

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 691

Научная статья

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-1-48-56>

Строительные отходы с позиции теории устойчивости дисперсных систем

О.Н. Парамонова ✉, Н.В. Юдина 

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ paramonova_oh@mail.ru



EDN: PGLYRK

Аннотация

Введение. Ежегодно растущие масштабы строительства зданий и сооружений в крупных городах приводят к образованию и накоплению значительного количества широкого номенклатурного ряда строительных отходов различного агрегатного состояния. При этом каждый вид отходов характеризуется определенным набором параметров свойств, определяющим в дальнейшем возможность его вторичного использования, что ставит перед обществом актуальные задачи не только в сфере снижения загрязнения окружающей среды, но и размещения, а в лучшем случае, переработки отходов.

Для решения обозначенных задач крайне важными данными об отходах должны служить характеристики их свойств, определяющие поведение строительных отходов в окружающей среде.

Исследования отечественных и зарубежных ученых в сфере решения проблем утилизации строительных отходов практически не рассматривают особенности их поведения в окружающей среде, а также недостаточно раскрывают взаимосвязь характерных особенностей компонентов отходов с характеристиками окружающей среды и не в полной мере учитывают граничные условия, относящиеся к этой взаимосвязи.

Именно поэтому авторами статьи предлагаются результаты исследований, посвященных классификации характерных особенностей строительных отходов по группам параметров их свойств с позиции теории устойчивости дисперсных систем. При этом параметры свойств строительных отходов рассматриваются для дисперсной фазы и дисперсионной среды, а в качестве основного классификационного признака выбрана физическая сущность процессов и явлений, наблюдаемых в строительных отходах.

Таким образом, целью исследования является анализ и систематизация свойств строительных отходов, базирующиеся на теории устойчивости дисперсных систем, с точки зрения расширения сферы их повторного применения в различных отраслях хозяйственной деятельности.

Материалы и методы. Объектом исследования выбраны строительные отходы, образующиеся в результате осуществления технологических процессов на предприятиях строительной индустрии. Строительные отходы и их свойства показаны с точки зрения теории устойчивости дисперсных систем. Распределение параметров свойств строительных отходов проведено на основе физических процессов и явлений, которые характерны для того или иного вида отхода. Свойства строительных отходов и параметры, описывающие их, представлены в комплексе для дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований систематизированы обобщенные параметры свойств строительных отходов на основе применения теории устойчивости дисперсных систем с точки зрения расширения области их повторного применения в хозяйственной деятельности и, тем самым, снижения загрязнения окружающей среды.

Обсуждение и заключение. Предложенная систематизация характеристик строительных отходов позволит:

- изменять их поведение в окружающей среде с целью снижения загрязнения среды и выделения компонентов отходов из нее для их дальнейшего применения в хозяйственной деятельности с предшествующей этому подготовкой по необходимым результирующим параметрам свойств;
- снижать устойчивость отходов, т. е. способность отхода сопротивляться внешним воздействиям, и за счет этого также обеспечивать уменьшение загрязнения окружающей среды на заключительном этапе их жизненного цикла.

Ключевые слова: строительство, строительные отходы, свойства строительных отходов, вторичное использование строительных отходов, жизненный цикл

Для цитирования. Парамонова О.Н., Юдина Н.В. Строительные отходы как вторичные материальные ресурсы с позиции теории устойчивости дисперсных систем. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2024;3(1):48–56. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-1-48-56>

Research article

Construction Waste from Perspective of the Disperse Systems Stabilisation Theory

Oksana N. Paramonova  , Natalya V. Yydina 

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 paramonova_oh@mail.ru

Abstract

Introduction. Every year, the scale of construction of buildings and structures in the large cities increases, thus leading to generation and accumulation of a considerable amount of a wide range of different sort of construction waste in various aggregate states. At the same time, each type of waste is characterised by a certain set of properties with the parameters that determine the possibility of its future reuse, therefore there arise the urgent problems to be solved by society not only concerning the reduction of the environmental pollution, but also disposal, and at best recycling the waste.

The data on the specifications of the construction waste properties, which determine its behaviour in the environment, is extremely important for solving these problems.

In the works of the native and foreign scientists on solving the construction waste management problems, the features of its behaviour in the environment were hardly ever studied, nor was the relationship between the distinctive features of its components and the environment characteristics enough revealed, and the boundary conditions referring to this relationship were not fully taken into account.

That is why the authors present the results of the research on the classification of the distinctive features of the construction waste by grouping the parameters of their properties based on the theory of disperse systems stabilisation. Besides, the parameters of the construction waste properties have been investigated both for the dispersed phase and the dispersion medium, whereas the physical entity of the processes and phenomena observed in the construction waste has been chosen as the main classification criteria.

