

Обзор современных технологий утилизации отходов строительного производства

А.В. Ищенко, Е.А. Твердохлебова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва

Аннотация: В статье анализируются современные подходы и технологии утилизации и вторичного использования строительных материалов. Рассматриваются такие виды отходов как железобетон, кирпич, стекло, древесина, пластик и др. Особое внимание уделено инновационным методам переработки с получением вторичного сырья (рециклинг). Показано, что наиболее перспективными технологиями являются дробление бетона, кирпича и железобетона для повторного использования в строительстве, переплавка металлолома, стекла и пластика, переработка древесных отходов в плиты и топливо. Отмечается недостаточный уровень применения инновационных решений в России. Предложен комплекс мер для повышения эффективности утилизации строительных отходов: внедрение передовых технологий, строительство мусороперерабатывающих заводов, принятие целевой госпрограммы, повышение экологической культуры.

Ключевые слова: отходы, строительный мусор, Россия, вторичное сырье, повторное использование, окружающая среда, вторичная переработка, захоронение, рециклинг.

Введение

Утилизация строительных отходов является важной экологической и экономической проблемой в современном мире, поскольку ежегодно в мире образуется более 2,5 миллиардов тонн строительных отходов [1, с. 3, 2, с.7]. Только в Европе, согласно исследованиям, ежегодно суммарно образуется более 200 миллионов тонн строительных отходов, в России этот показатель достигает 15-17 миллионов тонн [3, с. 100]. При этом лишь небольшая часть этих отходов перерабатывается и повторно используется.

Цель данной статьи - проанализировать современные подходы и технологии утилизации и вторичного использования строительных материалов. Также будет дана оценка эффективности каждого из рассматриваемых методов.

Актуальность темы обусловлена тем, что захоронение и сжигание строительных отходов наносит значительный экологический ущерб. Кроме

того, в условиях истощения природных ресурсов вторичное использование строительных материалов приобретает особую важность с точки зрения рационального ресурсопользования и перехода к циклической экономике.

Под отходами строительного производства принято понимать отходы, образующиеся в процессе строительства, ремонта, реконструкции и демонтажа зданий и сооружений. Основные отличия строительных отходов от других видов отходов:

- Неоднородный состав - включают разные материалы.
- Большие объемы образования за короткий срок.
- Возможность повторного использования многих компонентов.
- Требуются специальные методы сбора, транспортировки и переработки.
- Потенциальная опасность для окружающей среды при неправильном обращении.

В результате анализа источников образования и видов строительных отходов, нами была разработана их классификация по основным методам утилизации и направлениям использования вторичных материальных ресурсов. Данная классификация представлена в виде блок-схемы на рис.1.

Как видно из представленной схемы, все многообразие отходов строительства и сноса было разделено на 4 основных блоков, 3 из которых связаны с утилизацией, в том числе рециклингом, в соответствии с технологиями их переработки и дальнейшего применения:

1. Дробление и повторное использование в строительстве.
2. Термическая переработка с получением вторичного сырья.
3. Вторичная переработка
4. Захоронение на полигонах отходов.

