

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ENVIRONMENTAL EDUCATION

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-4-511-524

EDN: IYGBEG

УДК 628.567.1

Научная статья / Research article

Экологические аспекты организации студенческой мастерской по переработке пластика: от просвещения к безотходному производству

Э.В. Нафикова^{id}, А.Н. Сидорова[✉], К.Р. Чувашева^{id},
И.И. Ахияров

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Российская Федерация,²Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация,[✉arinasidorova303@gmail.com](mailto:arinasidorova303@gmail.com)

Аннотация. Исследование посвящено анализу комплексного подхода к организации студенческой мастерской, сочетающей практическую переработку пластиковых отходов, экологическое просвещение и формирование профессиональных компетенций. Обоснована актуальность создания таких центров на базе вузов в контексте решения задач национального проекта «Экология» и целей устойчивого развития. Проведен анализ технологических решений для маломасштабной переработки, показавший целесообразность использования открытых решений (Precious Plastic) для образовательных целей. Подробно описана авторская модель мастерской, реализованная в Уфимском университете науки и технологий, включающая этапы сбора (специализированный арт-объект), измельчения (велосипедный шредер) и термопереработки (инжектор, термопресс) пластиковых крышек. Предложены практические рекомендации по тиражированию практики.

Ключевые слова: экологическое просвещение, непрерывное экологическое образование, управление отходами, экономическая эффективность, экологическая безопасность, технологическая линия, обучение служением

Благодарности и финансирование. Авторы выражают благодарность Фонду «Инносоциум» и Евразийскому НОЦ за поддержку проекта грантами. Исследование выполнено при поддержке программы «Приоритет-2030».

Вклад авторов. Нафикова Э.В. — концептуализация, методология, создание рукописи и ее редактирование, администрирование проекта, руководство исследованием, по-

© Нафикова Э.В., Сидорова А.Н., Чувашева К.Р., Ахияров И.И., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

лучение финансирования. *Сидорова А.Н.* — создание черновика рукописи, создание рукописи и ее редактирование, администрирование проекта, руководство исследованием. *Чувашаева К.Р.* — проведение исследования, получение финансирования. *Ахияров И.И.* — создание рукописи и ее редактирование. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 12.08.2025; доработана после рецензирования 27.08.2025; принята к публикации 29.08.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: *Нафикова Э.В., Сидорова А.Н., Чувашаева К.Р., Ахияров И.И.* Экологические аспекты организации студенческой мастерской по переработке пластика: от просвещения к безотходному производству // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 4. С. 511–524. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-4-511-524>

Environmental aspects of organizing a student workshop on plastic recycling: from education to waste-free production

Elvira V. Nafikova^{}, Arina N. Sidorova^{}, Kamilla R. Chuvashaeva^{},
Irek I. Akhiyarov

¹*Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation*

²*ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation*

arinasidorova303@gmail.com

Abstract. The research is devoted to the analysis of a comprehensive approach to the organization of a student workshop that combines practical recycling of plastic waste, environmental education, and the formation of professional competencies. The relevance of creating such centers on the basis of universities in the context of solving the tasks of the national project “Ecology” and the goals of sustainable development is substantiated. An analysis of technological solutions for small-scale recycling has been conducted, which shows the feasibility of using open solutions (Precious Plastic) for educational purposes. The author’s workshop model, implemented at the Ufa University of Science and Technology, has been described in detail. It includes the stages of collecting (specialized art object), shredding (bicycle shredder), and thermal processing (injector, thermal press) of plastic caps. Practical recommendations for replicating the practice are provided.

Keywords: environmental education, continuous environmental education, waste management, waste-free production, economic efficiency, environmental safety, technological line, service learning

Acknowledgements and Funding. The authors express their gratitude to the Innosocium Foundation and the Eurasian Scientific and Educational Center for supporting the project with grants. The research was carried out with the support of the Priority-2030 program.

