



Использование вторичных материалов, получаемых в ходе демонтажа объектов, подвергающихся реновации в Санкт-Петербурге

И.С. Савин, Т.А. Иванова, Л.Г. Колесникова

Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный университет

Аннотация: В статье рассмотрено использование вторичных материалов, получаемых при демонтаже объектов в процессе реновации в Санкт-Петербурге. Выделены районы Санкт-Петербурга с «проблемными» домами, такими, как панельные «хрущевки» и «корабли» первого типа. Приведены данные о видах отходов, объемах бетонного лома, особенностях и области применения вторичных щебней. Даны примеры организаций в Санкт-Петербурге, занимающиеся переработкой отходов. Цель работы – исследование возможностей переработки строительных отходов для повторного использования в строительстве и благоустройстве региона.

Ключевые слова: вторичные материалы, демонтаж, реновация, бетонный лом, строительные отходы, переработка, щебень, устойчивое развитие, Санкт-Петербург, экология.

Значительное количество жилых домов в Санкт-Петербурге было построено в середине XX века. Они нуждаются в капитальном ремонте или полной реновации. Около 40% жилого фонда города, включая как старые панельные дома, так и исторические здания, требуют капитального ремонта или замены. По предварительным оценкам экспертов, это может касаться порядка 10000-15000 домов. Эти данные являются ориентировочными и могут уточняться в ходе углубленного анализа состояния жилого фонда.

Реновация – это процесс обновления, реконструкции или модернизации существующих зданий и инфраструктуры. В контексте городского развития реновация включает снос старых, аварийных зданий и строительство на их месте новых, более современных объектов. В России реновация - это часть городской программы, направленной на решение проблемы старого жилого фонда и улучшение жилищных условий. Программа реновации городских территорий вносит свой «вклад» в проблему охраны окружающей среды и

открывает широкие возможности поиска путей утилизации отходов строительных материалов и конструкций [1].

Реновация в Санкт-Петербурге – это не только обновление жилого фонда, но и улучшение качества жизни горожан. Некоторые «проблемные районы», такие, как: Калининский – микрорайоны со старыми панельными домами; Невский, Кировский: – зоны с низким уровнем жилищных условий и старыми постройками, такими, как «Хрущевки» (рис.1) и «Корабли» первого типа (рис. 2); Фрунзенский – наличие большого числа устаревших жилых комплексов и Петродворцовый испытывают потребность в обновлении - модернизации старых панельных домов, особенно в пригородной зоне и устаревших жилых комплексов (рис. 3).

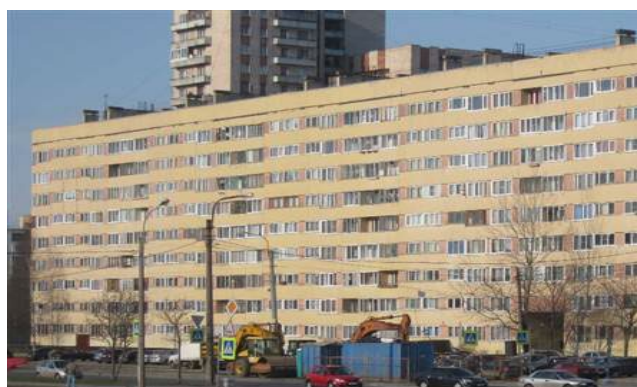


Рис. 1. – Дома - «Корабли» [2]



Рис. 2. – Панельные хрущевки [3]

