

Терешина О.Б., Ху Я., Юэ М.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

В современном мире проблема обращения с отходами становится все более значимой, количество производимых отходов и агрессивное воздействие на окружающую среду постоянно растет. Человечество ищет новые пути использования отходов, появляются новые подходы к экологическому проектированию. Строительство объектов из отходов и вторичного сырья является одним из таких подходов. Вторичное сырье и переработанные материалы являются интересным инструментом в экологическом архитектурно-дизайнерском проектировании. Важными при этом являются вопросы эстетики проектных решений, их стоимости и осуществимости, а также вопросы конкуренции с традиционным строительством.

Рассматриваются преимущества, проблемы и перспективы строительства объектов с использованием вторичного сырья и переработанных материалов, обосновывается необходимость и важность строительства на основе отходов для устойчивого развития. Проанализированы варианты использования в проектировании объектов индивидуального и массового индустриального строительства различных видов отходов, переработанных материалов, необработанного малогабаритного и перерабатываемого крупногабаритного вторичного сырья. Приведены краткие сведения о свойствах строительных материалов и конструкций на основе отходов, технологиях их применения в строительстве.

Рассматриваются интересные примеры из мировой экологической проектной практики. Проводится анализ архитектурно-композиционных решений объектов, возведенных из переработанных материалов. Выявляются современные тенденции в архитектурно-дизайнерском проектировании объектов на основе отходов, используемые средства художественной выразительности. Делаются выводы о необходимости более активного внедрения в проектную практику материалов и конструкций из вторичного сырья и переработанных материалов. Это позволит не только уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, но и повысить архитектурно-художественные и функциональные качества зданий, стать идейно-содержательной и художественно-конструктивной основой для проектирования уникальных зданий, хорошей экономической базой для строительства функционального и недорогого социального жилья.

Ключевые слова: экологическое проектирование, архитектурно-дизайнерское проектирование, строительство из отходов, вторичное сырье, переработанные материалы.

Tereshina O.B., Khu Y., Yue M.

ECOLOGICAL DESIGN AND ARCHITECTURE OF OBJECTS CONSTRUCTED USING WASTE AND RECYCLABLE MATERIALS

In the modern world, the problem of waste management is becoming more and more significant. The amount of produced waste and the aggressive impact on the environment

are constantly growing. Humanity is looking for new ways to use waste and new approaches it environmental design are emerging. One of them is the construction using waste and recycled materials. Recycled materials and secondary raw materials are an interesting tool in environmental architectural design. At the same time, the issues of aesthetics of design solutions, their cost and feasibility are important, as well as the issue of competition with traditional construction.

The article discusses the advantages, problems and prospects of construction using secondary raw and recycled materials, substantiates the need and importance of it for sustainable development. The options of usage of various types of waste, recycled materials, unprocessed small-sized and non-recyclable large-sized secondary raw materials in the design of individual and mass industrial construction facilities are analyzed. Brief information is provided on the properties of waste-based building materials and structures, and technologies for their use in construction.

Interesting examples from the global environmental design practice are provided. The analysis of architectural and compositional solutions of objects constructed from recycled materials is carried out. Modern trends in the architectural design of objects based on waste and the means of artistic expression used are revealed. Conclusions are drawn about the need for more active implementation of recycled and secondary raw materials in design. This will not only reduce the negative impact on the environment, but will also improve the architectural, artistic and functional qualities of buildings, become an ideologically meaningful, artistic and constructive basis for designing unique buildings, a good economic base for the construction of functional and inexpensive social housing.

Keywords: *environmental engineering, architectural design, construction from waste, secondary raw materials, recycled materials.*

Экологические подходы в архитектурно-дизайнерском проектировании становятся все более актуальными. Новые проектные пути решения экологических проблем должны соответствовать целям и направлениям устойчивого развития. В рамках общемировой тенденции в России и Китае приняты программы устойчивого развития [1–6]. Положительное воздействие на окружающую среду декларируется как важнейшее направление государственной политики, а к основным направлениям устойчивого развития относится обращение с отходами. Новые подходы к экологическому проектированию связаны со строительством объектов из отходов и вторичного сырья. Такая потребность назрела давно: сокращение отходов на свалках, выбросов углекислого газа и загрязняющих веществ; снижение энергопотребления и потребности в сырье. Строительство зданий и сооружений из отходов способствует вторичной переработке ресурсов, развитию экономики замкнутого цикла и является частью устойчивого развития [7]. Спрос на здания из отходов будет продолжать расти, предоставляя возможности для инновационных проектов.