Authors’ contribution. *E.V. Nafikova* — conceptualization, methodology, creation of the manuscript and its editing, project administration, research management, and obtaining funding. *A.N. Sidorova* — creation of the draft manuscript, creation of the manuscript and its editing,

project administration, and research management. *K.R. Chuvashaeva* — conducting research and obtaining funding. *I.I. Akhiyarov* — creation of the manuscript and its editing. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Article history: received 12.08.2025; revised 27.08.2025; accepted 29.08.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Nafikova EV, Sidorova AN, Chuvashaeva KR, Akhiyarov II. Environmental aspects of organizing a student workshop on plastic recycling: from education to waste-free production. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(4):511–524. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-4-511-524>

Введение

Проблема загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления, в особенности пластиковыми, является одной из наиболее острых глобальных экологических проблем современности. Ежегодно в мире образуются сотни миллионов тонн пластиковых отходов, большая часть которых оказывается на полигонах, в водоемах и лесах, нанося непоправимый ущерб экосистемам и здоровью человека [1].

В Российской Федерации, несмотря на предпринимаемые усилия, система управления отходами, в частности пластиковыми, остается недостаточно эффективной, характеризуясь низким уровнем переработки и вторичного использования материалов. В этой связи возрастает значимость экологического просвещения, воспитания и образования как ключевых инструментов формирования культуры ответственного потребления и эффективного управления отходами. Особую роль в этом процессе играют образовательные учреждения, в частности студенческие инициативы, направленные на вовлечение молодежи в практическую деятельность по переработке отходов и продвижение принципов устойчивого развития.

Существуют технологии переработки, применяемые для переработки полиэтиленовых отходов, отсортированных от общей массы ТКО, в изделия. В целях экологического просвещения студентов и школьников создаются мастерские по переработке полиэтиленовых отходов на базе высших школ и образовательных центров [2; 3].

Цель исследования — анализ экологических и экономических аспектов организации студенческой мастерской по переработке пластика, обоснование выбора технологий и оценка эффективности подобных проектов как механизмов решения проблем управления отходами и формирования экологического сознания.

Материалы и методы

В основу методологии исследования легли принципы системного анализа и проектного подхода. Для оценки технологий переработки, пригодных для использования в условиях образовательного учреждения, был проведен срав-

нительный анализ существующих методов (полимер-песчаное производство, литье под давлением, экструзия, термоформование) и готовых решений, таких как платформа Precious Plastic¹ [3]. Выбор был обусловлен критериями доступности, безопасности, стоимости и образовательной ценности.

Экономическая оценка эффективности проекта проводилась на основе расчета себестоимости мероприятий с учетом грантового финансирования и операционных расходов. Оценка экологической эффективности базировалась на расчете объемов перерабатываемых отходов и потенциала снижения нагрузки на полигоны ТКО.

Эмпирической базой для проектирования мастерской послужил опыт Уфимского университета науки и технологий в реализации экологических инициатив и проектное обучение в рамках программы «Приоритет-2030».

Результаты

Теоретические основы экологического просвещения и управления отходами

Существующая инфраструктура по переработке отходов недостаточно загружена, а государственные и промышленные проекты не получают должного развития. При этом утилизация отходов производства и потребления становится все более актуальным вопросом во всем мире, так как сокращается площадь земель, которые возможно использовать в качестве полигонов для захоронения, а количество образующихся отходов в расчете на 1 человека увеличивается с каждым годом.

Значительную часть твердых коммунальных отходов (ТКО) составляет пластик из-за использования его для пластиковой упаковки продуктов потребления. При этом, по оценкам экспертов, полиэтиленовые отходы составляют наибольшую долю из пластмассовых отходов (34 %) и обладают наивысшей степенью переработки (20 %). Сейчас утилизация полимеров приобретает значительную экономическую целесообразность, так как позволяет сократить потребление первичного сырья и электроэнергии, сократить объем ТКО, отправляемых на размещение².

В российском законодательстве не даны понятия «экологическое воспитание», «экологическое образование», «экологическое просвещение» и «экологическая культура». При этом данные термины упоминаются в ряде федеральных законов, распоряжений и постановлений на уровне стратегии развития.

Низкий уровень экологической культуры населения приводит к нарушениям законодательства в сфере охраны окружающей среды физическими ли-

¹ Сайт Российской ассоциации содействия ООН. URL: <https://una.ru/?ysclid=mg9m-k61ds3804112788> (дата обращения: 01.06.2024).

² Российская ассоциация содействия ООН : офиц. сайт. URL: https://una.ru/region_evolution. (дата обращения: 01.06.2024).

цами, образованию несанкционированных свалок и замедленному развитию системы раздельного сбора отходов, а недостаточный уровень экологического образования в среднем и высшем образовании обуславливает выпуск неквалифицированных специалистов в области охраны окружающей среды, что, в свою очередь, служит причиной нарушений природоохранного законодательства со стороны предприятий и затруднения перехода предприятий к циклической экономике, а также применения наилучших доступных технологий и модернизированию производства.