Thus, the research aims to analyse and systematise the construction waste properties, based on the theory of disperse systems stabilisation in terms of extending the scope of the waste reuse in various sectors of economy.

Materials and Methods. The object of the study is the construction waste generated in a result of the technological processes at the enterprises of the construction industry. Construction waste and its properties are investigated from perspective of the theory of disperse systems stabilisation. The classification of the parameters of the construction waste properties is carried out on the basis of the physical processes and phenomena that are characteristic for a particular type of waste. The construction waste properties and the parameters describing them are presented both for the dispersed phase and the dispersion medium.

Results. As a result of the conducted research, the generalised parameters of the construction waste properties have been systematised based on the theory of disperse systems stabilisation in terms of extending the scope of the waste reuse in the business activities that leads to reducing the environmental pollution.

Discussion and Conclusions. The proposed classification of the construction waste parameters will make it possible:

- to change the behaviour of the waste in the environment aiming to reduce the environmental pollution and to extract the waste components from the environment for their further reuse in the business activity after pre-treatment resulting in the necessary property parameters;
- to decrease waste stability, i.e. its ability to resist the external impacts, and thereby also ensure the reduction of the environmental pollution at the final stage of the waste life cycle.

Keywords: construction, construction waste, construction waste properties, construction waste reuse, life cycle

For citation. Paramonova ON, Yydina NV. Construction Waste from Perspective of the Disperse Systems Stabilisation Theory. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2024;3(1):48–56. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-1-48-56>

Введение. В настоящее время строительство зданий и сооружений происходит с достаточно большой скоростью, что влечет за собой увеличение темпов производства строительных материалов, рост количества сносимых построек и демонтируемых ветхих сооружений, а следовательно, увеличивается объем образующихся отходов строительства [1, 2].

Перечень строительных отходов содержит десятки наименований, которые усложняют классификацию, учет, сбор и переработку.

Существующие классификации строительных отходов крайне разнообразны, но односторонни — не рассматривают особенности поэтапного поведения строительных отходов в окружающей среде, что может приводить к изменению их свойств. Цель данного исследования — анализ и систематизация свойств строительных отходов, базирующиеся на теории устойчивости дисперсных систем, с точки зрения расширения сферы их повторного применения в различных отраслях хозяйственной деятельности.

Жизненный цикл (ЖЦ) строительных отходов может происходить в различных условиях и состоять из следующих основных этапов, каждый из которых связан с проявлением различных параметров свойств отходов [3–9] (рис. 1).

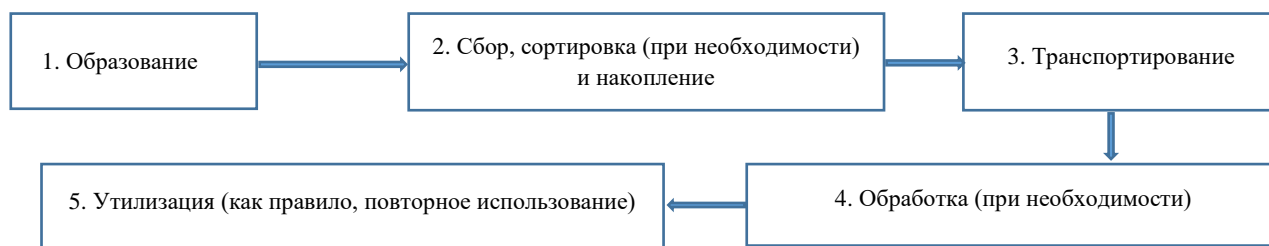


Рис. 1. Принципиальная схема ЖЦ строительных отходов

Существующие подходы к систематизации сведений об отходах строительства базируются на следующих классификационных признаках: источник происхождения; стадия технологического процесса; вид отхода по агрегатному состоянию; объемы образования; класс опасности; возможности вторичного использования; степень изученности и разработанности технологий утилизации [7–9, 10].

Строительные отходы можно утилизировать с помощью многочисленных современных технологий, выбор которых зависит от нескольких параметров, позволяющих выделить 3 основные категории отходов (рис. 2).