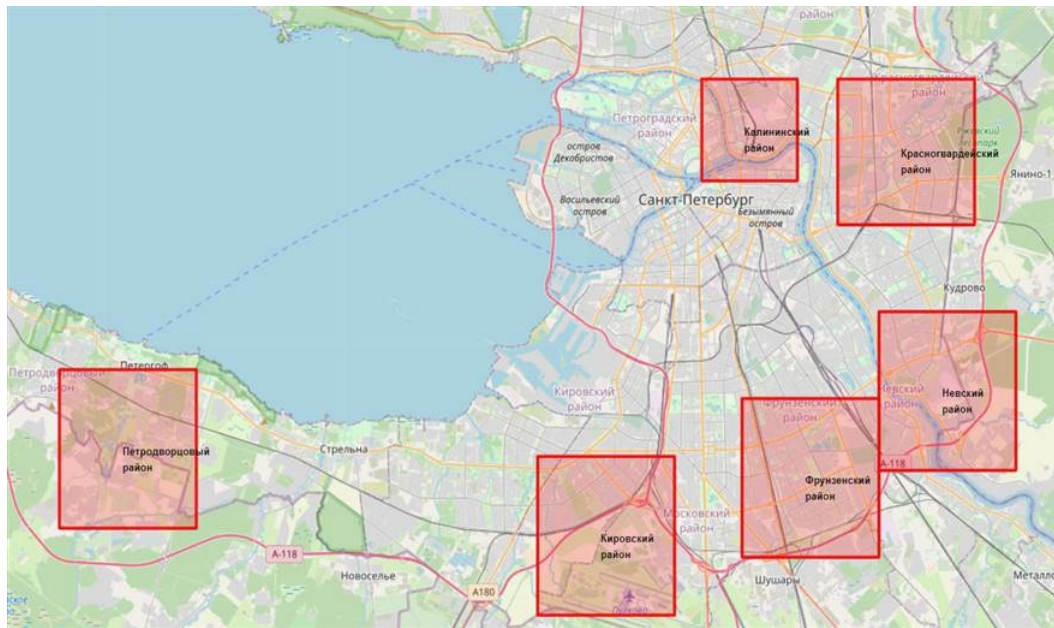


Рис. 3 – Районы Санкт-Петербурга, требующие реновации

Основная проблема заключается в огромном объёме строительных отходов, образующихся при демонтаже (реновации) зданий. Для обеспечения устойчивого развития города важно не только избавляться от этих отходов, но и находить пути их повторного использования [4,5].

Пример реновации в г. Москва показывает, что на каждый снесённый дом образуется в среднем от 1000 до 5000 кубических метров строительных отходов. В Санкт-Петербурге этот показатель оценивается в среднем в 3.000 кубических метров на дом, что может привести к образованию от 30 до 45 миллионов кубических метров строительных отходов при реновации 10000-15000 домов. Эти отходы включают в себя бетон, кирпич, дерево, металл и другие материалы, которые зачастую отправляются на свалки, увеличивая нагрузку на окружающую среду [4]. На данный момент большая часть образующихся строительных отходов в Москве вывозится на полигоны и свалочные площадки, включая несанкционированные свалки, расположенные в черте города [6].



Масштабные эксперименты по изучению свойств вторичных заполнителей и бетонов на их основе проводятся в Японии с 1947 года. США обладают многолетним опытом в области использования бетона [7].

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 сносу. Согласно данным ряда исследований, на долю железобетонного лома приходится до 50-70% массы всех отходов, образующихся при сносе старых построек [8].

В настоящее время вопрос замены природных заполнителей на вторичные материалы из лома бетона и железобетона стоит очень остро, особенно в новых регионах России. Для реализации этого необходимо организовать сбор отходов, провести их сортировку, удалить металл, затем осуществить фракционирование щебня и измельчить фракцию 0–10 мм до степени тонкости помола портландцемента [8,9]. Идея использования строительных материалов и конструкций, образующихся после сноса зданий и сооружений не нова. С одной стороны, это экономически эффективно, так как вторичное использование строительных материалов и конструкций приводит к значительному снижению стоимости возводимых сооружений. С другой стороны – сокращение площадей полигонов захоронения отходов, тем самым – улучшающие экологическую ситуацию [1,4].

Приведем примеры некоторых компаний в Санкт-Петербурге, занимающихся переработкой строительных отходов:

1. Группа компаний Прайд

- Уровень переработки: до 85%
 - Материалы: бетон, кирпич, дерево, металл, пластик
 - Районы работы: вся территория СПб
-

2. СпецТранс

- уровень переработки: 70%
- материалы: Смешанные строительные отходы, дерево, металл
- районы работы: Центральные и северные районы, такие как Невский и Приморский

3. Эковтор

- Уровень переработки: 85%
- Материалы: бетон, асфальт, металл и деревянные отходы
- Районы работы: южные и восточные районы, включая Московский и Фрунзенский [10].

Начальной задачей является изучение свойств продуктов дробления вторичного бетона (бетонного лома), включая гранулометрический состав, с целью определения возможности их использования в бетонных смесях при производстве бетона в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Это позволит не только сократить количество отходов, но и снизить нагрузку на природные ресурсы, способствуя устойчивому развитию региона.

Мы провели исследование бетонного лома, полученного из изделий с истекшим сроком эксплуатации со строительного объекта и из испытанных лабораторных образцов (рис. 4).



Рис. 4. – Бетонный лом со строительного объекта

Вторичный щебень подвергался процессу дробления в щековой дробилке в лабораторных условиях до получения фракций от 5 до 25 миллиметров и было проведено определение гранулометрического состава (методом ситового анализа) первичного (природного) щебня и двух видов вторичного щебня. (рис. 5)



Рис. 5. – Определение гранулометрического состава вторичного щебня

На основании наших исследований было установлено, что вторичный щебень из бетонного лома конструкций, содержит большее количество крупных частиц по сравнению с природным щебнем и вторичным щебнем из испытанных лабораторных образцов (таблица 1). Это происходит из-за образования на поверхности пористых частиц заполнителя слоя обезвоженного, более плотного и неподвижного цементного теста. Этот слой фактически увеличивает размер зерен заполнителя и способствует более тесному контактному взаимодействию крупных зерен в матрице подвижной растворной части бетонной смеси [8,11], а это затрудняет его использование в конструкциях, где требуется однородный и плотный состав. От гранулометрического состава зависят многие показатели щебня (таблица 2).



