

УДК 504.064.45; 67.08

А. А. ШЕЙХ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ГРАНИЦАХ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

Аннотация. В работе установлено, что применение строительных отходов наиболее эффективно следует производить на месте демонтажных работ, реализуя процесс посредством технологии, включающей их сортировку, измельчение, подготовку, приготовление и использование. Предложена схема обращения со строительными отходами на строительной площадке и показана привносимая дополнительная нагрузка на атмосферный воздух, в результате реализуемой деятельности. На основании календарного графика выполнения строительных работ, с учетом экологической безопасности, определена стадия, на которой необходимо выполнять рециклинг отходов с последующим включением в процесс возведения нового здания. Определена оптимальная фракция использования строительных отходов в качестве вторичных материальных ресурсов. Предложен методический подход к определению общего экономического и экологического эффекта при переработке строительных отходов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, строительство, загрязнение окружающей среды, отходы строительства, этапы переработки, вторичное сырье, эколого-экономический эффект.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время в мире наблюдается тенденция активного возведения жилых зданий с каждым годом увеличивающейся этажности, и как следствие, расширения вместимости городов. Поскольку чаще всего возведению нового объекта предшествует демонтаж существующего морально или физически устаревшего жилого объекта, то на его месте образуется огромное количество крупнотоннажных отходов. В настоящее время на территории ДНР и РФ подвергается переработке только лишь 20 % отходов строительства и демонтажа зданий [1]. Остальные отходы складываются на полигонах, что является не только расточительным расходом невозобновляемых материальных ресурсов, но и загрязнением ими компонентов природной среды – атмосферного воздуха, водных объектов и почвенного покрова. Для решения сложившейся проблемы необходим поиск наиболее целесообразных направлений использования отходов с учетом экологической безопасности, а также получение экономической выгоды при вовлечении образовавшихся отходов в технологический процесс возведения зданий.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проведенный анализ данных [1, 2] показал, что: в законодательной базе ДНР нет четкой регламентации системы переработки отходов с последующим их использованием; в регионе отсутствует четкое понимание необходимости внедрения рециклинга отходов строительства и сноса. В работе [3] проанализированы 20 проектов возведения жилых зданий различной этажности: от 3 до 26 этажей; установлено, что при строительстве зданий наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферный воздух при работе спецтехники и выполнении земляных работ на нулевом цикле возведения зданий. В работе [4] установлены основные факторы, влияющие на величину воздействия строительного процесса на атмосферный воздух; изучено изменение величины эмиссии загрязняющих веществ с учетом календарного графика выполнения строительных работ.

© А. А. Шейх, 2020

ЦЕЛЬ

Обоснование целесообразности использования отходов строительства и демонтажа зданий непосредственно на месте их образования с учетом получения экологического и экономического эффектов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Строительные отходы, образующиеся в процессе демонтажа зданий, по своей природе являются ценным вторичным материальным ресурсом, который возможно вовлечь в технологический процесс нового строительства. Реализация данного вопроса позволит решить эколого-экономические проблемы, связанные с образованием и складированием огромных объемов крупнотоннажных отходов, возникших на территории нашего региона. Переработка строительных отходов для нашего региона является малоизученным новым направлением, поскольку наблюдается отсутствие организаций, занимающихся непосредственно рециклингом отходов строительства и сноса зданий. Поскольку система правового регулирования ориентирована только лишь на управление обращения с отходами демонтажа и сноса зданий как одним из видов загрязнения окружающей среды, что исключает их переработку. Подготовка к использованию строительных отходов в качестве вторичного ресурса, вторичного материала-заполнителя может быть реализована двумя способами, представленными на рисунке 1.