Вторичное сырье – это изделия и материалы, которые после длительного использования и износа могут быть повторно использованы без изменений или после произ-

водственной обработки и преобразования. Существуют различные виды вторичного сырья: макулатура, стекло, металлолом, пластмассы, резина, древесина, строительные элементы и др. Идея строительства из вторичного сырья не нова. Например, по всему миру разными по профессии людьми построено более тысячи домов из стеклянных бутылок. Первое упоминание о таких домах относится к 1902 г., когда американец У. Пек построил свой «бутылочный» дом в г. Тонопа (рис. 1 а). Несмотря на то, что дом представлял собой простое одноэтажное строение, снесен он был только в 1980 г. Использование прозрачных бутылок в качестве строительного материала для стен позволяет улучшить освещенность помещений, воздушная прослойка внутри бутылок служит хорошей теплоизоляцией [8]. Пустые бутылки, заполненные сыпучим материалом, таким как песок или грунт, могут быть использованы в качестве эффективных «кладочных элементов». В процессе возведения стеновых конструкций устанавливаются опорные столбы, толщина которых соответствует высоте используемых бутылок. Для герметизации отверстий при соединении бутылок используется цементно-песчаный раствор.

В индивидуальном строительстве используют и другие строительные материалы, основанные на необработанном малогабарит-

ном вторичном сырье. Примером таких материалов могут быть автомобильные покрышки, которые можно использовать для возведения фундаментов и стен (рис. 1 б). Шины укладывают в шахматном порядке, заполняя каждую из них землей. Промежутки между шинами заполняют смесью из воды, цемента и земли. Такие стены обычно обрабатывают

ся цементным раствором снаружи и внутри, что значительно улучшает их изоляционные свойства. Благодаря этому, стены накапливают тепло в течение дня и постепенно отдают его внутри помещения в ночное время. Однако говорить о массовом использовании и архитектурно-художественных качествах таких проектных решений не приходится.

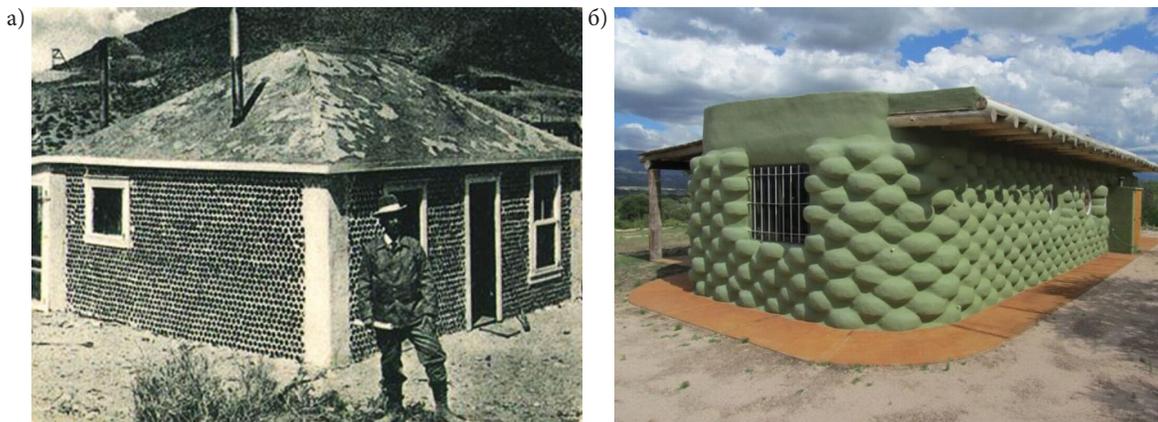


Рис. 1. Жилые дома из вторичного сырья: а – «бутылочный» дом У. Пека, г. Топопа, США, б – дом из автомобильных покрышек М. Рейнольдса, г. Таос, США