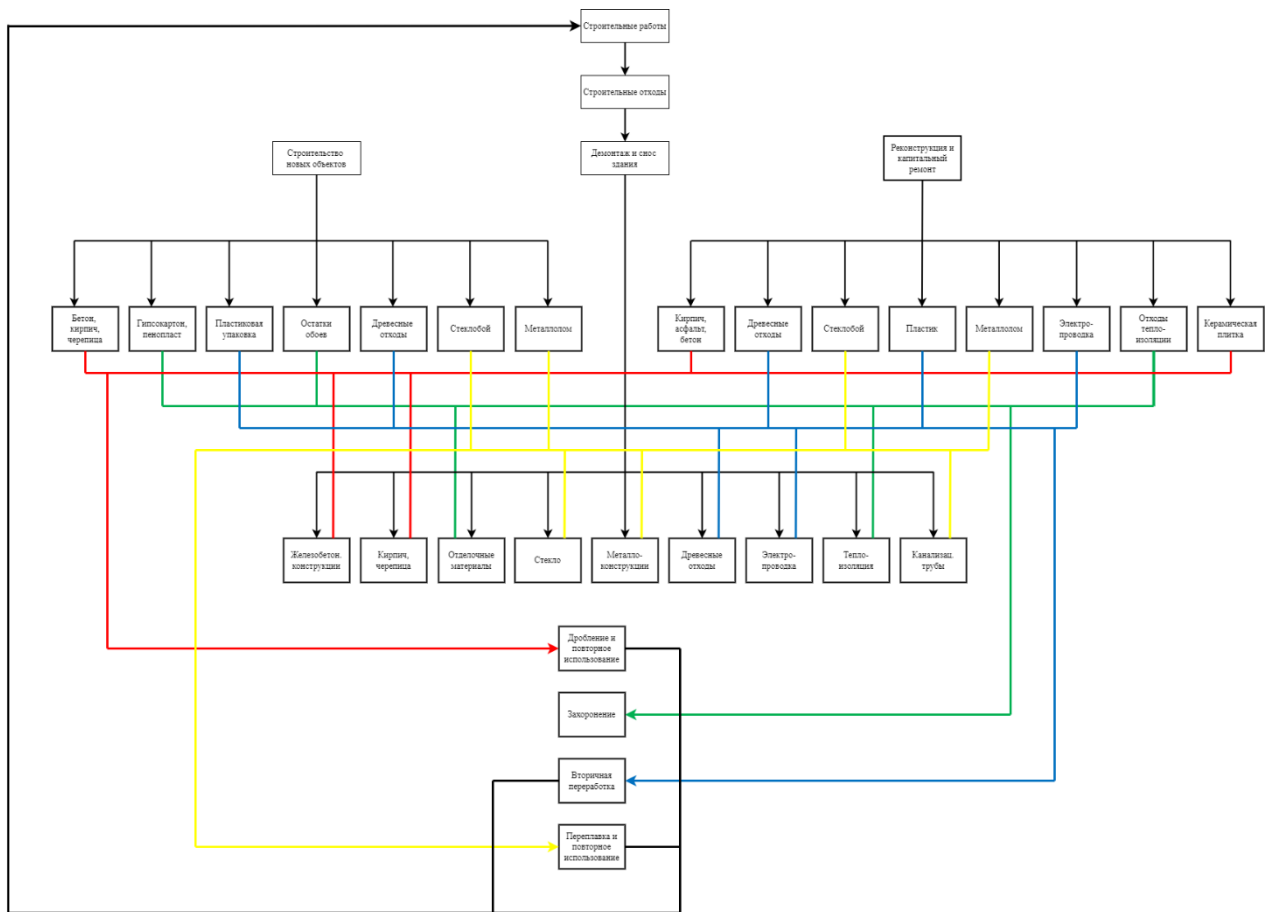


Рис. 1. Блок-схема классификации строительных отходов по методам утилизации

Данное структурирование позволяет выявить наиболее перспективные с точки зрения устойчивого развития методы обращения с отходами, минимизирующие негативное воздействие на окружающую среду.

Железобетонные конструкции являются одними из наиболее распространенных видов строительных отходов. Они состоят из двух основных компонентов – бетона и стальной арматуры. Железобетон находит широчайшее применение при возведении промышленных и гражданских объектов благодаря высокой прочности и долговечности.

Отходы железобетона образуются в процессе сноса, демонтажа и разборки зданий, достигших конца срока эксплуатации или признанных аварийными. К ним относятся фундаментные блоки, плиты перекрытий, опоры, колонны и другие конструктивные элементы, подлежащие списанию. Согласно данным ряда исследований, на долю железобетонного лома приходится до 50-70% массы всех отходов, образующихся при сносе старых построек [4].

На сегодняшний день существует два основных метода утилизации железобетонных отходов:

1. Захоронение на отведенных полигонах;
2. Совместное измельчение и последующее использование в качестве заполнителя в дорожном строительстве и производстве бетонных смесей [5, 6].

Практика показывает, что второй метод является экономически более эффективным и экологически предпочтительным, поскольку позволяет максимально переработать образующийся строительный мусор с получением ценного ресурса для нужд гражданского строительства. В свою очередь, первый метод, как показывают исследования, приводит к серьезным экологическим проблемам ввиду образования несанкционированных свалок [4].

Так называемый "бетонный лом" после дробления и сортировки находит широкое применение в качестве заполнителя в новых бетонных смесях, асфальтобетоне, а также отсыпке временных и грунтовых дорог, что, в свою очередь, согласно исследованиям, сокращает объемы завозимых заполнителей для бетона на 15-30% [7, с. 16].