Так, согласно статье 74 № 7-ФЗ, «Экологическое просвещение», экологическое просвещение осуществляется в целях формирования экологической культуры в обществе, воспитания бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов посредством распространения экологических знаний об экологической безопасности, информации о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов³.

В соответствии с положениями Экологической доктрины Российской Федерации⁴, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1225-р, низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны отнесен к числу основных факторов деградации природной среды нашей страны.

В 2015 г. резолюцией A/RES/70/1 Генеральной Ассамблеи ООН была принята Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, которая включает в себя 17 целей, разбитых на 169 задач. Российская Федерация также участвует в реализации Повестки⁵.

Одним из индикаторов высокого уровня экологической культуры населения региона является степень утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО). В Республике Башкортостан, несмотря на наличие мусоросортировочных комплексов (МСК) и инфраструктуры раздельного сбора отходов, загруженность МСК составляет в среднем 52 %, в то время как полигоны ТКО занимают более 2,2 тыс. га.

По состоянию на 1 января 2023 г. на территории республики зарегистрировано 852 несанкционированные свалки ТКО общей площадью 850 га (ликвидировано 824 свалки в 2022 г.), что свидетельствует о недостаточном распространении культуры сортировки отходов среди населения (рис. 1). В целом по Российской Федерации на конец 2023 г. насчитывалось 10 345 несанкционированных свалок.

³ Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об охране окружающей среды» // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/31cbdcc572222c93a51fed78205b68b35c0d8fe0/ (дата обращения: 01.06.2025).

⁴ Экологическая доктрина Российской Федерации // Министерство иностранных дел Российской Федерации. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/official_documents/1688732/ (дата обращения: 01.06.2025).

⁵ Российская ассоциация содействия ООН : офиц. сайт. URL: https://una.ru/region_evolution. (дата обращения: 01.06.2024).

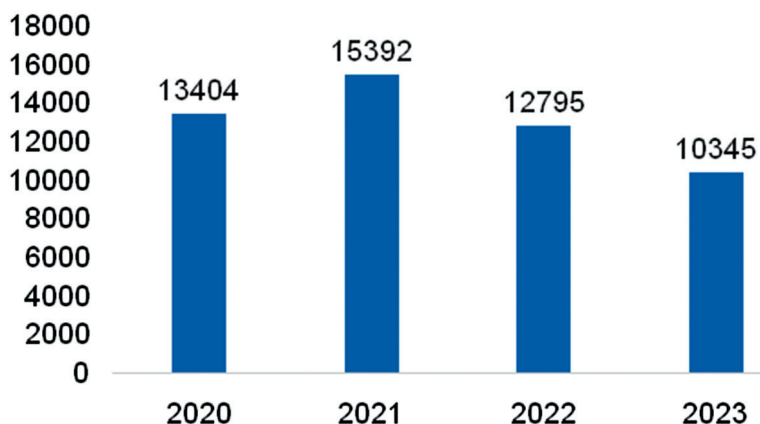


Рис. 1. Динамика количества несанкционированных свалок в РФ на конец года за период 2020–2023 гг.

Источник: данные сведены А.Н. Сидоровой по данным Госдоклада о состоянии и об охране окружающей среды РФ за 2023 год; Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации за 2023 год. Москва, 2024.

Figure 1. Dynamics of the number of unauthorized landfills in the Russian Federation at the end of the year for the period 2020–2023

Source: data compiled by A.N. Sidorova based on the State Report on the State of the Environment and Environmental Protection in the Russian Federation for 2023: State Report on the State of the Environment and Environmental Protection in the Russian Federation for 2023. Moscow, 2024.

Результаты исследований показывают, что после проведения комплексных экопросветительских кампаний вес отходов в контейнерах для пластика увеличивается (например, на 63 % по данным экологического движения «Раздельный сбор»), улучшается качество сдаваемого вторсырья, а доля жителей, сортирующих отходы, возрастает.

К 2030 г. поставлена задача обеспечить сортировку 100 % объема ежегодно образующихся твердых коммунальных отходов (ТКО), захоронение не более 50 % таких отходов и вовлечение в хозяйственный оборот не менее 25 % отходов производства и потребления в качестве вторичных ресурсов и сырья.