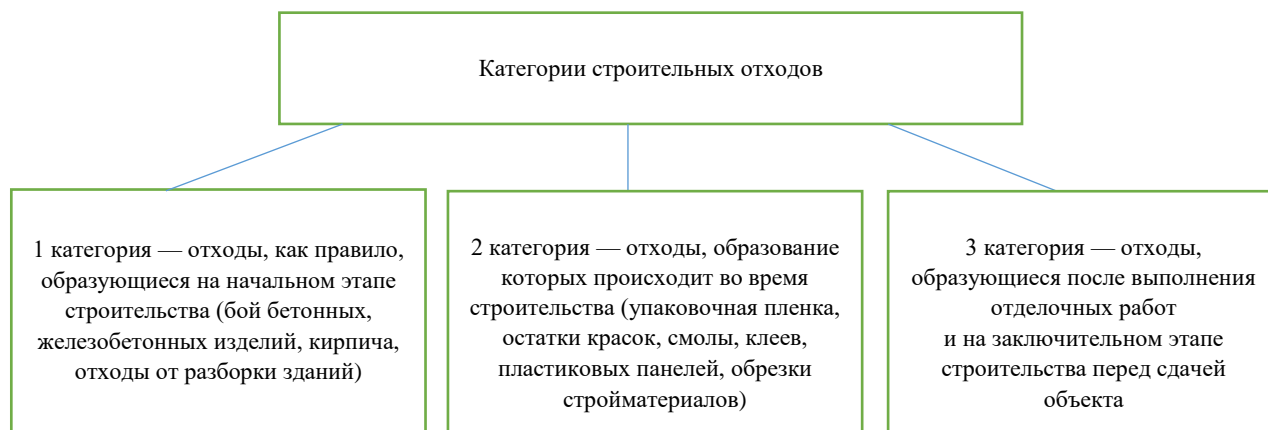


Рис. 2. Категории строительных отходов [11–13]

Помимо представленной выше классификации, строительные отходы можно разделить на:

- сырьевые отходы, представляющие собой остатки сырьевых материалов, не изменивших своих основных свойств (кора древесины, отходы щебня, керамзита и пр.);
- отходы строительного производства (бой кирпича, бой керамической плитки, застывшего раствора, тара из-под ЛКМ, бой стекла и др.) [12–14].

Классификация строительных отходов с позиции возможности их вторичного использования позволяет выделить:

- пригодные для вторичного использования отходы (либо в качестве вторичного ресурса, либо в качестве вторичного сырья);
- не обладающие полезными свойствами отходы и направляемые в конечном итоге на захоронение [5, 15–17].

Строительные отходы, прежде чем выбрать способ их переработки для вторичного использования, можно классифицировать по наиболее часто встречающимся дефектам в строительных материалах/конструкциях в зависимости от типа материала. Так основными можно выделить 4 типа материалов: деревянные, металлические, железобетонные и каменные. Дефектами в конструкциях из них могут быть:

- в деревянных: механические повреждения, увлажнение, поражения гнилью, прогибы, провисания и т. п.;
- в металлических: прожоги, коррозия, погнутость, трещины по сварным швам;
- в железобетонных: разрушение от размораживания, поражение арматуры и материала ржавчиной, возникновение трещин, сколов граней, отслоений защитного слоя и т. п.;
- в каменных: разрушение кирпичной кладки, сколы кирпичной кладки, наклонные, горизонтальные и вертикальные трещины и т. д.

На практике широкое распространение использования строительных отходов определяется их физическими и химическими свойствами, техническими возможностями их переработки и другими факторами. Поэтому, исходя из многообразия применяемых к классификации строительных отходов классификационных признаков, вопрос изучения и систематизации их свойств, что по мнению авторов должно рассматриваться в качестве основного классификационного признака, для расширения области их повторного применения, является весьма актуальным [7–9, 11].

Актуальность данного вопроса подкрепляется необходимостью обеспечения экологически безопасных условий при организации всех стадий процесса строительства зданий и сооружений различных назначений.

Материалы и методы. Объектом исследования выбраны строительные отходы, образующиеся в результате осуществления технологических процессов на предприятиях строительной индустрии. Строительные отходы и их свойства систематизированы по группам параметров на основе использования положений теории устойчивости дисперсных систем. Распределение параметров свойств строительных отходов проведено на основе физических процессов и явлений, которые характерны для того или иного вида отхода. Свойства строительных отходов и параметры, описывающие их, представлены в комплексе для дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Предложенная систематизация характеристик строительных отходов, базирующаяся на сборе и обработке информации и статистических данных, анализе и синтезе результатов отечественных и зарубежных литературных источников, по мнению авторов, позволит изменять поведение отходов в окружающей среде, меняя нужные свойства, что дает возможность, в свою очередь, снизить загрязнение среды и за счет выделения компонентов отходов из нее применять их повторно в хозяйственной деятельности.

Результаты исследования. Значительные масштабы образования и накопления отходов строительства обуславливают загрязнение компонентов окружающей среды урбанизированных территорий, что требует незамедлительного участия общества в решении злободневных проблем уменьшения загрязнения, а также разработки инновационных методов утилизации отходов. Именно поэтому решению данных проблем должны способствовать сведения об их свойствах.