Утилизация отходов кирпича и черепицы, как и железобетонных конструкций, также осуществляется посредством дробления с последующим повторным применением в качестве строительного материала.

Процесс включает следующие этапы:

1. Сбор и накопление отходов кирпича, черепицы и керамики от разных объектов.
2. Удаление примесей и загрязнений (раствор, строительный мусор) для получения однородной фракции.
3. Дробление специализированным оборудованием до фракций заданного размера (5-20 мм).
4. Рассев полученного щебня на требуемые фракции с отбраковкой.
5. Контроль качества и возможное обогащение полученного заполнителя.
6. Реализация щебня из дробленого кирпича и черепицы для нужд строительства.

После дробления и сортировки образующийся щебень используется в качестве заполнителя для изготовления строительных смесей и растворов с улучшенными физико-механическими свойствами. Наиболее распространены следующие виды композитов на основе вторичного керамзита [8]:

- Теплоизоляционные легкие бетоны пониженной плотности (до 1500 кг/м³). Применяются для заливки полов, кровель, утепления фундаментов.
-

- Кладочные клеевые смеси. Используются как альтернатива традиционным цементно-песчаным растворам, отличаются повышенной адгезией и морозостойкостью.

- Штукатурные смеси с улучшенными теплоизоляционными характеристиками. Предназначены для высококачественной внутренней и наружной отделки зданий.

Подобная технология переработки позволяет возвращать отходы обратно в хозяйственный оборот в качестве альтернативы натуральному сырью.

Еще одним перспективным направлением утилизации является переработка таких компонентов строительного мусора как стеклобой, металлолом и отслужившие свой срок канализационные трубы.

Данные отходы объединяет возможность их повторного использования после переплавки:

- Стекланный бой может направляться на стекольные заводы, где из него производят новую стеклотару, а также стекловолокно и пеностекло. При 100% использовании вторичного стекла экономия энергии составляет до 25% [9].

- Металлический лом (арматура, профлист, трубы и пр.) является ценным сырьем для металлургической переработки в мартеновских или электропечах. Из вторичного металла производят арматуру, прокат и оцинкованный металлопрокат.

- Изношенные стальные и чугунные трубы после переплавки также могут использоваться для новых коммуникационных систем.

Такой подход к утилизации позволяет реализовать замкнутый цикл использования материалов, при этом экономится до 90% энергии по сравнению с производством из сырья.

Не менее значительную долю в общей массе строительного мусора составляют древесные отходы. Они образуются при возведении деревянных строений, а также в результате разборки, демонтажа и сноса существующих построек с деревянными конструкциями.

К древесным отходам относятся:

- обрезки и горбыль при распиловке бревен и брусьев;
- щепа от механической обработки лесоматериалов;
- некондиционная доска, брусок и прочий пиломатериал;
- деревянная тара, поддоны и упаковочные материалы;
- конструктивные элементы из дерева при разборке и сносе зданий (балки, лаги, стропила и т.д).

Древесные отходы являются ценным вторичным сырьевым ресурсом благодаря возобновляемости древесины как природного материала. Их утилизация может осуществляться следующими способами:

1. Измельчение в щепу для производства древесно-стружечных и древесно-волокнистых плит.
2. Производство топливных гранул и брикетов (пеллет).
3. Пиролиз с получением древесного угля и других химических продуктов.
4. Компостирование с целью получения органических удобрений.

Как видно, первые три способа представляют собой рециклинг, четвертый – полезное захоронение, или биоконверсию. В отечественной практике компостирование применяется достаточно редко – примерно в 20% случаев на лесопроизводстве [10]. В исключительных случаях (примерно 2-3%) древесные отходы в виде золы применяются в качестве замены цемента в дорожно-строительной отрасли, однако в России данный метод также не распространен [11]. Наиболее эффективным методом утилизации древесных отходов принято считать их вторичную переработку или рециклинг.

Процесс заключается в следующем:

1. Сбор и сортировка отходов по породам древесины и размерам для обеспечения однородности сырья.

2. Измельчение в щепу специальным дробильно-измельчительным оборудованием. Получаемая древесная щепа просеивается на фракции.