Выполнение национальных целей развития РФ до 2030 года осуществляется в том числе за счет реализации национального проекта «Экология» и федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». При этом, несмотря на предпринимаемые усилия, в Российской Федерации наблюдаются рост объемов образования отходов производства и потребления (рис. 2) и снижение доли утилизированных и обезвреженных отходов в общем объеме образующихся отходов⁶ [4], что подчеркивает необходимость совершенствования системы управления отходами и повышения эффективности процессов утилизации и переработки.

⁶ Цели устойчивого развития в Российской Федерации, 2023 : крат. стат. сб. / кол. авт. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) ; Федер. служба гос. статистики ; [редкол.: С. Н. Егоренко (пред.) и др.]. Москва : Росстат, 2023. 100 с.

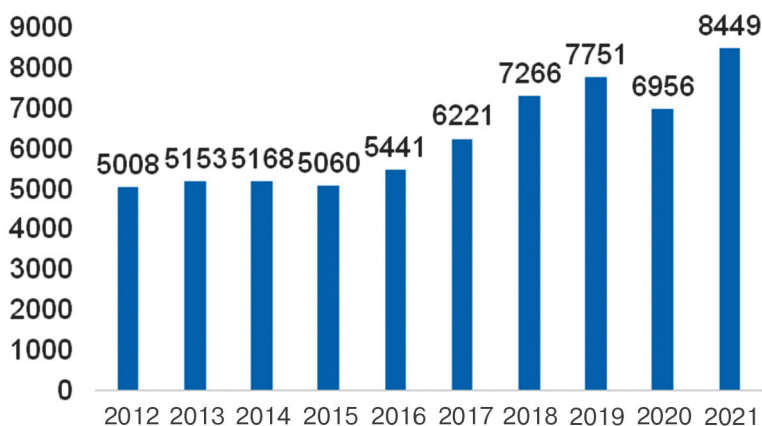


Рис. 2. Динамика образования отходов производства и потребления в РФ за период 2012–2023 гг., тыс. т

Источник: данные сведены А.Н. Сидоровой по данным Госдокладов о состоянии и об охране окружающей среды РФ за 2012–2023 гг.: Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации за 2012–2022 годы. Москва, 2013–2023.

Figure 2. Dynamics of production and consumption waste generated in the Russian Federation for the period 2012–2023, thousand tons

Source: data compiled by A.N. Sidorova based on the State Reports on the State of the Environment and Environmental Protection in the Russian Federation for 2012–2021: State Report on the State of the Environment and Environmental Protection in the Russian Federation for 2012–2023. Moscow, 2013–2023.

Анализ существующих технологий переработки пластика

Существуют различные технологии переработки пластиковых отходов, включенные в сборник НДТ ИТС 15-2021. Одна из них — песчано-полимерное производство⁷, в котором измельченные пластиковые отходы смешиваются с песком, нагреваются и прессуются для получения композитных строительных материалов (тротуарная плитка, ограждения и др.). Процесс включает сушку песка, дробление пластика, смешивание компонентов (25 % пластика, 74,5 % песка, 0,5 % красителя), нагрев до 200–250 °С и формование под давлением. Получаемый материал отличается прочностью, морозостойкостью и низким водопоглощением, однако недостатком является риск выделения микропластика и невозможность апсайклинга, поэтому метод применяется для загрязненных отходов.

Другой распространенной технологией является литье под давлением, при котором измельченный пластик нагревается до 180–220 °С и подается в пресс-форму для формирования изделий. Также широко используется экструдирование — непрерывный процесс продавливания расплава полимера через формирующее отверстие. Технология включает зоны загрузки, плавления

⁷ Патент RU 2170716 C1. Песчано-полимерный материал. Российская Федерация. № 2000103265/04 ; заявл. 14.02.2000 ; опубл. 20.07.2001, Бюл. № 20. 7 с.

и дозирования, обеспечивая гомогенизацию расплава, и применяется для переработки полиэтилена (ПЭ), полиэтилентерефталата, полипропилена и полистирола (рис. 3).