В современном научном мире существует многообразие подходов к изучению свойств отходов (и строительных в том числе), опирающихся на различные характеристики самих отходов. Однако практически ни один из известных подходов не раскрывает взаимосвязь характеристик строительных материалов и образующихся из них отходов с характеристиками компонентов окружающей среды [18–22].

На каждом этапе ЖЦ строительных отходов наблюдается загрязнение компонентов окружающей среды, причем в действительности процесс загрязнения может осуществляться как последовательно, так и одновременно в пространственных и временных условиях [13, 15]. Однако последствия загрязнения могли бы быть менее значительными, если бы учитывались и своевременно изменялись необходимые параметры свойств строительного отхода с целью выделения пригодных для применения компонентов отхода из окружающей среды и направления их на повторное использование.

Поэтому важно рассматривать этапы ЖЦ строительных отходов и их поведение в окружающей среде с учетом происходящих в ней физических и пр. процессов комплексно. Целостность характеристик таких процессов показывает их взаимосвязь и, наряду с этим, может акцентировать доминирующее влияние какого-то одного из процессов. Такое влияние характеризуется взаимной связью параметров свойств отхода в целом, а если детализировать процесс согласно теории устойчивости дисперсных систем — характеристиками свойств дисперсных фаз (ДФ) и дисперсионной среды (ДС) отхода, а также параметрами окружающей среды и т. д. [7].

Различные характеристики, описывающие свойства строительных отходов, устанавливают широкий диапазон параметров, определяющих дисперсную фазу каждой номенклатуры отходов и характеристики дисперсионной среды, которые, в свою очередь, требуют систематизации. Поэтому нами предпринята попытка сгруппировать эти параметры с учетом физических характеристик явлений, наблюдаемых в строительных отходах (рис. 3) [7, 23, 24].

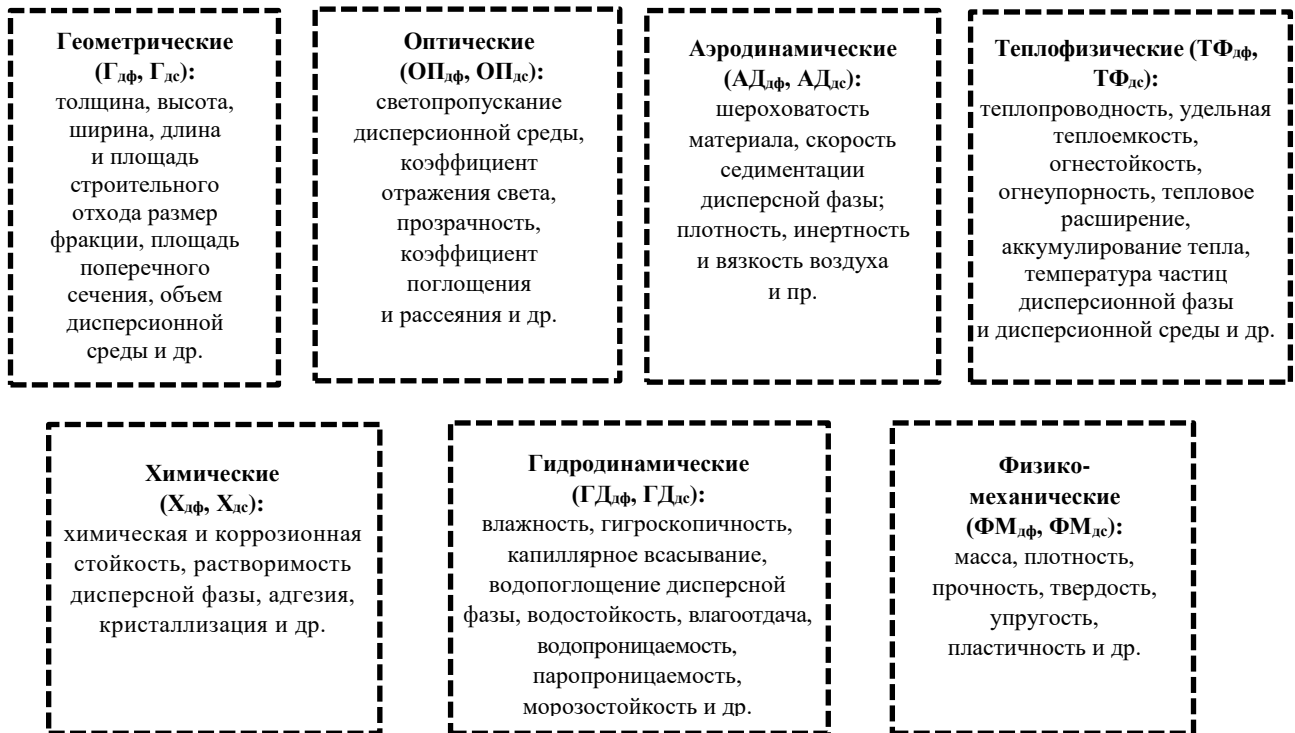


Рис. 3. Группы параметров свойств строительных отходов [1, 11]