В индустриальном строительстве используют переработанные отходы – один из самых распространенных способов использования вторичного сырья. Например, термополикамень можно получить из переработанных проводов, микросхем, телевизоров, магнитофонов и телефонов [9]. Этот материал является водостойким, не подвержен гниению и не имеет неприятного запаха. При производстве строительных блоков используется только нетоксичное вторичное сырье, чтобы обеспечить его безопасность для человека. В России имеется развитое производство шлакопортландцемента и заполнителей на основе шлака [10–12]. Применение шлака в производстве цементного клинкера и заполнителей позволяет достичь повышенной прочности; снижения веса и, следовательно, снижения давления на грунт; повышения теплотехнических характеристик и улучшения жаростойкости. Прессованное вторичное сырье (бумага, солома) используют в качестве эффективного утеплителя для стен зданий с деревянным каркасом. Для повышения прочности и огнестойкости прессованные блоки обрабатывают огнезащитными составами, на их поверхность наносится три слоя штукатурки. Основные преимущества такого материала – низкая стоимость и легкость стеновых конструкций, не требующих мощного фундамента [13].

В массовом строительстве может быть использовано также неперерабатываемое круп-

ногабаритное вторичное сырье: блоки, камни, трубы, балки, стеновые панели и другие строительные элементы серийного производства [14]. Транспортные контейнеры, обладающие прочностью и устойчивостью к агрессивной среде, также нашли свое применение в строительстве. Например, контейнеры используют как объемно-конструктивную основу для организации санитарных узлов в глэмпингах, предусматривая для каждого летнего домика свой индивидуальный блок внутри общего объема. Для улучшения теплоизоляции и снижения нагрева металлических элементов применяют дополнительную изоляцию. Внешняя и внутренняя отделка контейнера позволяет создать эстетичный вид и гармонично вписать объект в природную среду.

Применяют различные технологии строительства из вторичного сырья, в том числе модульное строительство, где крупногабаритные отходы (железобетонные трубы, транспортные контейнеры, бункеры для хранения, корпуса самолетов) используются в качестве модулей для построения зданий. Важные вопросы, которые необходимо решить при проектировании зданий из отходов и вторичного сырья, включают их дизайн, стоимость, осуществимость и конкуренцию с традиционным строительством. К важным аспектам проектирования и строительства зданий из отходов можно отнести использование различных методов энергосбережения и экологическую чистоту переработанных материалов [15–18].

Интересным примером экологического архитектурно-дизайнерского проектирования является Музей китайской истории – Ningbo History Museum (рис. 2), построенный по проекту архитектора Ван Шу в 2008 г., г. Нинбо, провинция Чжэцзян, Китай. Площадь застройки составляет 30000 кв. м. Фасад трехэтажного музея сделан в основном из отходов, собранных в 30 близлежащих разрушенных традиционных китайских деревнях [19]. В этом здании использовано большое количество бетона, который контрастирует с переработанными элементами. Два разных материала, встречаясь на одной стене, создают неповторимый узор и дополняют монументальное композиционное

решение здания. Современные методы проектирования позволили создать атмосферу исторического и культурного района Нинбо. Архитектурный облик музея имеет богатую аллегорическую конструкцию лодки, символизирующую культуру портового г. Нинбо. Искусственный водоем, глубокие внутренние дворы с высокими стенами усиливают впечатление массивности и контрастируют с просторными и яркими пространствами выставочных залов. При проектировании музея в Нинбо были использованы экологически чистые материалы и энергосберегающие архитектурно-дизайнерские решения, а также технические средства для снижения энергопотребления здания.

