

## КРЫШНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ КАК ПУТЬ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

**Литвинова А.И., Федотовский О.Е., Виноградов Р.А., Евстигнеева Н.А.**  
*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет,  
Москва, e-mail: tb\_conf@mail.ru*

Рассмотрены негативные последствия процесса урбанизации для состояния окружающей среды и здоровья городского населения. Указан один из путей оздоровления среды обитания горожан – увеличение площади озелененных территорий поселений. Раскрыты причины, не позволяющие увеличить площадь озеленения с использованием традиционных решений и потому требующие поиска альтернативных вариантов. Приведен альтернативный путь озеленения городской территории – «натурализация застройки», под которой понимают проектирование, возведение и содержание растительного покрова на любых поверхностях зданий и сооружений. Широкое применение крышного и вертикального элементов «зеленой» архитектуры позволяет значительно увеличить удельную площадь озеленения и тем самым повысить качество жизни горожан. На основе материалов открытых литературных источников, включая соответствующие руководства городов Филадельфия (США), Веллингтон (Новая Зеландия), исследованы достоинства и недостатки крышного озеленения. Рассмотрены основные типы «зеленых» крыш. Приведена конструкция «зеленой» крыши и ее основные элементы. Указаны требования (в зависимости от типа «зеленой» крыши) к субстрату и высаживаемым в него растениям. Описаны мероприятия по обслуживанию «зеленых» крыш. Раскрыт потенциал применения «зеленых» крыш в городских поселениях. По результатам выполненного исследования сделаны выводы.

**Ключевые слова:** урбанизация, плотная застройка, окружающая среда, городское население, здоровье, «зеленая» крыша

## ROOF GREENING AS A WAY OF URBAN ENVIRONMENT RECOVERY

**Litvinova A.I., Fedotovskiy O.E., Vinogradov R.A., Evstigneeva N.A.**  
*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University,  
Moscow, e-mail: tb\_conf@mail.ru*

The negative consequences of the urbanization process for the state of the environment and health of the urban population are considered. One of the ways to recover urban environment is indicated. It is an increase of green areas in settlements. The reasons that do not allow to extend the greening area with traditional solutions are disclosed. Therefore, the search of alternative solutions is required. There is an alternative way of urban area greening. It is the «naturalization of buildings», it means designing, constructing and plants maintaining on all surfaces of buildings and structures. The widespread use of roof and vertical green architecture can significantly increase the specific area of greening. It allows to improve the quality of urban population life. The advantages and disadvantages of roof greening based on open literature sources, including the city guidance manual of Philadelphia (the USA), Wellington (New Zealand) have been investigated. The main types of green roofs are considered. The construction of the green roof and its main elements are presented. Requirements (depending on the type of green roof) for the growing medium and the plants are indicated. The measures for the maintenance of green roofs are described. The potential of green roofs using in urban settlements is revealed. Conclusions based on the study results are made.

**Keywords:** urbanization, dense building, environment, urban population, health, green roof

Рост численности населения планеты происходил одновременно с процессом урбанизации, выражающимся в повышении роли городов в развитии общества. Этот процесс привел к увеличению числа городских поселений и концентрации в них населения. Первоначально – с конца XVIII века – процесс урбанизации охватил промышленно развитые страны Западной Европы и Северной Америки. В России начало урбанизации относят к началу XIX века, когда доля городского населения превысила 4% (табл. 1). В настоящее время по доле горожан Россия находится на средневропейском уровне: три четверти ее населения проживает «в городах, занимающих 0,65% территории страны» [1]. Наибольшая плотность населения приходится на Москву и Санкт-Петербург, соответственно 4 956,06 чел./км<sup>2</sup> и 3 843,90 чел./км<sup>2</sup> (данные приведены по состоянию на начало 2020 г.) [2].