Изучение свойств ДС и ДФ укрупненных групп строительных отходов согласно представленным выше классификациям позволило установить связь групп параметров фазовых элементов (частиц, остатков строительного отхода). Эту связь можно представить совокупностью параметров строительных отходов в целом ($K_{стр.отх.}$). Тогда эту функциональную зависимость между группами параметров фазовых составляющих строительных отходов можно представить в следующем виде:

$$K_{стр.отх.} = f_1(K_{ДФ}, K_{ДС}), \quad (1)$$

где $K_{ДФ}$ — совокупность параметров, определяющих свойства ДФ строительных отходов; $K_{ДС}$ — совокупность параметров, определяющих свойства ДС строительных отходов.

Такое рассмотрение свойств строительных отходов, основанное на обобщении параметров ($K_{стр.отх.}$), описывающих эти свойства, позволит расширять теоретические знания за счет дополнения каждой группы параметров ДФ и ДС новыми характеристиками, что, в свою очередь, позволит оценить все аспекты динамики строительных материалов и отходов на каждом этапе их ЖЦ в окружающей среде [7–9].

Помимо этого, параметры свойств отходов определяют их энергетический ресурс, т. е. в процессе ЖЦ строительные материалы и отходы приобретают, распределяют и расходуют энергию. Количественно охарактеризовать такое перераспределение энергии можно энергетическими параметрами, которые, как показали результаты исследований, определяются взаимосвязанным комплексом групп параметров свойств ДФ и ДС строительных отходов.

Компоновка параметров свойств выделенных групп для ДФ и ДС строительных отходов создает энергетические параметры строительных отходов, которые в совокупности определяют суммарную свободную энергию строительных отходов ($W_{S стр.отх.}$). Она, в свою очередь, функционально зависит от отдельных энергетических параметров ДФ и ДС строительных отходов. Тогда, выборочно оперируя значимыми энергетическими параметрами для определенного вида строительного отхода, можно перераспределять отдельные виды энергии (кинетическая, тепловая, электромагнитная и др.). Подобное перераспределение даст возможность изменять поведение строительных отходов в окружающей среде, что позволит снизить их негативное воздействие на компоненты окружающей среды за счет своевременного недопущения, удаления, попадания, распространения [7–9, 13–16].

Теория дисперсных систем отражает взаимосвязь параметров свойств, энергетических параметров и в конечном счете устойчивости. Таким образом, особенности поведения в окружающей среде, которые проявляют строительные материалы и отходы согласно теории устойчивости дисперсных систем, находятся в зависимости от запаса $W_{S стр.отх.}$, что оказывает влияние и на устойчивость (устойчивое состояние в окружающей среде): $W_{S стр.отх.} \sim U_{стр.отх.}$

В современных словарях под устойчивостью понимают укрупненно жизнеспособность дисперсной системы или характеристику интенсивности изменения параметров свойств и энергетических параметров дисперсной системы за определенный промежуток времени в условиях воздействий извне.

Управление данной характеристикой позволяет изъять частицы (отходы) из окружающей среды без возможности их распределения/распространения в среде, куда они поступили. Так уменьшение устойчивости дисперсных систем приводит либо к укреплению частиц ДС (рекристаллизация), либо к слипанию и укрупнению этих частиц (происходит образование агрегатов) [7–9], что позволяет изъять эти частицы из среды.

В результате проведенных исследований авторы пришли к следующим выводам:

- изучение строительных отходов с позиции теории устойчивости дисперсных систем позволит отслеживать поведение строительных отходов в окружающей среде в процессе их ЖЦ;

- полученные в процессе слежения сведения о поведении строительных отходов в окружающей среде позволят рассматривать определенный вид отхода либо как элемент загрязнения окружающей среды, либо как вторичный материальный (энергетический) ресурс;

- сведения о параметрах свойств строительных отходов, их энергетических параметрах и устойчивости дадут возможность корректировать эти параметры, что в свою очередь, обеспечит возможность выбора и/или разработки принципиально новых технологий для вторичного использования строительных отходов.

