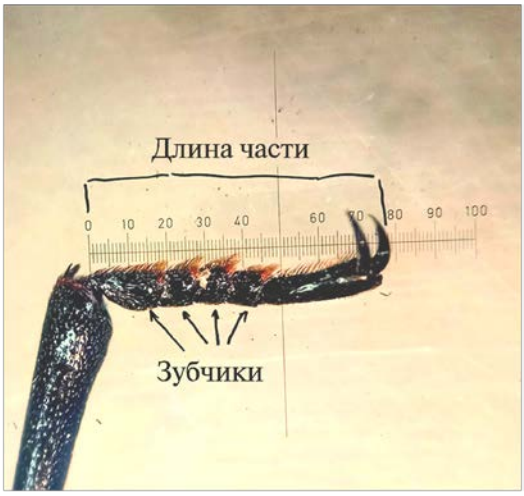

Рис. 4. Признаки, использованные для подсчета значения *FA*

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025

По литературным данным о стабильности развития организма свидетельствует значение показателя *FA*, меньшее 0,040. Если же это значение находится в пределах от 0,050 до 0,054, это свидетельствует о существенных нарушениях стабильности развития [9, 10]. Пока мы можем судить только о стабильности развития контрольной группы. Нарушение стабильности, наблюдаемое в контрольной группе, может быть связано с транспортировкой насекомых из лаборатории на новогодние каникулы, во время которой могло произойти снижение температуры.

Выводы. За время эксперимента средняя масса личинок снизилась во всех экспериментальных группах, сильнее всего в группе, питавшейся переработанным пластиком. В контрольной группе снижение массы личинок самое незначительное. Смертность среди личинок довольно высока во всех группах, в том числе в контрольной. Наиболее вреден оказался полиэтилен высокой плотности, при этом поедаемый личинками охотнее всего. Ниже всего смертность у личинок зофобасов при питании медицинскими масками. Однако статистически значимых различий в выживаемости личинок при разных вариантах диеты нет. Окукливание личинок наблюдалось в основном в контрольной группе, следовательно, можно предположить, что пластиковая диета задерживает процесс окукливания. Оценка стабильности развития личинок была проведена для контрольной группы и для группы, питавшейся масками. Питание медицинскими масками практически не повлияло на стабильность развития личинок.

Заключение. В результате эксперимента было установлено, что диета из различных видов пластика оказывает скорее негативное влияние на жизнедеятельность личинок зофобасов. Разные виды пластика вызывают задержку окукливания, снижение средней массы личинок. Гипотеза, что зофобас сможет питаться одним пластиком без вреда для себя, нашла лишь частичное подтверждение. Вероятно, для нормального развития и жизнедеятельности зофобасам нужно смешанное питание.

Литература

[1] Шевцова Е.В., Шалькевич П.К., Липницкий Л.А. Влияние пластика и его альтернатив на окружающую среду. *Сахаровские чтения*: *экологические проблемы XXI века. 22-я Междунар. науч. конф.: сб. матер.* Минск, Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь, 2022, ч. 2, с. 335–338.

[2] Каредин И.С., Падалко В.С. Загрязнение пластиком мирового океана. *Перспективы и риски инновационной пищевой и химической промышленности.*

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025 ISSN 2541-8009

I Всерос. науч.-практ. конф.: сб. матер. Барнаул, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022, с. 65–67.

[3] Ровенских А.С. Загрязнение Мирового океана пластиковыми отходами. *Молодой ученый*, 2020, № 18 (308), с. 224–227. URL: https://moluch.ru/archive/308/69343/ (дата обращения 15.04.2024).

[4] Barrionuevo J.M.R., Martín E., Cardona A.G., Malizia A., Chalup A., Cristóbal R.E., Garzia A.C.M. Consumption of low-density polyethylene, polypropylene, and polystyrene materials by larvae of the greater wax moth, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera, Pyralidae), impacts on their ontogeny. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, vol. 29, pp. 68132–68142. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20534-1

[5] Колесников Я.В. *Оценка эффективности насекомых в биодеградации лигнифицированной биомассы и пенополистирола*. Магистерская дис. Красноярск, СФУ, 2021.