Вне всякого сомнения, урбанизация способствовала позитивному развитию экономики – росту производства, повышению его энерговооруженности и производительности, увеличению видов и числа транспортных средств, но вместе с тем привела к ряду негативных последствий:

– загрязнению (физическому, химическому, биологическому, эстетическому) среды обитания горожан, что отразилось на состоянии их здоровья (табл. 2);

– изменению водного баланса территории за счет строительства водонепроницаемых поверхностей (асфальтобетонных покрытий, кровель зданий и сооружений), что привело, с одной стороны, к увеличению объема и скорости стока дождевых, талых вод, а с другой стороны, к уменьшению объема вод, пополняющих подземные водоносные горизонты (рис. 1).

Таблица 1

Уровень урбанизации в России / СССР [3, 4]

Год	Начало XVIII в.	Начало XIX в.	Середина XIX в.	1887	1913	1926	1940	1960	1990	2019
	Российская империя			СССР		РСФСР		Россия		
Доля городского населения, %	3	Св. 4	8	Св.13	18	18	33	54,7	73,6	74,6

Таблица 2

Сравнение заболеваемости городских и сельских жителей России, на 100 тыс. человек населения [5, с. 52, 54]

Болезнь	Год					
	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Зарегистрировано заболеваний злокачественными новообразованиями (диагноз установлен впервые в жизни)	<u>342,1</u> 294,8	<u>376,3</u> 321,4	<u>415,8</u> 364,8	<u>422,3</u> 369,3	<u>435,3</u> 376,9	<u>438,5</u> 387,5
Острые инфекции верхних дыхательных путей	<u>21 193,9</u> 11 607,6	<u>23 073,4</u> 10 558,0	<u>23 699,0</u> 11 169,6	<u>25 251,6</u> 11 165,6	<u>25 262,8</u> 11 135,1	<u>24 512,9</u> 10 687,7
Грипп	<u>670,9</u> 553,8	<u>22,5</u> 9,6	<u>38,9</u> 19,8	<u>70,6</u> 31	<u>40,4</u> 18,5	<u>30,6</u> 13,9
Острые кишечные инфекции	<u>493,6</u> 297,2	<u>647,9</u> 348,8	<u>586,2</u> 328,7	<u>614,6</u> 330,1	<u>596,9</u> 314,5	<u>608,4</u> 312,0

Примечание. Над чертой указаны статистические данные заболеваемости городских жителей, под чертой – данные заболеваемости сельских жителей.