Обсуждение и заключение. В результате проведенных исследований можно заключить, что анализ и систематизация параметров свойств, энергетических параметров и устойчивости строительных отходов позволят управлять поведением строительных отходов в окружающей среде с целью уменьшения их устойчивости и в итоге снижения загрязнения компонентов окружающей среды, а наряду с этим, расширения области их повторного применения.

Список литературы

1. Беспалов В.И., Парамонова О.Н. Классификационно-методические основы борьбы с загрязнением окружающей среды твердыми отходами потребления. В: *Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012»*. Одесса: Куприяненко; 2012.
2. Лапина О.А., Лапина А.П. Экологическая оценка строительных материалов. *Вестник евразийской науки*. 2013;5(18):132. URL: <https://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-5-13> (дата обращения 04.02.2024).
3. Гориславко Д.М., Ворона-Сливинская Л.Г. Классификация строительных отходов и расчет их количества. В: *Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Инновационные методы организации строительного производства»*. Санкт-Петербург: СПбГТУ; 2021. С. 205–209. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47176056&pf=1> (дата обращения 04.02.2024).
4. Козлова Е.В., Заворзаев А.А., Трофимов Д.В., Ступин А.А. Отходы строительства и вторичное использование ресурсов строительства. *Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета*. 2020;13:157–162. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44733044> (дата обращения 04.02.2024).
5. Лунев Г.Г., Прохоцкий Ю.М. Вторичные строительные ресурсы: эколого-экономический подход к классификации. *Компетентность*. 2019;7:18–23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vtorichnye-stroitelnye-resursy-ekologo-ekonomicheskiy-podhod-k-klassifikatsii> (дата обращения 04.02.2024).
6. Davis P., Aziz F., Tanvi Newaz M., Sher W., Simon L. The Classification of Construction Waste Material Using a Deep Convolutional Neural Network. *Automation in Construction*. 2021;122:103481. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103481>
7. Парамонова О.Н. Рассмотрение твердых отходов потребления как дисперсной системы. *Инженерный вестник Дона*. 2013;3(26):148. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1933> (дата обращения 04.02.2024).
8. Paramonova O., Bepalov V, Gurova O., Alekseenko L., Tsarevskaya I. Dynamics of Changes in the Properties of Municipal Solid Waste in the Environment. In: *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018: Volume 2*. Cham: Springer International Publishing; 2019. P. 960–970. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8_95
9. Штенске К.С., Парамонова О.Н. Исследование параметров свойств асбеста в кусковой форме как отхода, образующегося в литейном производстве. *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2021;1(35):42–46. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44905759> (дата обращения 04.02.2024).
10. Ахмед А.А.А., Аль-Бу-Али У.С.Д. Утилизация строительных отходов. *Наука и инновации в строительстве*. 2018;347–352.

11. Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Толмачева Е.Н., Головнина А.В., Самороков В.Э. Исследование свойств современных строительных материалов на основе промышленных отходов. *Фундаментальные исследования*. 2013;10(12):2599–2603. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=32837> (дата обращения 04.02.2024).
12. Гончарова М.А., Борков П.В., Аль-Суррайви Х.Г.Х. Рециклинг крупнотоннажных бетонных и железобетонных отходов при реализации контрактов полного жизненного цикла. *Строительные материалы*. 2019;12:52–57. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-52-57>
13. Ермолаева Ю.В. Жизненный цикл отходов и метаболизм городской среды. В: *Материалы V Всероссийского социологического конгресса «Социология и общество: социальное неравенство и социальная справедливость»*. М.: Российское общество социологов; 2016. С. 8981–9001. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27229805&pff=1> (дата обращения 04.02.2024).
14. Huang B., Gao X., Xu X., Song J., Geng Y., Sarkis J. et al. A Life Cycle Thinking Framework to Mitigate the Environmental Impact of Building Materials. *One Earth*. 2020;3(5):564–573. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.010>
15. Jalaei F., Zoghi M., Khoshand A. Life Cycle Environmental Impact Assessment to Manage and Optimize Construction Waste Using Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Construction Management*. 2021;21(8):784–801. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1583850>
16. Khandelwal H., Dhar H., Thalla A.K., Kumar S. Application of Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management: A Worldwide Critical Review/ *Journal of Cleaner Production*. 2019;209:630–654. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.233>
17. Ruiz L.A.L., Ramón X.R., Domingo S.G. The Circular Economy in the Construction and Demolition Waste Sector — A Review and an Integrative Model Approach. *Journal of Cleaner Production*. 2020;248:119238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>
18. Jin R., Yuan H., Chen Q. Science Mapping Approach to Assisting the Review of Construction and Demolition Waste Management Research Published Between 2009 and 2018. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019;140:175–188. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.029>
19. Osmani M., Villoria-Sáez P. Current and Emerging Construction Waste Management Status, Trends and Approaches. In book: *Waste: A Handbook for Management*. Cambridge, Massachusetts, USA: Academic Press; 2019. P. 366–379. https://repository.lboro.ac.uk/articles/chapter/Current_and_emerging_construction_waste_management_trends_and_approaches/9460307 (дата обращения 04.02.2024).
20. Hao J., Yuan H., Liu J., Chin C.S., Lu W. A Model for Assessing the Economic Performance of Construction Waste Reduction *Journal of Cleaner Production*. 2019;232:427–440. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.348>
21. Kabirifar K., Mojtahedi M., Wang C., Tam V.W.Y. Construction and Demolition Waste Management Contributing Factors Coupled with Reduce, Reuse, and Recycle Strategies for Effective Waste Management: A Review. *Journal of Cleaner Production*. 2020;263:121265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>
22. Левицкая К.М., Зубарев А.С. К вопросу эффективного управления строительными материалами и ресурсами. В: *Сборнике трудов международной научно-технической конференции молодых ученых*. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова; 2020. С. 1451–1454. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44101755> (дата обращения 04.02.2024).
23. Мойсейчик Е.А., Ботян Е.А. Происхождение и классификация отходов демонтажа и строительства. *Экология и строительство*. 2020;2:17–26. <https://doi.org/10.35688/2413-8452-2020-02-003>
24. Романова А. А., Середина А. Л. Рециклинг как инновационный метод обращения со строительными отходами. В: *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Новая Экономика: Институты, Инструменты, Тренды»*. Н.В. Спасская, Е.В. Такмакова Е.В. (ред.). Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева; 2022. С. 162–165.