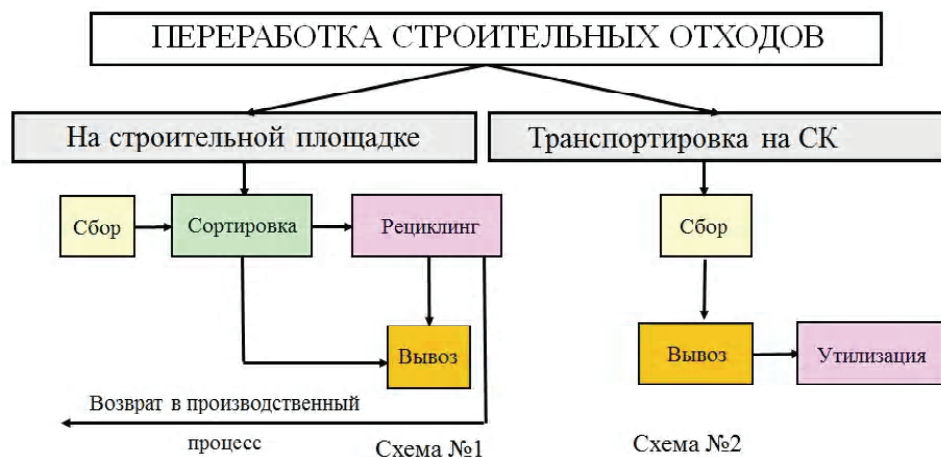


Рисунок 1 – Схемы переработки строительных отходов.

С учетом экологической безопасности наиболее оптимальным способом является переработка отходов на месте их образования (рис. 1). В результате на стройплощадке образуется замкнутый цикл, который начинается стадией демонтажа здания и заканчивается стадией переработки отходов с получением вторичных материалов. Главным достоинством схемы является отсутствие стадии транспортировки отходов самосвалами за пределы территории объекта.

Для переработки строительных отходов на строительной площадке используется, как правило, технологическое оборудование по демонтажу, измельчению и фракционированию [5, 6]. На рисунке 2 представлены основные этапы переработки отходов непосредственно на стройплощадке и показана привносимая дополнительная нагрузка на атмосферный воздух в результате реализуемой деятельности.

При реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду первым этапом обращения с ними является их сбор. Техническим средством, используемым на прилегающей территории, как правило, является экскаватор-погрузчик. С целью обеспечения экологической безопасности оптимальная схема транспортных операций представляет собой минимальное перемещение грузов в рамках земельного участка объекта восстановления. В связи с этим этапы обращения должны быть произведены в непосредственной близости к участкам использования. Вторым этапом обращения со строительными отходами служит их транспортирование внутри строительной площадки объекта. Третий этап процесса подразумевает сортировку строительных отходов.

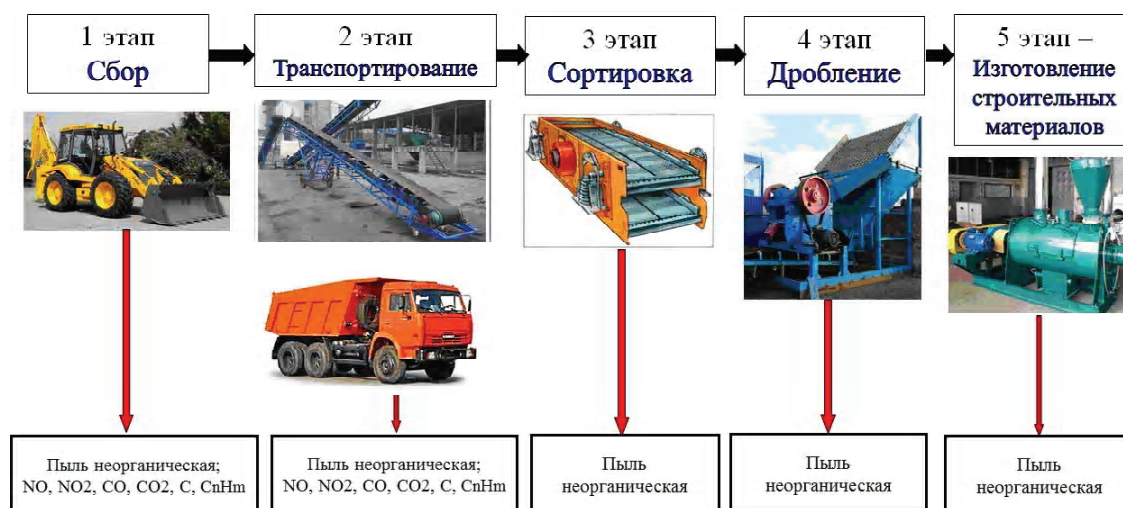


Рисунок 2 – Этапы обращения со строительными отходами на стройплощадке.