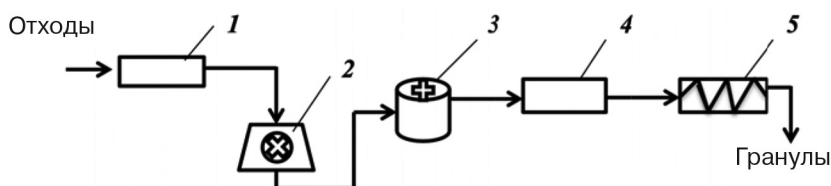


Рис. 3. Принципиальная схема линии переработки полиэтилена в гранулы методом экструдирования: 1 — узел сортировки полиэтилена; 2 — дробилка; 3 — циклон; 4 — агломератор; 5 — экструдер

Источник: составлено К.Р. Чувашаевой по данным ИТС 32-2017 «Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых».

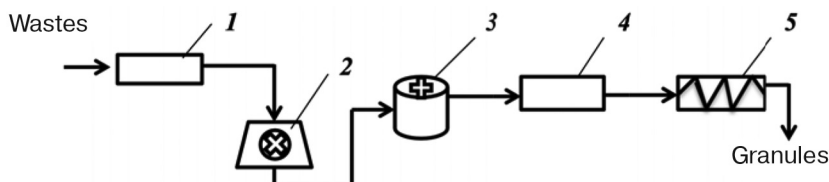


Figure 3. Schematic diagram of a polyethylene processing line into granules by extrusion method:

1 — polyethylene sorting unit; 2 — crusher; 3 — cyclone; 4 — agglomerator; 5 — extruder

Source: compiled by K.R. Chuvashaeva according to ITS 32-2017 “Production of Polymers, Including Biodegradable Polymers”.

Другой метод — термоформование, заключающееся в преобразовании плоских заготовок из термопластов в объемные изделия под воздействием температуры. Процесс включает нагрев, формование, охлаждение и извлечение продукта, часто требующее дополнительной обработки. Технология применима для различных видов пластмасс и позволяет производить листовые изделия широкого назначения.

Также следует отметить производство ПЭТ-гранул с использованием вторичного сырья, включенное в перечень наилучших доступных технологий.

Особого внимания заслуживает система Precious Plastic (рис. 4), основанная на принципах открытого исходного кода и сочетающая технологии литья под давлением, термоформования и экструзии. Ее уникальность заключается в свободном доступе к чертежам оборудования (дробилки, экструдеры, инжекторы и др.) под лицензией Creative Commons BY-SA 4.0, что способствует международному сотрудничеству в сфере переработки.

Система Precious Plastic, ориентированная на использование отсортированных пластиковых отходов, предлагает решение проблем высокой стоимости оборудования и патентных ограничений. Благодаря модульной конструкции и съемным пресс-формам система позволяет производить широкий

ассортимент изделий, что делает ее оптимальным выбором для студенческих мастерских. Сравнительный анализ технологий переработки подтвердил преимущество данного подхода для образовательных учреждений.



Рис. 4. Общий вид оборудования мастерской Precious Plastic

Источник: Precious Plastics. Machines overview // Precious Plastics Official Website.

URL: <https://www.preciousplastic.com/solutions/machines/overview> (accessed: 01.06.2024).

Figure 4. General view of Precious Plastic workshop equipment

Source: Precious Plastics. Machines overview // Precious Plastics Official Website.

Available from: <https://www.preciousplastic.com/solutions/machines/overview> (accessed: 01.06.2024).

Глобальное исследование Precious Plastic⁸ показывает, что в среднем одна мастерская перерабатывает 69 кг пластика в месяц, при этом 63,3 % участников составляют молодые люди до 35 лет. Данные исследований демонстрируют эффективность таких мастерских в изменении поведенческих моделей и снижении потребления пластика [4]. Опрос 47 мастерских из 20 стран [5] выявил основные цели: популяризация устойчивого образа жизни, повышение осведомленности о проблеме загрязнения и его предотвращение.

Проектирование студенческой мастерской по переработке пластика

В Уфимском университете науки и технологий силами студенческого научного общества создана мастерская по переработке пластиковых крышек из полиэтилена низкого давления (ПНД) маркировки 2. Выбор сырья обусловлен простыми инструкциями по сбору сырья для населения, а также мини-

⁸ Precious Plastics. Machines overview // Precious Plastics Official Website. URL: <https://www.preciousplastic.com/solutions/machines/overview> (accessed: 21.08.2023).

мальным негативным воздействием на людей во время проведения мастер-классов. Для сбора отходов разработан специализированный контейнер-артобъект (рис. 5).