References

1. Bespalov VI, Paramonova ON. Classification and Methodological Foundations of Combating Environmental Pollution by Solid Waste of Consumption. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Scientific Research and Its Practical Application. The Current State and Ways of Development 2012”*. Odessa: Kuprienko Publ.; 2012. (In Russ.).
2. Lapina OA, Lapina AP. Ecological Assessment of Construction Materials. *Vestnik evraziiskoi nauki*. 2013;5(18):132. URL: <https://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-5-13> (accessed: 04.02.2024). (In Russ.).
3. Gorislavko DM, Vorona-Slivinskaya LG. Classification of Construction Waste and Calculation of Quantity. In: *Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference “Innovative Methods of Organizing Construction Production”*. St. Petersburg: St. Petersburg State Technical University; 2021. P. 205–209. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47176056&pff=1> (accessed: 04. 02.2024). (In Russ.).

4. Kozlova EV, Zavorzaev AA, Trofimov DV, Stupin AA. Construction Waste and Secondary Use of Construction Resources. *Vestnik Kolomenskogo instituta (filiala) Moskovskogo politehnicheskogo universiteta*. 2020;13:157–162. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44733044> (accessed: 04.02.2024). (In Russ.).
5. Lunev GG, Prokhotskiy YuM. Secondary Building Resources: Environmental and Economic Approach to the Classification. *Competency*. 2019;(7):18–23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vtorichnye-stroitelnye-resursy-ekologo-ekonomicheskij-podhod-k-klassifikatsii> (accessed: 04.02.2024). (In Russ.).
6. Davis P, Aziz F, Tanvi Newaz M, Sher W, Simon L. The Classification of Construction Waste Material Using a Deep Convolutional Neural Network. *Automation in Construction*. 2021;122:103481. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103481>
7. Paramonova ON. Review of Solid Waste Consumption as the Dispersed System. *Engineering Journal of Don*. 2013;3(26):148. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1933> (accessed: 02.04.2024). (In Russ.).
8. Paramonova O, Bespalov V, Gurova O, Alekseenko L, Tsarevskaya I. Dynamics of Changes in the Properties of Municipal Solid Waste in the Environment. In: *Proceedings of the International Scientific Conference "Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies". EMMFT 2018: Volume 2*. Cham: Springer International Publishing; 2019. P. 960–970. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8_95
9. Shtenske KS, Paramonova ON. Investigation of Asbestos Properties Parameters in a Lump Form as Waste Generated in Foundry. *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region*. 2021;1(35):42–46. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44905759> (accessed: 04.02.2024).
10. Ahmed AAA, Al-Bu-Ali USD. Utilization of Construction Waste. *Nauka i innovatsii v stroitel'stve*. 2018;347–352.
11. Barakhtenko VV, Burdonov AE, Zelinskaya EV, Tolmacheva EN, Golovnina AV, Samorokov VE. Investigation of Modern Building Materials Based Industrial Waste. *Fundamental Research*. 2013;10(12):2599–2603. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=32837> (accessed: 02/04/2024).
12. Goncharova MA, Borkov PV, Al-Surraivi Hussain GH. Recycling of Large-Capacity Concrete and Reinforced Concrete Waste in the Context of Realization of Full Life Cycle Contracts. *Stroitel'nye materialy*. 2019;(12):52–57. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-52-57>
13. Ermolaeva YuV. Waste Life Cycle and Urban Environment Metabolism. In: *Proceedings of the V All-Russian Sociological Congress "Sociology and Society: Social Inequality and Social Justice"*. Moscow: Russian Society of Sociologists; 2016. P. 8981–9001. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27229805&pf=1> (accessed: 04. 02.2024).
14. Huang B, Gao X, Xu X, Song J, Geng Y, Sarkis J, et al. A Life Cycle Thinking Framework to Mitigate the Environmental Impact of Building Materials. *One Earth*. 2020; 3(5):564–573. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.010>
