

«ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕЦИКЛИНГА КАРТОНА: АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ МНОГОКРАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ»

Кулжанов Арман Максотович

s.shamshedenova@asu.edu.kz

магистрант 2 курса образовательной программы «7M05201-Прикладная экология»
Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, г. Атырау, Республика Казахстан
Научный руководитель — PhD, ассоциированный профессор Шамшеденова С.С.

Результаты оценки жизненного цикла показывают, что переработка картона значительно снижает воздействие на окружающую среду по сравнению с производством первичного волокна. Потребление энергии снижается примерно на 55-65%, а выбросы парниковых газов могут быть сокращены до 50%. Потребление воды и образование твердых отходов также значительно снижаются в процессе вторичной переработки.

Картон часто выступает в роли экологичного защитника пластиковой упаковки, славясь своими возобновляемыми источниками, способностью к биологическому разложению и вторичной переработке. Такие разновидности гофрокартона, как гофрокартон в готовом виде, подчеркивают универсальность, а варианты гофрокартона обеспечивают надежную основу для доставки по всему миру. Наше поколение видит впечатляющую статистику восстановления: около 70% всех коробок из гофрокартона находят новую жизнь благодаря переработке. Его распространенность в нашей повседневной жизни поднимает важные вопросы о его воздействии на окружающую среду [1].

Картон, который часто используется как взаимозаменяемый материал с гофрокартоном, используется повсеместно. Известный своей универсальностью и долговечностью, он в основном используется для упаковки и транспортировки, защищая широкий ассортимент продукции. Этот материал изготавливается из целлюлозного волокна, которое добывается из деревьев в виде древесной массы. Он может быть как из плотной бумаги, известной как картон, так и из гофрированного древесноволокнистого картона, который состоит из нескольких слоев бумаги с рифленным или гофрированным гофрированным слоем для обеспечения дополнительной прочности и амортизации [1].

Гофрированный картон: Состоит из картона с подкладкой и гофрированной гофрированной бумаги, выпускается с одинарной или тройной стенкой различной прочности. Известный своей превосходной прочностью, амортизацией, защитой от перепадов температур и легким весом, он легко настраивается, экологичен и гибок. Около 90% всей продукции в США поставляется в картонной упаковке. Картон - это более тонкий и менее прочный материал для упаковки легких товаров, таких как коробки из-под хлопьев и яиц [2].

Производство и утилизация картона оказывают значительное воздействие на окружающую среду. С положительной стороны, картон поддается биологическому разложению и вторичной переработке, при этом уровень переработки достигает 92,9%. Однако производство картона сопряжено с определенными экологическими издержками. Это связано с потреблением большого количества воды и энергии, а использование первозданной древесной массы способствует обезлесению и разрушению среды обитания. Кроме того, картон, который попадает на свалки, разлагается анаэробно, выделяя метан, который в 20 раз превышает количество парниковых газов [3]. Производство бумаги является одним из самых низких источников выбросов парниковых газов по сравнению с другими материалами, такими как пластик. В 2017 году доля этой отрасли в глобальных выбросах составила всего 0,8%, что значительно ниже 4,5% выбросов пластика. Кроме того, он имеет относительно небольшой углеродный след: одна тонна гофрокартона производит

538 кг выбросов в углеродном эквиваленте на протяжении всего своего жизненного цикла [3].