Рис. 5. Арт-объект для сбора пластиковых

Источник: фото К.Р. Чувашаевой

Figure 5. Art object for collecting plastic caps

Source: photo by K.R. Chuvashaevea

Технологическая линия включает:

- 1) велосипедный измельчитель с роторной дробилкой;
- 2) вертикальный инжектор для литья под давлением;
- 3) термопресс для формования изделий.

Технологический процесс (рис. 6) предполагает измельчение отходов до фракции 5 мм, термическую обработку при 180–200 °С и формование изделий. Отходы производства направляются на полимер-песчаное производство.

По конструкции измельчитель состоит из рамы из профильной стальной трубы и сварной конструкции, подставки под велосипед, прикрепленной к основанию окрашенной эмалью рамы. Рама измельчителя пластиковых отходов обшита оргстеклом, верхняя часть корпуса и бункер выполнены из оргстекла. К раме прикреплена роторная одновальная дробилка. Корпус и ножи дробилки изготовлены из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Измельченные отходы собираются в контейнер в бункере.

Одновальная роторная дробилка состоит из неподвижных и движущихся ножей. Движущиеся ножи приводятся в действие при помощи механического движения, передаваемого через вал, прикрепленный к велосипеду.

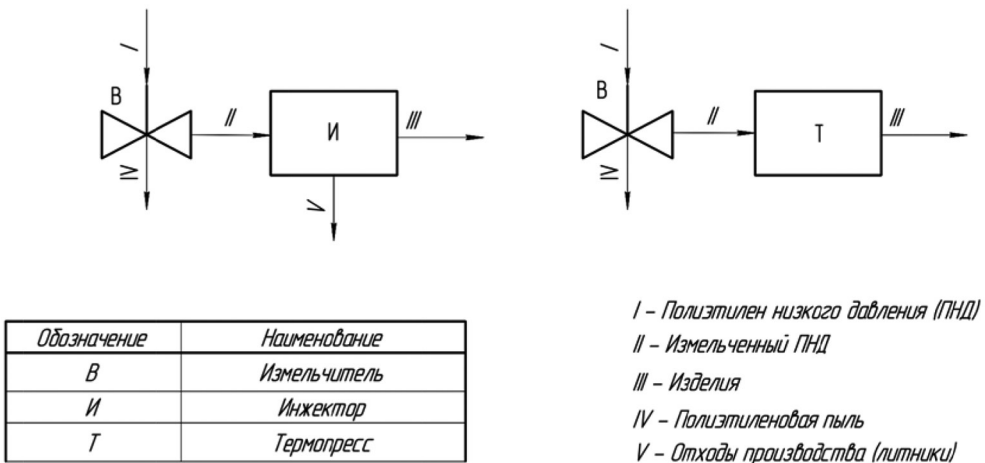


Рис. 6. Схема студенческой мастерской по переработке пластика
Источник: составлено И.И. Ахияровым.

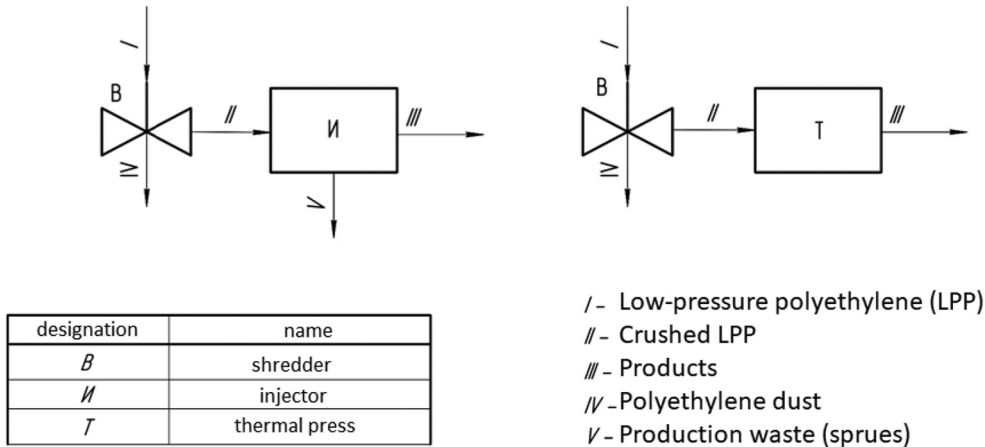


Figure 6. Diagram of a student's plastic recycling workshop
Source: compiled by I.I. Ahiyarov.