15. Jalaei F, Zoghi M, Khoshand A. Life Cycle Environmental Impact Assessment to Manage and Optimize Construction Waste Using Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Construction Management*. 2021;21(8):784–801. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1583850>
16. Khandelwal H, Dhar H, Thalla AK, Kumar S. Application of Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management: A Worldwide Critical Review. *Journal of Cleaner Production*. 2019;209:630–654. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.233>
17. Ruiz L.A.L., Ramón X.R., Domingo S.G. The Circular Economy in the Construction and Demolition Waste Sector — a Review and an Integrative Model Approach. *Journal of Cleaner Production*. 2020;248:119238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>
18. Jin R, Yuan H, Chen Q. Science Mapping Approach to Assisting the Review of Construction and Demolition Waste Management Research Published Between 2009 and 2018. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019;140:175–188. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.029>
19. Osmani M, Villoria-Sáez P. Current and Emerging Construction Waste Management Status, Trends and Approaches. In book: *Waste: A Handbook for Management*. Cambridge, Massachusetts, USA: Academic Press; 2019. P. 366–379. https://repository.lboro.ac.uk/articles/chapter/Current_and_emerging_construction_waste_management_trends_and_approaches/9460307 (accessed 02.04.2024).
20. Hao J, Yuan H, Liu J, Chin CS, Lu W. A Model for Assessing the Economic Performance of Construction Waste Reduction. *Journal of Cleaner Production*. 2019;232:427–440. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.348>
21. Kabirifar K, Mojtahedi M, Wang C, Tam VWY. Construction and Demolition Waste Management Contributing Factors Coupled with Reduce, Reuse, and Recycle Strategies for Effective Waste Management: A Review. *Journal of Cleaner Production*. 2020;263:121265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>
22. Levitskaya KM, Zubarev AS. On the Issue of Effective Management of Building Materials and Resources. In: *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists*. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov; 2020. P. 1451–1454. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44101755> (accessed 04. 02.2024).

23. Moiseichik EA, Botyan EA. Origin and Classification of Dismantling and Construction Waste. *Ehkologiya i stroitel'stvo*. 2020;(2):17–26. <https://doi.org/10.35688/2413-8452-2020-02-003>

24. Romanova AA, Serecina AL. Recycling as an Innovative Method of Construction Waste Management. In: *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "New Economy: Institutions, Tools, Trends"*. Spasskaya NV, Tokmakova EV (eds). Orel: Orel State University named after I.S. Turgenev; 2022. P. 162–165.

Об авторах:

Оксана Николаевна Парамонова, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, [ScopusID](#), [ORCID](#), paramonova_oh@mail.ru

Наталья Владимировна Юдина, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат биологических наук, доцент, [ScopusID](#), [ORCID](#), Udi-natasha@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

О.Н. Парамонова — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, анализ результатов исследований, доработка текста.

Н.В. Юдина — подготовка текста и графических материалов, подготовка выводов, формирование библиографического перечня.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию 17.01.2024

Поступила после рецензирования 30.01.2024

Принята к публикации 05.02.2024

About the Authors:

Oksana N. Paramonova, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Environmental Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), [ScopusID](#), paramonova_oh@mail.ru

Natalya V. Yydina, Cand.Sci. (Biology), Associate Professor of the Environmental Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), [ScopusID](#), Udi-natasha@yandex.ru

Claimed contributorship:

ON Paramonova: formulating the main concept, aim and objectives of the research, analysis of the research results, refining the text.

NV Yydina: preparing the text and graphic materials, preparing the conclusions, compiling the bibliography.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Received 17.01.2024

Revised 30.01.2024

Accepted 05.02.2024