Иерархия воздействия на окружающую среду

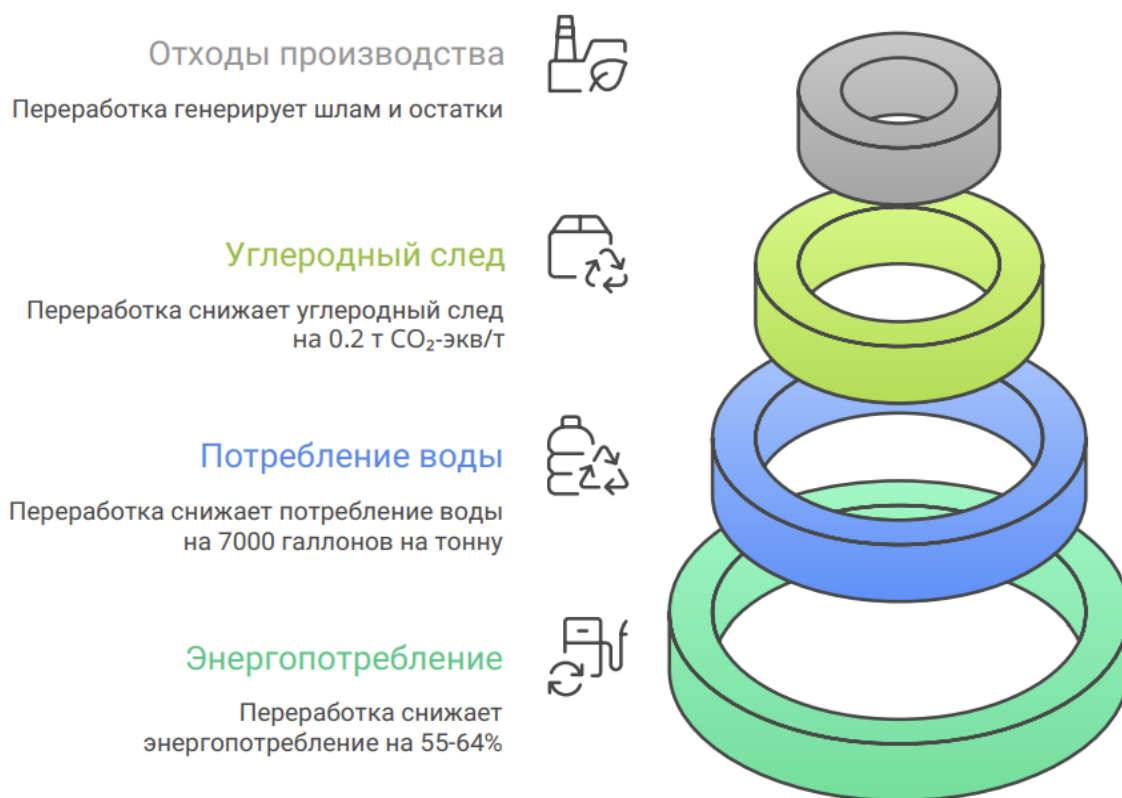


Рисунок 1- Иерархия воздействия на окружающую среду

Производство бумаги и картона из первичной древесной целлюлозы требует значительно больше энергии, чем переработка макулатуры. Использование вторичного волокна позволяет снизить энергопотребление примерно на 55–64%. Переработка 1 т картона экономит около 4100 кВт/ч энергии по сравнению с производством из древесины (рис 1).

Производство первичного картона требует десятки тысяч литров воды. Производство 1 т картона может использовать около 44 000 галлонов воды (~166 м³), тогда как переработка снижает расход примерно на 7000 галлонов (~26 м³). Также современные предприятия используют около 12–13 м³ воды на тонну готового гофрокартона на стадии производства и переработки. Средний углеродный след гофрокартона составляет примерно 0.49 т CO₂-экв/т продукции в европейских LCA исследованиях. Для вторичного картона климатический след составляет примерно 0.69 кг CO₂ на кг продукции (≈0.69 т/т). При переработке образуются шлам деинкинга, остатки клеев и минеральные наполнители, которые могут составлять десятки или сотни килограммов на тонну продукции (рис 2).

Несмотря на репутацию экологически чистого продукта, производство картона приводит к потере среды обитания из-за вырубке лесов и снижает способность планеты поглощать углекислый газ, усугубляя изменение климата. Картон составляет значительную часть твердых бытовых отходов. Только в Великобритании семьи ежегодно выбрасывают около 13 000 кусков картона, большая часть которых оказывается на свалках. При

разложении картона на свалках выделяется метан - мощный парниковый газ, который влияет на изменение климата сильнее, чем углекислый газ [4].

Сравнение производства картона

	Первичное производство	Однократная переработка	Многократная переработка
 Расход воды	150–170 м ³ /т	110–130 м ³ /т	120–140 м ³ /т
 Энергия	25–30 ГДж/т	10–15 ГДж/т	12–18 ГДж/т
 Выбросы CO₂	1.3–1.7 т/т	0.6–0.9 т/т	0.7–1.0 т/т
 Твёрдые отходы	250–300 кг/т	120–200 кг/т	180–250 кг/т

Рисунок 2- Сравнение экологического следа производства картона

Необходимо учитывать различные показатели, чтобы понять весь масштаб воздействия картона на окружающую среду, включая его общее воздействие за год, ежедневное воздействие и воздействие при использовании. В результате мирового производства ежегодно образуются миллионы тонн отходов. При производстве 1 тонны картона выделяется 538 кг CO₂. Только в Соединенных Штатах более 90% всей продукции поставляется в картонной упаковке, что приводит к образованию значительных отходов. Несмотря на высокие показатели вторичной переработки, сам объем производства и отходов по-прежнему вызывает беспокойство. Однако 1 тонна переработанного картона может сэкономить 700 галлонов (2649 литров) воды [5].