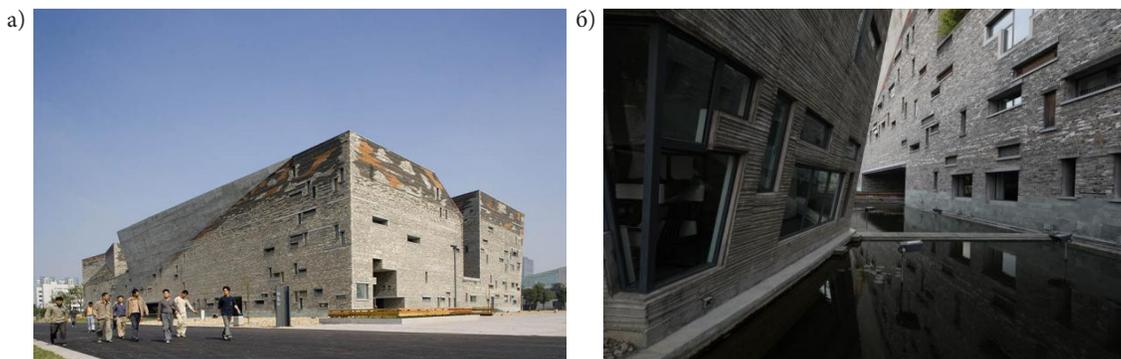


Рис. 2. Здание Музея китайской истории, г. Нинбо, Китай: а – внешний вид, б – внутренний двор

Народный музей в г. Эйнховен, Нидерланды, был построен в 2018 г. по проекту архитектурного бюро SLA + Overtreders W с использованием только отходов и переработанных материалов [20]. Музей был создан при участии жителей города. Дизайн музея призван подчеркнуть ценность замкнутого строительного цикла, который включает переработку материалов в конце срока службы здания, тем самым уменьшая количество или вовсе не производя отходов. Здание имеет красочный фасад из переработанного пластика и деревянный каркас, также изготовленный из переработанных материалов

(рис. 3). Особое внимание уделено функциональности и практичности, что подчеркнuto простой геометрической композицией здания. Большая площадь остекления фасадов позволяют свету полностью проникать во внутреннее пространство. Это дает зрителям широкий обзор, интегрированный с окружающей средой. Внутреннее выставочное пространство музея может быть адаптировано и изменено по мере необходимости для различных выставочных потребностей. Гибкий пространственный дизайн с передвижными перегородками предлагает больше творческих и демонстрационных возможностей.



Рис. 3. Здание Народного музея, г. Эйнховен, Нидерланды: а – внешний вид, б – интерьер

Туристический центр для посетителей ботанического сада ВанДусен в Ванкувере был завершён в августе 2011 г. по проекту Perkins + Will Architects. Проект отвечает самым строгим требованиям устойчивого развития и включает экологически и социально осознанный дизайн, как по форме, так и по функциям. При строительстве центра были использованы переработанные материалы и энергоэффективные технологии для минимизации потребления природных ресурсов и сокращения выбросов углерода [21]. Объемно-композиционное решение здания имеет прообразом холмистый ландшафт и представляет собой переплетающиеся разноуровневые внутренние и открытые пространства (рис. 4). Эти пространства использованы для посадки различных растений, где архитектура и ландшафт сливаются в единое целое.

Здание туристического центра интегрировано с окружающей природной средой. В архитектурном облике используются элементы дизайна естественного цвета и органической формы, что позволяет ему перекликаться с растительностью в ботаническом саду и создавать гармоничную атмосферу. Внешний фасад туристического центра имеет большое количество стеклянных навесных стен, которые наполняют интерьер естественным светом и обеспечивают великолепный вид на ландшафт. Стеклянные фасады служат также энергосберегающим фактором, снижая потребление энергии за счет сокращения спроса на искусственное освещение. В здании есть как пассивные, так и активные энергетические системы, которые повторно используют перерабатываемые ресурсы и собственные отходы здания.



Рис. 4. Здание туристического центра, ботанический сад ВанДусен, Ванкувер

Заключение

Проектирование и строительство объектов с использованием отходов и вторичного сырья – это устойчивая практика, которая помогает снизить зависимость от природных ресурсов, сократить их потребление и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Переработка отходов позволяет не только сократить использование ресурсов и снизить потребление энергии, но и создать строительные материалы с новыми свойствами и эстетическими качествами. Использование отходов и переработанных материалов позволяет создать уникальные конструкции, повышающие архитектурно-художественные качества и функциональность зданий.

В то же время такой экологический подход к проектированию помогает снизить затраты

на строительство, делая его более экономичным. Содействуя повторному использованию отходов и переработанных материалов, мы можем способствовать развитию экономики замкнутого цикла и оказать положительное воздействие на общество и окружающую среду. В заключении можно сказать, что использование вторичного сырья в строительстве имеет ряд несомненных преимуществ и должно активнее внедряться в архитектурно-дизайнерскую проектную практику. Это может служить идейно-содержательной и художественно-конструктивной основой для проектирования уникальных зданий, а также стать хорошей экономической базой для строительства функционального и недорогого социального жилья.