Инжектор используется для реализации технологии литья под давлением. Назначение и область применения инжектора — изготовление изделий из пластика методом впрыскивания расплавленного материала в пресс-формы. Возможна работа аппарата в помещении или на улице при безветренной погоде при температуре от +5 °С до +40 °С. По конструкции аппарат представляет собой сварную металлическую раму с трубой и штоком, нагревательными элементами, ПИД-регуляторами, насадкой и коробкой электроники для управления температурой. Приемный бункер выполнен из стали и приварен к корпусу изделия.

В термопрессе процесс переработки происходит под давлением, создаваемым рабочими поверхностями пресса, с нагревом рабочих поверхностей. Под действием давления и повышенной температуры пластиковая масса нагревается и принимает форму пресс-формы.

Полиэтиленовые отходы маркировки 2 (I) подаются в велосипедный измельчитель (B). Измельчение отходов происходит механическим методом при помощи участников мастер-классов. Затем измельченные до фракции 5 мм полиэтиленовые отходы (II) механически извлекаются и подаются в вертикальный инжектор (И) или в термопресс (Т). Смет отходов удаляется.

В инжекторе при температуре 180–200 °С измельченные отходы нагреваются и превращаются в жидкую массу, затем при помощи рычага подаются в прессформу. Механическая обработка изделий может происходить как во время, так и после остывания изделий и извлечения их из пресс-формы, для отделения изделий от литников и приведения к товарному виду. Литники и другие отходы (V) отправляются на полимер-песчаное производство для изготовления малых архитектурных форм.

В термопрессе (Т) измельченные отходы (II) выкладываются в прессформу, затем накрываются верхней частью. При температуре 180–200 °С полиэтиленовые отходы превращаются в жидкую массу и заполняют полость пресс-формы. После остывания готовое изделие (III) извлекается из термопресса.

Экономическая целесообразность и экологическая эффективность проекта

В качестве методологической основы для организации мастерской был использован подход федерального проекта «Обучение служением», предполагающего интеграцию учебного процесса с решением социально значимых задач. В рамках данного проекта студенты Уфимского университета науки и технологий совместно с партнерами из местного отделения Союза молодых ученых г. Уфы разрабатывают и внедряют технологии переработки пластика, а также проводят просветительские мероприятия для популяризации принципов безотходного производства.

За счет комбинированного финансирования (гранты на общую сумму 750 000 руб.) была закуплена необходимая аппаратура и организовано проведение 25 мероприятий для 3500 человек. Расчет себестоимости одного мероприятия показал высокую экономическую эффективность: 214 руб./чел. против рыночной стоимости аналогичных мастер-классов (около 900 руб./чел.).

Заключение

Организация студенческой мастерской по переработке пластика доказала свою эффективность как комплексный инструмент, интегрирующий образовательную, просветительскую и практическую составляющие. Такой проект способствует достижению нескольких целей одновременно:

Была отмечена значительная экологическая польза, выражающаяся в снижении объема захораниваемых отходов и формировании моделей ответственного потребления. В образовательном контексте проект доказал свою цен-

ность для развития практических навыков у студентов в области технологий переработки, проектной деятельности и экологического предпринимательства. Важным итогом стала и его социальная составляющая, которая проявилась в повышении уровня экологической культуры населения через проведение открытых мастер-классов и мероприятий.

Перспективы развития подобных инициатив связаны с их тиражированием в других вузах, интеграцией в учебные планы, а также с развитием кооперации с малым бизнесом для организации сбыта продукции. Дальнейшие исследования могут быть направлены на углубленный анализ жизненного цикла продукции мастерских, оценку долгосрочного поведенческого эффекта у участников и оптимизацию технологических процессов.

