

Научная статья
УДК 645.4

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ TETRA PAK В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дмитрий Сергеевич Грачев¹, Евгений Александрович Ивкин²,
Татьяна Владимировна Ефимова³, Татьяна Леонидовна Ищенко⁴

¹⁻⁴ Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова, Россия

¹ urokin60@mail.ru

² jonny.go82@gmail.com

³ pk.lpf@mail.ru

⁴ tl_ischenko@mail.ru

Аннотация. В статье представлен аналитический обзор существующих подходов к использованию отходов упаковки Tetra Pak при получении плитных материалов: полимерных и древесно-полимерных плит, цементно-связанных композитов, а также гибридных материалов.

Ключевые слова: отходы Tetra Pak, многослойная упаковка, вторичные ресурсы, композиционные плиты, древесно-полимерные композиты, утилизация отходов

Для цитирования: Возможности применения отходов Tetra Pak в производстве плитных материалов / Д. С. Грачев, Е. А. Ивкин, Т. В. Ефимова, Т. Л. Ищенко // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 427–432.

Original article

POSSIBILITIES OF USING TETRA PAK WASTE IN THE BOARD MATERIALS PRODUCTION

Dmitry S. Grachev¹, Evgeny A. Ivkin², Tatiana V. Efimova³,
Tatiana L. Ishchenko⁴

¹⁻⁴ Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia

¹ urokin60@mail.ru

² jonny.go82@gmail.com

³ pk.lpf@mail.ru

⁴ tl_ishchenko@mail.ru

Abstract. This article presents an analytical review of existing approaches to utilizing Tetra Pak packaging waste in the board materials production: polymer and wood-polymer boards, cement-bonded composites, and hybrid materials.

Keywords: Tetra Pak waste, multilayer packaging, recycled resources, composite boards, wood-polymer composites, waste disposal

For citation: *Vozmozhnosti primeneniya otkhodov Tetra Pak v proizvodstve plitny`x materialov [Possibilities of using Tetra Pak waste in the board materials production]* (2026) D. S. Grachev, E. A. Ivkin, T. V. Efimova, T. L. Ishchenko. *Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia]* : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 427–432. (In Russ).

За последние десятилетия упаковка типа Tetra Pak стала одним из доминирующих решений для расфасовки жидких пищевых продуктов (молоко, соки, напитки и др.), что обусловлено ее малой массой, удобством транспортировки и высокими барьерными свойствами. По данным компании-производителя и независимых исследований, средний состав такой упаковки составляет порядка 70–75 % бумажного картона, 20–25 % полиэтилена низкой плотности и около 5 % алюминиевой фольги [1]. Многослойная структура, обеспечивающая долговременную сохранность продукта, одновременно делает отходы упаковки крайне устойчивыми к разложению и затрудняет их традиционную переработку.

Основной промышленно реализованный маршрут утилизации включает гидроразделение с выделением целлюлозного волокна и формирования отдельного потока так называемого polyAl – смеси полиэтилена и алюминия. Целлюлозная фракция относительно легко вовлекается

в производство бумаги, картона и санитарно-гигиенических изделий, тогда как для polyAl ищутся пути применения в виде экструзионных изделий, кровельных материалов, паллет, настилов и плит.

В мире ежегодно перерабатывается более 25 млрд использованных упаковок Tetra Pak. Ежегодный прирост количества потребительских отходов картонной упаковки, направленных на переработку, превышает 1 млрд шт. [1, 2]. Типичная асептическая упаковка Tetra Pak представляет собой шестислойный композит, где основной объем занимает целлюлозный картон, обеспечивающий жесткость и форму изделия. Внутренние и внешние слои полиэтилена формируют влагонепроницаемую оболочку, а тонкий слой алюминиевой фольги выступает барьером по кислороду и свету, что позволяет длительно сохранять продукт без холодильной цепи. Такой многослойный материал практически не поддается биодegradации в природных условиях и относится к категории сложных поликомпонентных отходов. При этом в его составе содержится значительная доля высококачественного целлюлозного волокна и термопластичного полиэтилена, потенциально способных выполнять функции армирующего и связующего компонентов в композиционных плитах. Алюминиевый слой, несмотря на относительно малую долю по массе, может дополнительно влиять на теплостойкость, теплоотражающую способность и огнестойкость получаемых материалов.

С практической точки зрения отходы Tetra Pak, поступающие в переработку, характеризуются значительной неоднородностью: различной степенью загрязнения, остаточной влажностью, фракционным составом после измельчения. Это накладывает требования к предварительной подготовке сырья (мойка, сушка, калибровка частиц) и выбору технологических режимов изготовления плит.

Наиболее очевидный подход предполагает использование измельченной упаковки Tetra Pak без разделения на компоненты. При горячем прессовании роль связующего частично выполняет полиэтиленовая фракция, размягчающаяся и сплавляющая элементы структуры, тогда как целлюлозное волокно образует армирующий каркас, а алюминиевые включения распределяются в объеме. Ряд экспериментальных работ демонстрирует возможность получения плит из шредированной упаковки с плотностью порядка 800–900 кг/м³, при этом предел прочности при изгибе и модуль упругости сопоставимы с минимальными требованиями европейских стандартов к древесным плитам общего назначения для внутренней эксплуатации. Основные ограничения такого материала связаны с повышенной водопоглощаемостью и толщинным набуханием из-за присутствия гидрофильной целлюлозной фракции, а также с нестабильностью размеров при воздействии влаги и температуры. Исследования деградации и ускоренного старения плит из отходов Tetra Pak показывают, что для повышения долговечности необходимы дополнительные мероприятия: введение

антипиренов и биоцидных добавок, гидрофобизация поверхности, применение защитных облицовочных покрытий. В таком виде плиты целесообразно применять преимущественно в условиях внутренней эксплуатации при ограниченном увлажнении: в качестве стеновых и потолочных панелей, элементов перегородок, декоративных облицовок.