Данная операция предназначена для выделения необходимой фракции, готовой для приготовления изделия или материала, не нуждающегося в измельчении. Четвертый этап подразумевает дробление. Пятый этап – приготовление строительных материалов, а заключительным этапом является использование изготовленных изделий и материалов.

Рециклинг строительных отходов – это самый перспективный способ использования отходов, который имеет ряд преимуществ, но нельзя забывать, о том, что в первую очередь технологии переработки должны быть экологически безопасными. Поэтому с учетом экологической безопасности нужно четко понимать, на каком именно условном периоде процесса возведения нового здания необходимо производить переработку отходов с последующим включением в цикл строительства, чтобы данное воздействие минимально повлияло на загрязнение атмосферного воздуха в границах проведения строительных работ, т. е. необходимо учитывать календарный график строительства.

В связи с возможным негативным влиянием объектов нового строительства и работ по сносу имеющихся зданий на состояние атмосферного воздуха в зоне жилой застройки, их необходимо оценивать, как временный источник загрязнения. Важным этапом с учетом обеспечения экологической безопасности зданий в течение всего жизненного цикла следует рассматривать стадию проектирования, на которой должен быть выполнен всесторонний анализ проектных решений и выбран оптимальный вариант, отвечающий требованиям экологической безопасности.

В ранее проведенных исследованиях [3] были определены максимально разовые и валовые значения загрязняющих веществ, которые поступают в атмосферный воздух при проведении строительных операций при возведении зданий на строительной площадке. Полученные расчетным путем величины мощности выбросов вредных веществ, сопоставленные с календарным планом производства выполнения строительных работ, позволили определить наиболее опасный период строительства с учетом воздействия на окружающую среду. Как следует из полученных данных, максимальная величина эмиссии поллютантов в ходе строительных работ приходится на промежуток времени с 50-го по 70-й день, на котором происходит выполнение работ нулевого цикла [4]. На основании полученных данных можно сделать вывод, что с учетом экологической безопасности переработку строительных отходов и вовлечение их в цикл строительства необходимо выполнять непосредственно до полученного опасного периода, т. е. до 50-го дня возведения здания.

Для обоснования эффективности и целесообразности переработки отходов на стройплощадке был также проведен анализ данных [7], который позволил сделать вывод о том, что отходы демонтажа зданий широко используются в качестве вторичного сырья в изготовлении бетона. Строительные отходы возможно разбить на три типа: каменные, железобетонные и деревянные. В таблицах 1 и 2 приведены стандарты, предъявляемые к качеству конструкций на вторичном заполнителе из бетонного лома.

При приготовлении бетона с использованием вторичного щебня наблюдается экономический эффект. Поскольку на первичном щебне стоимость 1 тонны приготовленного бетона составила 1 149,97 руб., а на вторичном – 1 033,91 руб., что на 12 % меньше.

Таблица 1 – Физико-механические свойства вторичных бетонов

Наименование показателей	Значение показателей	
	На природном заполнителе	Из продуктов дробления бетонных обломков
Расход цемента, кг/м ³	370	411
Водоцементное отношение, В/Ц	0,43	0,45
Плотность, кг/м ³	2344	2267
Прочность при сжатии в 28 сут., МПа	53,4	57,1
Пиковые деформации, %	1,9	3,2
Модуль упругости, МПа	37 400	30 800