Литература

1. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». – URL: <https://base.garant.ru/74404210/> (дата обращения 15.01.2024)
2. Российская Федерация. Правительство. Цели и основные направления устойчивого (в том числе зеленого) развития Российской Федерации: Распоряжение принято 14 июля 2021 г., № 1912-р. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107200045?index=2> (дата обращения 15.01.2024)
3. State Council. Several Opinions of the State Council on Promoting the Sustainable Development of Resource-Based Cities: Index No. 000014349/2007-00203 – Guofa [2007] No. 38 – March 28, 2008. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_4941.htm (дата обращения 15.01.2024)
4. State Council. Notice of the State Council on Issuing China's Action Plan for Sustainable Development in the Early 21st Century: Index No. 000014349/2003-00009 – Guofa [2003] No. 3 – March 28, 2008. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_2108.htm (дата обращения 15.01.2024)
5. State Council. Notice of the State Council on Issuing the National Sustainable Development Plan for Resource-Based Cities (2013-2020): Index Number: 000014349/2013-00143 – Guofa [2013] No. 45 – December 02, 2013. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2013-12/02/content_4549.htm (дата обращения 15.01.2024)
6. State Council. Notice of the State Council on Issuing China's Plan for the Construction of Innovation Demonstration Zones for the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development: Index No.: 000014349/2016-00241 – State Council – Guofa [2016] No. 69 – December 13, 2016. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/13/content_5147412.htm (дата обращения 15.01.2024)
7. Brody, H. Building a circular economy. Nature. 2022 Nov; 611(7936):S1. doi: 10.1038/d41586-022-03643-2. PMID: 36385552.
8. Волоткович, Е. Строения из стеклянных бутылок: реальность или фантастика / Е. Волоткович // StroyDay.ru. Ведущий строительный портал России. – <https://stroyday.ru/news/stroeniya-iz-steklyannyx-butylok-realnost-ili-fantastika.html> (дата обращения 15.01.2024)
9. Дёмшина, Н. Дом из пластика / Н. Дёмшина // Единый промышленный портал Сибири. «Промышленные страницы Сибири» №8 (91) август 2014 г. – <https://epps.ru/journal/detail.php?id=1258> (дата обращения 15.01.2024)
10. Крамар, Л.Я. Быстротвердеющий, высокопрочный и морозостойкий бетон на основе шлакопортландцемента / Л.Я. Крамар, И.М. Иванов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Т. 21, № 1. – С. 48-53.
11. Горбунов, С.П. Использование малоцементных вяжущих при производстве строительных материалов / С.П. Горбунов, С.Н. Погорелов, Г.С. Семеняк // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 66-й научной конференции Челябинск: Издат. Центр ЮУрГУ, 2014. Т. 1. – С. 906-911.
12. Абызов, В.А. Промышленные отходы как сырье для производства жаростойких бетонов: классификация и области применения / В.А. Абызов, О.А. Клинов // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 60-й юбил. науч. конф. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. Т. 1. – С. 11-14.
13. Сухинина, Е.А. Современные тенденции экологичности: строительство домов из отходов / Е.А. Сухинина, А.С. Степанова // Журнал «Творчество и современность», 2020 г. – <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-ekologichnosti-stroitelstvo-domov-iz-othodov> (дата обращения 15.01.2024)
14. Максимова О., Михайличенко К., Курбатова А., Коршунова А., Климакина А. Экологическая безопасность строительных материалов, при производстве которых используются отходы производства и потребления (на примере экобетона). Экология и промышленность России. 2017;21(9):58-63. – <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-9-58-63> (дата обращения 15.01.2024)
15. Ferronato N, Fuentes Sirpa RC, Guisbert Lizarazu EG, Conti F, Torretta V. Construction and demolition waste recycling in developing cities: management and cost analysis. Environ