[6] Зуева Д.А., Березникова Н.А. Возможности использования личинок некоторых насекомых для переработки пластика. *Наука настоящего и будущего. X Науч.-практ. конф. с международным участием: сб. матер.* Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2022, т. 2, с. 80–83.

[7] Wang X., Tang T. Effects of polystyrene diet on the growth and development of *Tenebrio molitor*. *Toxics*, 2022, no. 10 (10), art. 608. https://doi.org/10.3390/toxics10100608

[8] Лакин Г.Ф. *Биометрия*. Москва, Высшая школа, 1990, с. 125–129.

[9] Баранов С.Г., Бурдакова Н.Е. *Оценка стабильности развития*. Владимир, Изд-во ВлГУ, 2015, 72 с.

[10] Низкий С.Е., Сергеева А.А. Флуктуирующая асимметрия листьев березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества окружающей среды. *Вестник КрасГАУ*, 2015, № 7, с. 14–17.

Поступила в редакцию 03.06.2024

Нагорняк Александр Сергеевич — ученик 8-го класса МБОУ Средней общеобразовательной школы № 36, Мурманск, Российская Федерация.

Научные руководители — Глазунова Елена Джемсовна, педагог дополнительного образования ГАНОУ МО «ЦО «Лапландия», Мурманск, Российская Федерация; Соколан Нина Ивановна, педагог дополнительного образования ГАНОУ МО «ЦО «Лапландия», Мурманск, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:
Нагорняк А.С. Влияние диеты из различных видов пластика на развитие личинок *Zophobas morio*. *Политехнический молодежный журнал*, 2025, № 02 (97). URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/zoo_/hidden/1040.html

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025

INFLUENCE OF A DIET OF DIFFERENT TYPES OF PLASTICS ON THE *ZOPHOBAS MORIO* LARVAE DEVELOPMENT

A.S. Nagornyak Sanya201003@yandex.ru

MBEU Secondary School no. 36, Murmansk, Russian Federation

Nowadays, the problem of plastic waste recycling and treatment is very relevant. Scientists discovered that the larvae of certain insects, including beetles of the *Zophobas morio* species, could feed on the polystyrene plastics. This becomes possible because of bacteria in their intestines. The paper proposes to use larvae of the *Zophobas morio* beetles in the plastics biological treatment, since it is believed that they would be able to feed on plastics without any harm to health. As a result of the experiment, it was found that a diet of different types of plastics has a rather negative effect on the larvae vital activity. Different types of plastic cause a delay in pupation, and a decrease in the average weight of the larvae. Our hypothesis that larvae of the *Zophobas morio* beetle species would be able to feed on only the plastics without harm to themselves was partially confirmed. The paper assumes that for normal development and vital activity, larvae of the *Zophobas morio* beetle species require mixed nutrition.

Keywords: plastics recycling, polyethylene, plastic biodegradation, zophobas, Zophobas morio, environmental protection, developmental stability, fluctuating asymmetry

Received 03.06.2024

Nagornyak A.S. — 8th Grade Student, Municipal Budgetary Educational Institution Secondary School no. 36, Murmansk, Russian Federation.

Scientific advisors — Glazunova E.D., Additional Education Teacher, SAUEI of MD "Educational Center "Laplandia", Murmansk, Russian Federation; Sokolan N.I., Additional Education Teacher, SAUEI of MD "Educational Center "Laplandia", Murmansk, Russian Federation.

Please cite this article in English as:
Nagornyak A.S. Influence of a diet of different types of plastics on the *Zophobas morio* larvae development. *Politekhnicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2025, no. 02 (97). (In Russ.). URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/zoo_/hidden/1040.html

© BMSTU, 2025 ISSN 2541-8009