3. Переработка щепы в зависимости от назначения конечной продукции:

- Производство древесно-стружечных (ДСП) и древесно-волоконистых плит (ДВП)

- Изготовление топливных гранул (пеллет) и брикетов, объем производства которых ежегодно достигает более 2 млн. тонн [12, с. 37].

- Пиролиз для получения древесного угля, смолы и метанола

Преимуществами рециклинга древесины являются:

- Сокращение объёмов захоронения отходов

- Экономия лесных ресурсов

- Снижение углеродного следа за счёт замещения невозобновляемых материалов

- Коммерческая эффективность за счёт выпуска востребованной на рынке продукции из древесного сырья.

Таким образом, переработка является наиболее рациональным подходом к утилизации древесных отходов с экологической и экономической точек зрения.

Особую проблему представляют пластиковые отходы. На долю пластика приходится до 20% от объема всего строительного мусора [13]. Это в первую очередь отходы упаковочных материалов (пленка, пакеты, коробки), отслужившие элементы отделки (плинтуса, наличники), полимерные трубы и изоляция кабелей.

Сжигание и захоронение пластиковых отходов наносит колоссальный вред окружающей среде. По данным ООН, ежегодно на свалки попадает более 30 млн тонн пластика, что сопоставимо с объемом выбросов CO₂ от угольных электростанций такой страны, как Испания. При этом время разложения пластиковых изделий доходит до 500 лет.

Альтернативой захоронению служит вторичная переработка пластика или рециклинг. Она включает сортировку по видам полимеров, измельчение, выплавку гранул и производство новых изделий из вторичного сырья. Это позволяет многократно использовать материалы при значительной экономии первичных пластмасс, в том числе в строительной отрасли. Также пластиковые отходы, что применяется значительно реже, добавляют в асфальтные смеси, однако долей не более 5% [14].

В свою очередь, такие виды отходов как гипсокартон, пенопласт, остатки минеральной и пенополистирольной теплоизоляции, как правило, не подлежат повторному использованию и утилизируются путем захоронения на полигонах.

Это обусловлено их малой перерабатываемостью в силу особенностей материалов:

- Гипс не поддаётся плавлению, а разлагается только при температуре выше 1000°C, что делает его термическую утилизацию экономически нецелесообразной.
- Пенопласт относится к термореактивным пластмассам и не способен к повторной переплавке без значительной деструкции и потери свойств.
- Минеральная вата и другие волокнистые утеплители теряют теплоизоляционные качества при переработке.

Поэтому захоронение таких отходов в специально оборудованных котлованах является наиболее целесообразной формой их удаления на сегодняшний день.

Проведенный анализ показал, что на сегодняшний день существует достаточно широкий спектр технологий утилизации и вторичной переработки различных видов строительных отходов. Наиболее перспективными с экологической и экономической точек зрения являются методы, основанные на принципах ресурсосбережения и рециклинга.

Однако несмотря на имеющийся потенциал, уровень использования инновационных технологий утилизации строительных отходов в России остается невысоким. Для повышения эффективности обращения с отходами строительства в России необходим комплекс мер, включающий:

- Внедрение инновационных технологий демонтажа зданий с максимальным извлечением вторичного сырья;
- Строительство современных мусороперерабатывающих заводов по образцу европейских стран;
- Принятие целевой государственной программы по утилизации строительных отходов;
- Повышение экологической культуры в строительной отрасли и обществе в целом.

Реализация подобных мер позволит существенно увеличить объемы повторного использования строительных материалов в России и сократить негативное воздействие отходов на окружающую среду.

Литература

1. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2016. Т. 3, № 2. С. 3. URL: <resources.today/PDF/02RRO216.pdf>.
2. Laefer, Debra F., and Manke, Jonathan P. Building Reuse Assessment for Sustainable Urban Reconstruction. 2008. p.7.
3. Гридчин А.М., Загороднюк Л.Х., Ерофеев В.Т. [и др.] Проблемы переработки отходов строительного комплекса // Научные технологии и

инновации: Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 100-105.

4. Головин Н.Г., Алимов Л.А., Воронин В.В. Проблема утилизации железобетона и поиск эффективных путей ее решения // Вестник МГСУ. 2011. №2-1. URL: cyberleninka.ru/article/n/problema-utilizatsii-zhelezobetona-i-poisk-effektivnyh-putey-ee-resheniya-1.

5. Коровкин М.О., Шестернин А.И., Ерошкина Н.А. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090.