- Sci Pollut Res Int. 2023 Feb;30(9):24377-24397. doi: 10.1007/s11356-022-23502-x. Epub 2022 Nov 7. PMID: 36342611; PMCID: PMC9938826.
16. Naik, Tarun R., and Giacomo Moriconi. Environmental-friendly durable concrete made with recycled materials for sustainable concrete construction // International Symposium on Sustainable Development of Cement, Concrete and Concrete Structures, Toronto, Ontario, October. Vol. 5. No. 7. 2005.
17. Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E. Utilization of recycled and waste materials in various construction applications // American Journal of Environmental Science. 2013, T. 9., №. 1. – С. 14-24.
18. Islam R, Nazifa TH, Yuniarto A, Shanawaz Uddin ASM, Salmiati S, Shahid S. An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. Waste Manag. 2019 Jul 15;95:10-21. doi: 10.1016/j.wasman.2019. 05.049. Epub 2019 Jun 3. PMID: 31351595.
19. Wang Shu. Appreciation of Ningbo Museum. – [https:// max.book118.com/html/2016/0514/42964259.shtm](https://max.book118.com/html/2016/0514/42964259.shtm) (дата обращения 15.01.2024)
20. “Borrowing” building materials from residents: Eindhoven Public Pavilion, Netherlands / bureau SLA + Overtreders W. – [http:// www.archcollege.com/archcollege/2019/05/44250.html](http://www.archcollege.com/archcollege/2019/05/44250.html) (дата обращения 15.01.2024)
21. Van Dusen Arboretum Visitor Center / Perkins&Will. – [https:// www. archdaily.cn/cn/957263/vandusenzhi-wu-yuan-you-ke-zhong-xin-perkins-and-will](https://www.archdaily.cn/cn/957263/vandusenzhi-wu-yuan-you-ke-zhong-xin-perkins-and-will) (дата обращения 15.01.2024)

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 21 iyulya 2020 g. № 474 «O natsionalnyh tselyah razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda». – URL: [https:// base. garant.ru/74404210/](https://base.garant.ru/74404210/).
2. Rossiiskaya Federatsiya. Pravitelstvo. Tseli i osnovnye napravleniya ustoychivogo (v tom chisle zelenogo) razvitiya Rossiyskoy Federatsii: Rasporyazhenie pri- nyato 14 iyulya 2021 g. № 1912-p. – URL: [http://publication.pravo.gov.ru/Document / View/0001202107200045?index=2](http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107200045?index=2).
3. State Council. Several Opinions of the State Council on Promoting the Sustainable Development of Resource-Based Cities: Index No. 000014349/2007-00203 – Guofa [2007] No. 38 – March 28, 2008. – URL: [https:// www.gov.cn/zhengce/content/ 2008-03/28/content_4941.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_4941.htm).
4. State Council. Notice of the State Council on Issuing China’s Action Plan for Sustainable Development in the Early 21st Century: Index No. 000014349/2003-00009 – Guofa [2003] No. 3 – March 28, 2008. – URL: [https:// www.gov.cn/zhengce/content/ 2008-03/28/content_2108.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_2108.htm).
5. State Council. Notice of the State Council on Issuing the National Sustainable Development Plan for Resource-Based Cities (2013-2020): Index Number: 000014349/2013-00143 – Guofa [2013] No. 45 – December 02, 2013. – URL: [https:// www.gov.cn/zhengce/content/2013-12/02/content_4549.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2013-12/02/content_4549.htm).
6. State Council. Notice of the State Council on Issuing China’s Plan for the Construction of Innovation Demonstration Zones for the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development: Index No.: 000014349/2016-00241 – State Council – Guofa [2016] No. 69 – December 13, 2016. – URL: [https:// www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/13/content_5147412.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/13/content_5147412.htm).
7. Brody, H. Building a circular economy. Nature. 2022 Nov; 611(7936):S1. doi: 10.1038/d41586-022-03643-2. PMID: 36385552.
8. Volotkovich, E. Stroeniya iz steklyannyh butylok: realnost ili fantastika / E. Volotkovich // StroyDay.ru. Vedutshii stroitelnyy portal Rossii – [https://stroyday.ru/ ъnews/stroeniya-iz-steklyannyx-butylok-realnost-ili-fantastika.html](https://stroyday.ru/news/stroeniya-iz-steklyannyx-butylok-realnost-ili-fantastika.html).
9. Demshina, N. Dom iz plastika / N. Demshina // Edinyi promyshlennyi portal Sibiri. «Promyshlennye stranitsy Sibiri» №8 (91) avgust 2014 g. – [https:// epps.ru/journal/detail. php?id=1258](https://epps.ru/journal/detail.php?id=1258).
10. Kramar, L.YA. Bystrotverdeyushchii, dysokoprochnyi i morozostoikii beton na osnove shlakoportlandtsementa / L.YA. Kramar, I.M. Ivanov // Vestnik Yushchno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arhitektura. 2021. T. 21, № 1. – С. 48–53.