Список литературы

- [1] Булдакова А.Ю., Андреева М.П. Химико-экологический клуб «Зеленая химия» // Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки : сб. трудов по материалам VIII Междунар. конкурса науч.-исслед. работ. Уфа, 05 апреля 2022 года. Уфа : Научно-издательский центр «Вестник науки», 2022. С. 47–52. EDN: QDMITU
- [2] Nagatomo D. Research on education for sustainable development with design-based research by employing Industry 4.0 technologies for the Issue of single-use plastic waste in Taiwan // Sustainability. 2024. Vol. 16. No. 22. Article no. 9832. <https://doi.org/10.3390/su16229832> EDN: TDGJNL
- [3] Сидорова А.Н., Чуваашева К.Р., Ахияров И.И., Александров Д.В., Григорьева А.А. Опыт создания мастерской по переработке пластика в университете // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность — 2023) : материалы XX Межд. науч.- практ. конф., Уфа, 30–31 мая 2023 года. Уфа : Уфимский ун-т науки и технологий, 2023. С. 423–427. EDN: FEMWCO
- [4] Spekkink W, Rödl M, Charter M. Repair Cafés and Precious Plastic as translocal networks for the circular economy. // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 380, part 2. Article no. 135125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135125> EDN: EEQABF
- [5] Spekkink W., Rödl M., Charter M. Global survey of precious plastic projects: a summary of findings // University for the Creative Arts. URL: https://research.uca.ac.uk/5685/1/PP_Report_Final_2020-07-04.pdf (accessed: 27.04.2025).

References

- [1] Buldakova AYu, Andreeva MP. Chemical-ecological club “Green chemistry”. *Fundamental and applied aspects of the development of modern science: Proceedings on the materials of the VIII International competition of research works, Ufa, April 05, 2022*. Ufa: Scientific and Publishing Center “Vestnik Nauki”. Publ.; 2022. p. 47-52. (In Russ.) EDN: QDMITU
- [2] Nagatomo D. Research on education for sustainable development with design-based research by employing Industry 4.0 technologies for the Issue of single-use plastic waste in Taiwan. *Sustainability*. 2024;16(22):9832. <https://doi.org/10.3390/su16229832> EDN: TDGJNL

- [3] Sidorova AN, Chuvashaeva KR, Akhiyarov II, Aleksandrov DV, Grigorieva AA. Experience in creating a plastic recycling workshop at the university. *Science, education, production to counteract man-made threats and solve environmental problems (Technosphere Safety-2023): Proceedings of XX International Scientific and Practical Conference, Ufa, May 30-31, 2023*. Ufa: Ufa University of Science and Technology Publ.; 2023. p. 423–427. (In Russ.) EDN: FEMWCO
- [4] Spekkink W, Rödl M, Charter M. Repair Cafés and Precious Plastic as translocal networks for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2022;380(part 2):135125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135125> EDN: EEQABF
- [5] Spekkink W, Rödl M, Charter M. Global survey of precious plastic projects: a summary of findings. *University for the Creative Arts*; 2020. Available from: https://research.uca.ac.uk/5685/1/PP_Report_Final_2020-07-04.pdf (accessed: 27.04.2025).

Сведения об авторах:

Нафикова Эльвира Валериковна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры безопасности производства и промышленной экологии, Уфимский университет науки и технологий, Российская Федерация, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32. ORCID: 0000-0002-5197-8928, eLIBRARY SPIN-код: 2784-1080. E-mail: vira2006@yandex.ru

Сидорова Арина Николаевна, студент, специальность 20.03.01 «Техносферная безопасность», Уфимский университет науки и технологий, Российская Федерация, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32. eLIBRARY SPIN-код: 3591-4079. E-mail: arinasidorova303@gmail.com

Чувашаева Камилла Рустамовна, студент, специальность 20.04.01 «Техносферная безопасность», Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, д. 49, лит. А, Российская Федерация. ORCID: 0000-0002-1226-720X, eLIBRARY SPIN-код: 6476-9925. E-mail: chuvashayeva@gmail.com

Ахияров Ирек Ильшатович, студент, специальность 20.03.01 «Техносферная безопасность», Уфимский университет науки и технологий, Российская Федерация, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32. eLIBRARY SPIN-код: 6404-1237. E-mail: amsosiguboy@mail.ru

Bio notes:

Elvira V. Nafikova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Validi St, Ufa, 450076, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-5197-8928; eLIBRARY SPIN-code: 2784-1080. E-mail: vira2006@yandex.ru

Arina N. Sidorova, student, specialization 20.03.01 Technosphere Safety, Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Validi St, Ufa, 450076, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 3591-4079. E-mail: arinasidorova303@gmail.com

Kamilla R. Chuvashaeva, student, specialization 20.04.01 Technosphere Safety, ITMO University, Kronverksky Pr. 49, bldg. A, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-1226-720X; eLIBRARY SPIN-code: 6476-9925. E-mail: chuvashayeva@gmail.com

Irek I. Akhiyarov, student, specialization 20.03.01 Technosphere Safety, Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Validi St, Ufa, 450076, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 6404-1237. E-mail: akhiyarovii@bk.ru