Таблица 2 – Использование вторичных бетонов

Вид заполнителя	Область применения	Марка по прочности, МПа	
		Проектная	Фактическая
Песок + щебень из продуктов дробления отходов бетона	Здания высотой до пяти этажей, конструкции фундаментов производственных объектов	18	30
Песок + песок из продуктов дробления отходов бетона + щебень из продуктов дробления отходов бетона	Фундаментальные блоки, гаражи, неподвижные части машин и механизмов, легкие подсобные помещения	15	27
Песок из продуктов дробления отходов бетона + щебень из продуктов дробления отходов бетона	Фундаменты под легкие конструкции (ворота, забор и т. д.)	12	24

Анализ проведенных исследований [6, 8] показал, что существует широкий спектр применения отходов строительства в качестве вторичных материальных ресурсов, себестоимость которых ниже себестоимости первичных материалов. Стоит также отметить, что использование строительных отходов является ресурсосберегающим фактором, уменьшает загрязнение всех компонентов окружающей среды, что сохраняет невозполнимые источники природных ресурсов. Энергозатраты при добыче природного щебня в 8 раз выше, чем при получении щебня из бетона, а себестоимость бетона, изготавливаемого на вторичном щебне, снижается на 25 %. Проведенные нами исследования позволили сделать вывод, что наиболее целесообразно использовать отходы, имеющие размер фракций – 20 мм.

Вопрос об экологической целесообразности размещения технологического оборудования этапа рециклинга в границах санитарно-защитной зоны строительства необходимо изучать для каждого конкретного случая отдельно с учетом всех факторов. И в первую очередь сопоставить величину экологического ущерба при транспортировке отходов к месту переработки, а также величину экологического ущерба при переработке отходов непосредственно на строительной площадке.

В работе предложен методический подход по определению общего экономического и экологического эффекта при переработке строительных отходов [9]. Эколого-экономический эффект заключается в обеспечении отрасли возвратными материалами, уменьшении объемов транспортировки отходов, и как следствие – уменьшение затрат. В качестве методического подхода для определения эколого-экономических выгод от утилизации отходов строительства и сноса предлагается использовать принцип «загрязнитель платит» с применением базовых нормативов платы за размещение отходов. В таблице 3 приведены результаты расчета эффекта от утилизации отходов строительства и сноса.

Кроме того, в работе уточнены методические подходы по оценке ущерба городской среде в связи с экологическими нарушениями [8]. Установлено, что сложившаяся практика захоронения отходов строительства и сноса наносит существенный ущерб окружающей среде и населению. Величина предотвращенного ущерба в виде экономического эффекта от загрязнения окружающей среды отходами должна определяться как разность между расчетными величинами ущерба, который имел место до и после

Таблица 3 – Образование отходов строительства и сноса за 1 год и экономический эффект, полученный от их утилизации (усредненные данные)

№ п/п	Виды отходов	Масса образовавшихся отходов за год, т	Цена за переработку отходов, руб.	Эффект, руб.
1	Отходы бетона и железобетона	1 904 912,6	50	95 245 630
2	Бой кирпича	630 215,2	50	31 510 760
3	Отходы гидроизоляции	3 225,2	50	161 260
Итого		2 538 353		126 917 650

использования конкретного вида вторсырья в производстве продукции, а также включать предотвращенный ущерб, наносимый этим видом вторичного сырья окружающей среде в условиях, если бы он не использовался.