11. Gorbunov, S.P. Ispolzovanie malotsementnyh vyazhushchih pri proizvodstve stroitelnyh materialov / S.P. Gorbunov, S.N. Pogorelov, G.S. Semenyak // Nauka YUUrGU. Sektsii tehnikeskikh nauk: materialy 66-i nauch. konf. Chelyabinsk: Izdat. Tsentr YUUrGU, 2014. T. 1. – С. 906–911.
12. Abyzov, V.A. Promyshlennyye othody kak syre dlya proizvodstva zharostoikih betonov: klassifikatsiya i oblasti primeneniya / V.A. Abyzov, O.A. Klinov // Nauka YUUrGU. Sektsii tehnikeskikh nauk: materialy 60-i yubil. nauch. konf. Chelyabinsk: Izd-vo YUUrGU, 2008. T. 1. – С. 11–14.
13. Suhinina, E.A. Sovremennyye tendentsii ekologichnosti: stroitelstvo domov iz othodov / E.A. Suhinina, A.S. Stepanova // Zhurnal “Tvorchestvo i sovremennost”. 2020 g. – <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-ekologichnosti-stroitelstvodomov-iz-othodov>.
14. Maksimova O., Mihaylichenko K., Kurbatova A., Korshunova A., Klimakina A. Ekologicheskaya bezopasnost stroitelnyh materialov, pri proizvodstve kotoryh ispolzuyutsya othody proizvodstva i potrebleniya (na primere ekobetona). Ekologiya i promyshlennost Rossii. 2017;21(9):58-63. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-9-58-63>.
15. Ferronato N, Fuentes Sirpa RC, Guisbert Lizarazu EG, Conti F, Torretta V. Construction and demolition waste recycling in developing cities: management and cost analysis. Environ Sci Pollut Res Int. 2023 Feb;30(9):24377-24397. doi: 10.1007/s11356-022-23502-x. Epub 2022 Nov 7. PMID: 36342611; PMCID: PMC9938826.
16. Naik, Tarun R., and Giacomo Moriconi. Environmental-friendly durable concrete made with recycled materials for sustainable concrete construction // International Symposium on Sustainable Development of Cement, Concrete and Concrete Structures, Toronto, Ontario, October. Vol. 5. No. 7. 2005.
17. Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E. Utilization of recycled and waste materials in various construction applications // American Journal of Environmental Science. –2013., T. 9. №. 1. – С. 14–24.
18. Islam R, Nazifa TH, Yuniarto A, Shanawaz Uddin ASM, Salmiati S, Shahid S. An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. Waste Manag. 2019 Jul 15;95:10-21. doi: 10.1016/j.wasman.2019.05.049. Epub 2019 Jun 3. PMID: 31351595.
19. Wang Shu. Appreciation of Ningbo Museum. – <https://max.book118.com/html/2016/0514/42964259.shtm>.
20. “Borrowing” building materials from residents: Eindhoven Public Pavilion, Netherlands / bureau SLA + Overtreders W. – <http://www.archcollege.com/archcollege/2019/05/44250.html>.
21. Van Dusen Arboretum Visitor Center / Perkins&Will. – <https://www.archdaily.cn/cn/957263/vandusenzhi-wu-yuan-you-ke-zhong-xin-perkins-and-will>.

Терешина О.Б.,

кандидат искусствоведения, доцент, доцент кафедры «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. E-mail: tereshinaob@susu.ru

Ху Явэй,

студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. E-mail: 786072601@qq.com

Юэ Мэнжань,

студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: 212553414@qq.com

Tereshina Olga,

associate professor of the department “Architecture”, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. E-mail: tereshinaob@susu.ru

Khu Yavey,

student, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. E-mail: 786072601@qq.com

Yue Menzhan,

student, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. E-mail: 212553414@qq.com

Поступила в редакцию 23.01.2024