6. Hoffmann, Cathleen and Gsell, Sandy and Leemann, Andreas and Motavalli, Masoud. Recycled concrete and mixed rubble as aggregates: Influence of variations in composition on the concrete properties and their use as structural material. 2012. pp. 701–709.

7. Ефименко А.З. Бетонные отходы – сырье для производства эффективных строительных материалов // Материалы. Технологии бетонов. 2014. №2. С.17-21.

8. Батдалов М.М., Хадисов В.Х. Использование кирпичного боя для производства строительных композитов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2011. № 4(23). URL: cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kirpichnogo-boya-dlya-proizvodstva-stroitelnyh-kompozitov/viewer.

9. Шелковникова Т.И., Баранов Е.В. Черкасов С.В., Пряженцева Е.А. Проблемы и перспективы сбора и переработки боя стекла, и применение изделий на его основе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 15-22.

10. Мокрушина Н.С., Тарасова Т.С., Дармов И.В. Биоконверсия древесных отходов методом компостирования с получением органического

удобрения // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. №1-1. С.228-232.

11. Сабуров Е.С., Макаревич К.С., Карпушко М.О. Применение древесной золы в качестве частичной замены цемента в дорожно-строительной отрасли // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2021. №Т. 1. С. 201-204.

12. Мамматов, В. О., Бескровная В.А. Утилизация древесных отходов как элемент Российской энергетической политики // Экономические и управленческие технологии XXI века: теория и практика, подготовка специалистов: Материалы Всероссийской методической и научно-практической конференции. 2022. С. 35-39.

13. Алиев З.А., Забоев И.А. Вторичное использование пластиковых отходов в строительстве // Новые технологии - нефтегазовому региону: Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 11-13.

14. Виноградова Е.В., Мурзина О.Г., Тангиев А.М. Перспективы использования пластиковых отходов в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2020. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2020/6627.

References

1. Olejnik S.P. Internet-zhurnal «Othody i resursy». 2016. Т. 3, № 2. p. 3. URL: resources.today/PDF/02RRO216.pdf.

2. Laefer, Debra F., and Manke, Jonathan P. Building Reuse Assessment for Sustainable Urban Reconstruction. 2008. p.7.

3. Gridchin A.M., Zagorodnyuk L.H., Erofeev V.T. [i dr.]. Naukoemkie tekhnologii i innovacii: Elektronnyj sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2019. pp. 100-105.



4. Golovin N.G., Alimov L.A., Voronin V.V. Vestnik MGSU. 2011. №2-1. URL: cyberleninka.ru/article/n/problema-utilizatsii-zhelezobetona-i-poisk-effektivnyh-putey-ee-resheniya-1.
5. Korovkin M.O., SHesternin A.I., Eroshkina N.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090.
6. Hoffmann, Cathleen and Gsell, Sandy and Leemann, Andreas and Motavalli, Masoud. Recycled concrete and mixed rubble as aggregates: Influence of variations in composition on the concrete properties and their use as structural material. 2012. pp. 701–709.
7. Efimenko A.Z. Materialy. Tekhnologii betonov. 2014. №2. pp.17-21.
8. Batdalov M.M., Hadisov V.H. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2011. № 4(23). URL: cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kirpichnogo-boya-dlya-proizvodstva-stroitelnyh-kompozitov/viewer.
9. SHelkovnikova T.I., Baranov E.V., CHerkasov S.V. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova. 2019. № 9. pp. 15-22.
10. Mokrushina N.S., Tarasova T.S., Darmov I.V. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2009. №1-1. pp.228-232.
11. Saburov E.S., Makarevich K.S., Karpushko M.O. Modernizaciya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse. 2021. №Т. 1. pp. 201-204.
12. Mammatov, V. O., Beskrovnaya V.A. Ekonomicheskie i upravlencheskie tekhnologii XXI veka: teoriya i praktika, podgotovka specialistov: Materialy Vserossijskoj metodicheskoy i nauchno-prakticheskoy konferencii. 2022. pp. 35-39.
13. Aliev Z.A., Zaboev I.A. Novye tekhnologii - neftegazovomu regionu: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. pp. 11-13.
14. Vinogradova E.V., Murzina O.G., Tangiev A.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2020/6627.

Дата поступления: 5.02.2024

Дата публикации: 16.03.2024