Таблица- 1. Экологическое воздействие производства и переработки картона

Аспект	Детали	Воздействие на окружающую среду
--------	--------	---------------------------------

Состав	Изготовлен из целлюлозного волокна (древесная масса)	Используются природные ресурсы; возможна вырубка лесов
Уровень переработки	93% картонных коробок было переработано в 2022 году	Сокращает отходы и сохраняет ресурсы
Экономия энергии	При переработке требуется на 25–50% меньше энергии	Снижает углеродный след
Использование воды	Высокое при производстве	Нагрузка на водные ресурсы
Образование метана	При разложении на свалках	Способствует выбросам парниковых газов

Воздействие картона на окружающую среду ежедневно проявляется в количестве потребляемой энергии и отходов, образующихся при его производстве, использовании и утилизации. Для производства одной тонны чистого картона требуется значительное количество энергии. В то время как вторичная переработка снижает потребление энергии на 75%, ежедневное использование упаковки и транспортировки способствует ухудшению состояния окружающей среды. Каждый раз, когда картон используется для упаковки, он оказывает совокупное воздействие на окружающую среду. От энергии и воды, используемых при его производстве, до выбросов, выделяемых при переработке или разложении, воздействие одной картонной коробки на окружающую среду гораздо значительнее, чем может показаться. Однако это воздействие можно смягчить, сократив использование, повторно используя коробки и обеспечив их надлежащую переработку [6].

Уровни переработки картона и доли на свалках по странам

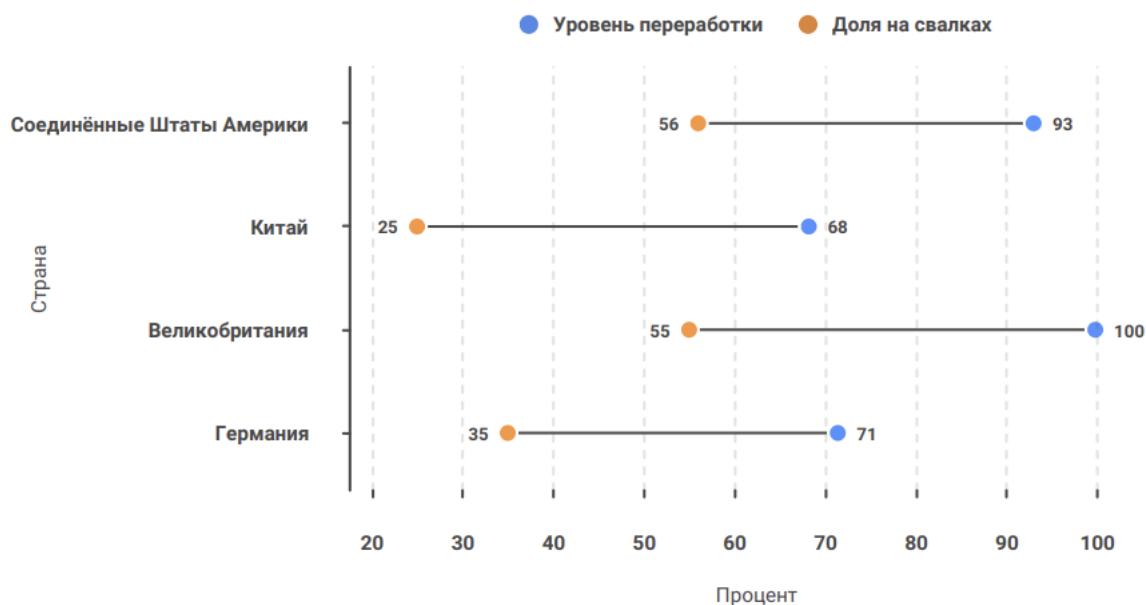


Рисунок 3- Использование картона и его экологическое воздействие в разных странах

В этой таблице данных представлена краткая информация о текущем состоянии картонной промышленности, отражающая значительные экологические и экономические последствия. Изменения, вносимые крупнейшими экономиками и компаниями, подчеркивают необходимость внедрения устойчивых методов и эффективного управления отходами. Для производства картона необходима древесная масса, что приводит к обезлесению. Однако такие страны, как Германия и Великобритания, борются с этим явлением за счет устойчивого лесопользования и высоких показателей вторичной переработки [6].