Вид щебня	Остатки на ситах	Размеры сит ,мм				
		25	20	12,5	5	<5
Первичный щебень (масса пробы 5 кг)	Частные, г	27	154,6	2071,8	2663,4	83,2
	Частные, %	0,54	3,092	41,436	53,268	1,664
	Полные, %	0,54	3,632	45,068	98,336	100
Вторичный щебень из бетонного лома (масса пробы 5 кг)	Частные, г	766,5	1058,5	1285	886,5	1003,5
	Частные, %	15,33	21,17	25,7	17,73	20,07
	Полные, %	15,33	36,5	62,2	79,93	100
Вторичный щебень из лабораторных образцов(масса пробы 5 кг)	Частные, г	635,55	834,89	2579,74	785,65	164,17
	Частные, %	13,55	17,8	55,0	16,75	3,5
	Полные, %	6,95	24,75	79,75	96,5	100

Таблица 1 – Гранулометрические составы

Мы видим, что вторичный щебень имеет меньшую насыпную плотность по сравнению с первичным, что указывает на его высокую пустотность. Полученная смесь будет малоподвижной.

По плотности зерен вторичные щебни соответствуют требованиям ГОСТ и не особо отличаются от первичного щебня. Показатель пустотности у вторичного щебня выше, чем у первичного, что не удовлетворяет стандарту. Щебень с высокой пустотностью обычно требует большего количества вяжущего.

Содержание игловатых и пластичных зёрен у вторичных щебней выше (группа щебня 3), чем у первичного, но соответствует требованиям ГОСТ. Высокий показатель содержания игловатых зёрен может негативно сказываться на прочности и плотности укладки бетонной смеси. Это связано с разрушением крупных фрагментов при демонтаже и недостаточной



переработкой щебня, что приводит к образованию частиц неправильной формы.

Показатель	Первичный щебень	Вторичный щебень из бетонного лома	Вторичный щебень из лабораторных образцов	Требования нормативов	ГОСТ
$\rho_{\text{насыщ}}$, кг/м ³	1448	1117	1173	1100-1600	ГОСТ 8267-93
$\rho_{\text{зерен}}$, кг/м ³	2860	2380	2500	2000-2800	ГОСТ 32495-2013
$P_{\text{щ}}$, %	49,4	53,1	53,1	<50	ГОСТ 8267-93
Содержание игловатых и пластичных зёрен, %	13 %	22,5 %	22,8	<35	ГОСТ 32495-2013
Группа по лещадности	2	3	3	-	

Таблица 2 – Показатели щебней

Вторичный щебень из конструкций и из лабораторных образцов не особо отличаются по данным показателям.

Основываясь на анализе показателей, можно сказать, что вторичный щебень из объектов демонтажа в Санкт-Петербурге подходит для применения в строительных и дорожных работах с низкой нагрузкой, таких как дренажные системы и обратные засыпки. Использование вторичного материала снижает стоимость и способствует экологической устойчивости, однако его применение требует учета особенностей гранулометрического состава и дополнительной обработки (вторичного дробления и возможно мытья для снижения количества цементного камня на зёрнах, для



достижения необходимых свойств материалов с применением вторичного бетонного лома.

Возможное использование вторичного щебня в зависимости от крупности зёрен (фракций):

1 - Вторичный щебень крупных фракций (20 мм и более) используется для создания фундаментов и оснований под здания при реновации старых сооружений. Это позволяет укрепить конструкцию и снизить затраты на материалы [11].

2 - Вторичный щебень фракций 10–20 мм применяется для заполнения пустот и создания устойчивых оснований при восстановлении и усилении несущих конструкций зданий.

3 - Фракции 5–10 мм используются для создания дорожных покрытий, отмосток и благоустройства прилегающих территорий, что особенно важно при реновации старых жилых кварталов и общественных пространств.

4 - Фракции 5–10 мм и 10-20 мм из бетонного лома можно использовать в качестве крупного заполнителя для бетонных и железобетонных изделий (до класса В25)

5 - Фракции ниже 5 мм могут быть использованы в качестве песка и наполнителя при производстве строительных растворов, блоков и других элементов, необходимых для ремонта и модернизации зданий.

Вопрос использования вторичных сырьевых ресурсов (бетонного лома), вызывает интерес, так как обеспечивает расширение сырьевой базы заполнителей [12].