Альтернативный подход, активно исследуемый в последние годы, заключается во введении отходов Tetra Pak в состав композиционных плит в качестве частичной замены древесного наполнителя или минерального наполнителя. В древесно-полимерных композитах полиэтилен и алюминий из состава отходов выступают как дополнительная полимерная и армирующая фаза, тогда как целлюлозная составляющая может взаимодействовать с древесной мукой или стружкой, формируя более сложную пористую структуру.

Примеры таких решений включают:

- древесно-полимерные плиты, где измельченные отходы Tetra Pak частично заменяют древесную стружку;
- гибридные панели, состоящие из смеси шредированных упаковок, прочих полимерных отходов и целлюлозных материалов;
- панели с минеральной матрицей (цемент, гипс), где отходы Tetra Pak рассматриваются как легкий наполнитель и микроармирование.

В работе P. Vekhta и соавторов было показано, что панели, содержащие комбинацию частиц Tetra Pak и полиэтиленовых отходов при оптимальном соотношении компонентов, демонстрируют предел прочности при изгибе порядка 15 МПа и удовлетворяют минимальным требованиям EN к древесно-стружечным плитам общего назначения, при этом не требуют введения формальдегидных смол [3].

Для гибридных композитов с минеральной матрицей (полимербетоны, цементно-связанные плиты) показано, что добавка измельченных элементов Tetra Pak может способствовать снижению массы и повышению ударной вязкости, а при специальной обработке (например, гамма-облучением) – увеличению прочности на сжатие за счет улучшения межфазного взаимодействия. Отдельный интерес представляют композиты «Tetra Pak – древесное или растительное сырье»: в экспериментах с комбинацией отходов упаковки и волокон бамбука показано, что оптимизация температуры, давления и времени горячего прессования позволяет получать плиты, удовлетворяющие требованиям к MDF по прочности на изгиб и внутреннему сцеплению при умеренном содержании смолы и высокой доле Tetra Pak.

Технический потенциал плит на основе отходов Tetra Pak в значительной степени определяется: стабильностью исходного сырья (однотипность упаковок, степень загрязнения); контролем фракционного состава и влажности после подготовки; возможностью поддержания воспроизводимых режимов горячего прессования; требуемым уровнем эксплуатационных свойств (механическая прочность, водостойкость, биостойкость).

На текущем уровне развития технологий наиболее реалистичными нишами применения являются: внутренние облицовочные и конструкционно-отделочные плиты, элементы упаковки и транспортной тары многократного использования, легкие перегородочные панели, акустические и теплоизоляционные элементы для сухих помещений. Расширение применения во внешних ограждающих конструкциях и средах с повышенной влажностью требует дальнейшей модернизации составов (использование гидрофобизаторов, минеральных или полимерных покрытий, модифицирующих добавок) и накопления данных по долговечности в реальных условиях эксплуатации [4, 5].

Экономическая эффективность во многом зависит от масштаба доступного сырья, развитости системы отдельного сбора, требований к качеству конечной продукции и стоимости альтернативных материалов (ДСтП, МДФ, цементно-стружечные плиты и др.). При наличии устойчивого потока отсортированных отходов Tetra Pak и интеграции переработки в существующие производственные линии по выпуску плитных материалов возможно снижения себестоимости продукции за счет дешевого вторичного сырья и эффекта «зеленого» позиционирования на рынке.

Анализ литературных источников и существующих технологических решений показывает, что отходы упаковки Tetra Pak обладают значительным потенциалом в качестве вторичного сырья для производства плитных материалов. Композитная природа исходного материала позволяет, при правильной организации процессов подготовки сырья и горячего прессования, формировать плиты с приемлемыми механическими характеристиками и функциональными свойствами без применения традиционных формальдегидсодержащих связующих.

Перспективными направлениями дальнейших исследований и разработок являются:

- оптимизация сочетания температурно-силовых режимов прессования и состава композита для различных областей применения плит;
- разработка систем поверхностной защиты и модификации, повышающих влагостойкость, биостойкость и огнестойкость материалов;
- оценка полного жизненного цикла плит на основе отходов Tetra Pak в сравнении с традиционными древесными и минеральными плитами;
- адаптация технологий переработки к условиям региональных систем обращения с отходами и локальным рынкам плитной продукции.

Комплексный учет технических, экологических и экономических факторов позволяет рассматривать использование отходов Tetra Pak в производстве плитных материалов как одно из ключевых направлений развития экономики замкнутого цикла в сфере упаковки и строительных материалов.

Список источников

1. Экологический аспект отходов упаковки Tetra Pak / Л. Г. Коляда, А. В. Кремнева, А. П. Пономарев [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 3–1. С. 33–37.
2. Tetra Pak. Recycled products from cartons : [сайт]. URL: <https://www.tetrapak.com/> (дата обращения: 05.12.2025).
3. Properties of Composite Panels Made from Tetra-Pak and Polyethylene Waste Material / P. Bekhta, P. Lyutyu, S. Hiziroglu, G. Ortynska // Journal of Polymers and the Environment. 2016. Vol. 24, № 2. P. 159–165. DOI: 10.1007/s10924-016-0758-7
4. Degradation behavior and accelerated weathering of composite boards produced from waste Tetra Pak® packaging materials / N. Yilgor, C. Köse, E. Terzi [и др.] // BioResources. 2014. Vol. 9, № 3. P. 4784–4807. DOI: 10.15376/biores.9.3.4784-4807
5. Переработка тетрапака: особенности технологии, утилизация и повторное применение : [сайт]. URL: <https://cleanbin.ru/> (дата обращения: 05.12.2025).