Мировое потребление бумаги и картона на протяжении многих лет претерпевало колебания, при этом его использование заметно увеличилось из-за развития электронной коммерции. С 1990 года мировое потребление бумаги и картона увеличилось почти на 75 процентов.

К 2030 году мировое потребление бумаги превысит 460 миллионов метрических тонн, что обусловлено спросом на упаковочную бумагу и картон в связи с бумом электронной коммерции, что мировой рынок картонных листов вырастет в среднем на 6,7% и достигнет 71,6 млрд фунтов стерлингов к 2028 году. Управление отходами в США ежегодно теряют около 3,2 млрд фунтов стерлингов из-за попадания картонных и бумажных отходов на свалки. В 2022 году мировой рынок листового картона оценивался в 48,5 млрд фунтов стерлингов. В нем представлен краткий обзор основных статистических данных картонной промышленности, подчеркивающих важность вторичной переработки и экономический эффект от использования отходов. Производства и утилизации картона становится ясно, что этот широко распространенный материал обладает двойным назначением: он является экологически чистым вариантом упаковки и источником заботы об окружающей среде [7].

Широкое использование картона в мировой экономике подчеркивает его незаменимую роль в торговле и одновременно подчеркивает острую необходимость в устойчивых методах производства.

Когда картон попадает на свалки, он может негативно влиять на окружающую среду. В процессе химического разложения он выделяет метан, парниковый газ, который по своему воздействию на глобальное потепление и изменение климата более чем в 20 раз превосходит углекислый газ [7].

Коробки из гофрированного картона экологичны. Они относительно легко разлагаются и подлежат переработке. Их использование поощряется компаниями, стремящимися к внедрению экологически этичных методов работы и сокращению выбросов углекислого газа.

Коробки из гофрированного картона, как правило, более экологичны, чем большинство видов пластика. Они полностью подлежат переработке, устойчивы к разрывам и экономичны, предлагая экологичное решение для упаковки, наносящее меньше вреда окружающей среде.

Картонные коробки играют важнейшую роль в защите товаров, которые необходимо хранить и транспортировать. Они универсальны и необходимы для безопасного хранения самых разных предметов, от электроприборов до товаров повседневного обихода.

Список использованной литературы:

1. R. Haigh, M. Sandanayake, Y. Bouras, Z. Vrcelj. A life cycle assessment of cardboard waste in low stress grade concrete applications /Journal of Environmental Management/ Volume 354, 2024
2. M. Sun, Y. Wang, L. Shi, J. Klemeš. Uncovering energy use, carbon emissions and environmental burdens of pulp and paper industry: A systematic review and meta-analysis/ Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 92, 2018

3. [E. Wetterlund](#), K. Pettersson, [S. Harvey](#). Systems analysis of integrating biomass gasification with pulp and paper production – Effects on economic performance, CO₂ emissions and energy use/[Energy/Volume 36, Issue 2](#), 2011, P. 932-941
4. [M. Kamali](#), Z. Khodaparast Review on recent developments on pulp and paper mill wastewater treatment/[Ecotoxicology and Environmental Safety/ Volume 114](#), 2015, P. 326-342
5. T. Xu, [J. Sathaye](#), K. Kramer. Sustainability options in pulp and paper making: Costs of conserved energy and carbon reduction in the US/[Sustainable Cities and Society/Volume 8](#), 2013, P. 56-62
6. [T. Fleiter](#), D.Fehrenbach, [E. Worrell](#), [W. Eichhammer](#) Energy efficiency in the German pulp and paper industry – A model-based assessment of saving potentials/[Energy/Volume 40, Issue 1](#), 2012, P. 84-99
7. F. Fontini, G. Pavan. The European Union Emission Trading System and technological change: The case of the Italian pulp and paper industry/[Energy Policy/Volume 68](#), May 2014, P. 603-607