ВЫВОДЫ

В ходе проведения исследования предложена схема обращения со строительными отходами на строительной площадке и показана привносимая дополнительная нагрузка на атмосферный воздух в результате реализуемой деятельности; определена оптимальная фракция использования строительных отходов в качестве вторичных материальных ресурсов; обоснована целесообразность использования отходов строительства и демонтажа зданий непосредственно на месте их образования с учетом получения экологического и экономического эффектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе ДНР [Электронный ресурс]. – Официальный сайт. – Режим доступа : <http://gkesopoldnr.ru>.
2. Кравцова, М. В. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим вовлечением их во вторичный оборот [Текст] / М. В. Кравцова, А. В. Васильев, А. В. Кравцов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – № 4. – С. 804–809.
3. Башевая, Т. С. Анализ уровня воздействия строительного производства в границах строительных площадок [Электронный ресурс] / Т. С. Башевая, А. А. Шейх // Вестник Донбасской академии строительства и архитектуры. – 2019. – Вып. 2019-5(139). – С. 67–70. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-5\(139\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-5(139).pdf).
4. Башевая, Т. С. Определение величины эмиссии загрязняющих веществ и установление опасного расстояния для строящихся объектов с различными конструктивными особенностями [Текст] / Т. С. Башевая, А. А. Шейх // Научно-практический журнал «Строитель Донбасса». – 2020. – № 2(11). – С. 20–26.
5. Weisheng, Lu. A framework for understanding waste management studies in construction / Weisheng Lu, Hongping Yuan // Waste Management, 2011. – V. 31, N. 6. – P. 1252–1260.
6. Губанов, Л. Н. Переработка, утилизация и рациональное использование строительных отходов [Текст] / Л. Н. Губанов, В. И. Зверева, А. Ю. Зверева // Приволжский научный журнал. – 2013. – № 2(26). – С. 94–98.
7. Арсентьева, В. А. Современные технологические линии для строительного рециклинга [Текст] / В. А. Арсентьева, Д. Д. Добромислов, В. З. Мармандян // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 62–66.
8. Лунев, Г. Г. Анализ экономической эффективности цикла переработки вторичных строительных ресурсов [Текст] / Г. Г. Лунев // Вестник ЮРГТУ. – 2014. – № 1. – С. 127–137.
9. Янев, Г. А. Эколого-экономические аспекты переработки отходов строительства и сноса [Текст] / Г. А. Янев // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2004. – № 8. – С. 328–229.

Получена 14.09.2020

О. О. ШЕЙХ

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА
ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ У МЕЖАХ БУДІВЕЛЬНОГО
МАЙДАНЧИКА

ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У роботі встановлено, що застосування будівельних відходів найбільш ефективно слід проводити на місці демонтажних робіт, реалізуючи процес за допомогою технології, що включає їх сортування, подрібнення, підготовку, приготування і використання. Запропоновано схему поводження з

будівельними відходами на будівельному майданчику і показано привносне додаткове навантаження на атмосферне повітря в результаті реалізованої діяльності. На підставі календарного графіка виконання будівельних робіт, з урахуванням екологічної безпеки, визначена стадія, на якій необхідно виконувати рециклінг відходів з подальшим включенням в процес зведення нової будівлі. Визначено оптимальну фракцію використання будівельних відходів як вторинних матеріальних ресурсів. Запропоновано методичний підхід до визначення загального економічного та екологічного ефекту при переробці будівельних відходів.

Ключові слова: екологічна безпека, будівництво, забруднення навколишнього середовища, відходи будівництва, етапи переробки, вторинна сировина, еколого-економічний ефект.

ALEXANDRA SHEIKH
ECOLOGICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE EFFICIENCY AND
EXPEDIENCY OF WASTE PROCESSING WITHIN THE BOUNDARIES OF THE
CONSTRUCTION SITE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It is established that the use of construction waste should be carried out most effectively at the site of dismantling works, implementing the process through technology that includes sorting, grinding, preparation, preparation and use. The scheme of construction waste management at the construction site is proposed and the additional load on the atmospheric air is shown as a result of the implemented activity. Based on the calendar schedule of construction works, from the point of view of environmental safety, the stage at which it is necessary to perform waste recycling with subsequent inclusion in the process of constructing a new building is determined. The optimal fraction of the use of construction waste as secondary material resources is determined. A methodological approach to determining the overall economic and environmental impact of construction waste processing is proposed.

Keywords: environmental safety, construction, environmental pollution, construction waste, processing stages, secondary raw materials, environmental and economic effect.

Шейх Александра Александровна – ассистент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение экологической безопасности в строительстве; оценка уровня воздействия на атмосферный воздух процесса возведения зданий.

Шейх Олександра Олександрівна – асистент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення екологічної безпеки в будівництві; оцінка рівня впливу на атмосферне повітря процесу зведення будівель.

Sheikh Alexandra – Assistant, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of environmental safety in construction; assessment of the level of impact on the atmospheric air of the process of construction of buildings.