В дальнейшем мы планируем подобрать состав бетонной смеси на основе введения первичного и вторичного щебня (в разных пропорциях) с целью получения оптимального состава для класса В20 по прочности на сжатие с последующим увеличением класса бетона и проверкой других технических характеристик.



Литература

1. Миронова В.В., Сергеева Н.Д. Экономическо-экологические аспекты перспектив возведения сооружений из материалов на основе вторичного сырья // Вестник магистратуры, 2022, № 5-1 (128). с.33-36.
 2. GradPetra. Петергофское шоссе, дом 7, корпус 1. Фрагмент фасада со стороны ул. Десантников. Вид с Петергофского шоссе. URL: photo.gradpetra.net/views/38218.html
 3. Союз архитекторов Севастополя. От хрущовки и до хрущовки. Типовой жилой дом. URL: sevarch.ru/article36
 4. Ищенко А.В., Твердохлебова Е.А. Отходы строительного производства: источники, классификация, методы утилизации // Инженерный вестник Дона, 2024, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9141
 5. Ветрова О.А. Методы утилизации строительных отходов демонтажа конструкций двух зданий производственного назначения // Инженерный вестник Дона, 2024, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9147
 6. Efimov V., Pogodin D., and Fakhratov M. Technological processes of reusing crushed concrete in the demolition of buildings in construction//E3S Web of Conferences. 2019. V. 110, p. 01038. URL: [10.1051/e3sconf/201911001038](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001038). DOI: [10.1051/e3sconf/201911001038](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001038) EDN: IQIBVP
 7. Taushunaev S., Fachratov M. Construction waste processing management and demolition of five-storey apartment blocks in Moscow // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2018. - Vol. 365. - 062013. DOI: [10.1088/1757-899X/365/6/062013](https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/6/062013) EDN: YBWOBV
-



8. Владимиров С.Н. Проблемы переработки отходов строительной индустрии // Системные технологии, 2016, №19 URL: cyberleninka.ru/article/n/problemy-pererabotki-othodov-stroitelnoy-industrii/viewer
9. Ищенко А.В., Твердохлебова Е.А. Обзор современных технологий утилизации строительных отходов // Инженерный вестник Дона, 2024, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9083
10. Романенко И. И., Петровнина И.Н. Взгляд на проблему повторного применения лома бетона в строительной индустрии // Инженерный вестник Дона, 2024, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9149
11. Коровкин М.О., Шестернин А.И., Ерошкина Н.А., Зенкин В.В., Саденко С.М. Влияние вторичного заполнителя на основе бетонного лома на свойства бетона // Инженерный вестник Дона, 2024, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9292
12. Чурсин С.И., Поздняков А.В. Тяжелые бетоны с использованием модифицированного мелкого заполнителя из бетонного лома // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. № 4 (2). С. 209-215.

References

1. Mironova V.V., Sergeeva N.D. Vestnik magistratury`, 2022, № 5-1 (128) pp.33-36.
 2. GradPetra. Petergofskoe shosse, dom 7, korpus 1. Fragment fasada so storony` ul. Desantnikov. Vid s Petergofskogo shosse. GradPetra. [Peterhofskoe highway, house 7, building 1. Fragment of the facade from the side of Desantnikov Street. View from the Peterhof highway]. URL: photo.gradpetra.net/views/38218.html
-



3. Soyuz arxitektorov Sevastopolya. Ot xrushhovki i do xrushhovki. Tipovoj zhiloy dom [Union of Architects of Sevastopol. From Khrushchovka to Khrushchovka. Typical residential building]. URL: sevarch.ru/article36
4. Ishhenko A.V., Tverdoxlebova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9141
5. Vetrova O.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9147
6. Efimov V., Pogodin D., and Fakhratov M. E3S Web of Conferences. 2019. V. 110, p. 01038. URL: [10.1051/e3sconf/201911001038](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001038). DOI: [10.1051/e3sconf/201911001038](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001038) EDN: IQIBVP
7. Taushunaev S., Fachratov M. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. 062013. DOI: [10.1088/1757-899X/365/6/062013](https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/6/062013) EDN: YBWOBV
8. Vladimirov S.N. Sistemny`e texnologii, 2016, №19. URL: cyberleninka.ru/article/n/problemy-pererabotki-othodov-stroitelnoy-industrii/viewer
9. Ishhenko A.V., Tverdoxlebova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9083
10. Romanenko I. I., Petrovnina I.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9149
11. Korovkin M.O., Shesternin A.I., Eroshkina N.A., Zenkin V.V., Sadenko S.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9292
12. Chursin S.I., Pozdnyakov A.V. Vestnik Donbasskoj nacional`noj akademii stroitel`stva i arxitektury`. 2018. № 4 (2). pp. 209-215.

Дата поступления: 19.11.2024

Дата публикации: 2.01.2025