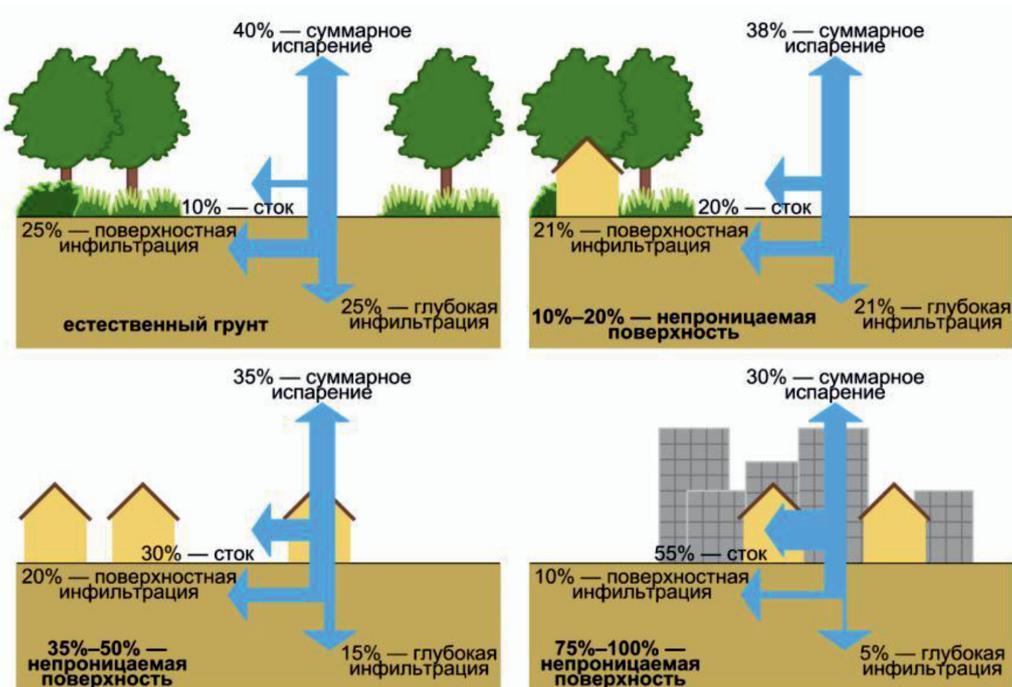


Рис. 1. Изменение распределения поступающей на поверхность воды в зависимости от степени урбанизации территории [6, с. 5]

Одним из путей оздоровления городской среды является озеленение. Однако вследствие уже существующей плотной застройки, а также за счет активно ведущей-

ся в настоящее время точечной застройки в старых районах городов, расширения городских автомагистралей и улиц сокращаются территории с традиционными видами

озеленения, размещаемыми во дворах, садах, скверах, бульварах, парках и т.п., и одновременно увеличивается доля водонепроницаемых поверхностей. В сложившихся условиях единственный способ сохранить соответствующую российским нормам, регламентируемым СП 42.13330.2016, удельную площадь озеленения (площадь озеленения, приходящуюся на одного человека), необходимую для обеспечения комфортных условий проживания горожан, – это поиск альтернативных вариантов озеленения городских территорий. Таким альтернативным путем является «натурализация застройки», под которой понимают «создание и содержание на любых поверхностях зданий и сооружений – вертикальных, горизонтальных и наклонных – растительного покрова из специально подобранных видов растений, соответствующих местным географическим условиям, градостроительным характеристикам, а также параметрам конкретного строительного элемента» [1]. Для большинства районов России, учитывая их климатические особенности, наиболее рациональным представляется использование крышного озеленения – так называемых «зеленых» крыш. Ясно, что только озеленение – традиционное и альтернативное – не способно решить задачу достижения устойчивого развития урбанизированных территорий, однако оно способно значительно смягчить нарушенное в городах экологическое равновесие и его последствия.

Целью настоящей работы являлось исследование преимуществ и недостатков применения крышного озеленения в городах.

#### Материалы и методы исследования

Материалами исследования служили литературные источники, находящиеся в свободном доступе, в том числе зарубежные руководства (методические рекоменда-

ции) по проектированию, строительству и эксплуатации «зеленых» крыш. На основе указанных источников выполнен анализ крышного озеленения, позволивший достичь поставленной цели исследования.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что применение крышного озеленения не является чем-то новым в истории человечества и насчитывает уже несколько сотен лет [7, с. 226; 8, с. 53]. В частности, первые упоминания о русских садах на крышах относятся к XVII веку [7, с. 226]. В 1920-е годы плоские крыши с элементами озеленения использовали при проектировании зданий советские архитекторы [7, с. 227]. Известны отдельные реализованные в России в конце XX – начале XXI века проекты «зеленых» крыш [7, с. 228], но массового распространения в нашей стране крышное озеленение пока не получило: в отличие от других стран аспекты альтернативного озеленения в России развиваются лишь в теории [9, с. 167].

За рубежом же «зеленые» крыши (*green roofs, roof gardens, eco-roofs*) становятся «все более популярным элементом экологического строительства» [8, с. 53]. Их сегодня сооружают в различных климатических зонах, включая зону умеренного климата [8, с. 57], где среднемесячная температура самого холодного месяца года ниже 0 °С.

*Классификация «зеленых» крыш.* В зависимости от характера использования различают два основных типа «зеленых» крыш:

– *интенсивные (intensive green roofs)*, имеющие многофункциональное назначение, в них сочетают озелененные пространства с площадками для отдыха, спорта и пр. (рис. 2);

– *экстенсивные (extensive green roofs)*, на которые доступ имеет только обслуживающий их технический персонал (рис. 3).



Рис. 2. Интенсивная «зеленая» крыша [10, с. 16]



Рис. 3. Экстенсивная «зеленая» крыша на промышленном здании [11, с. 105]

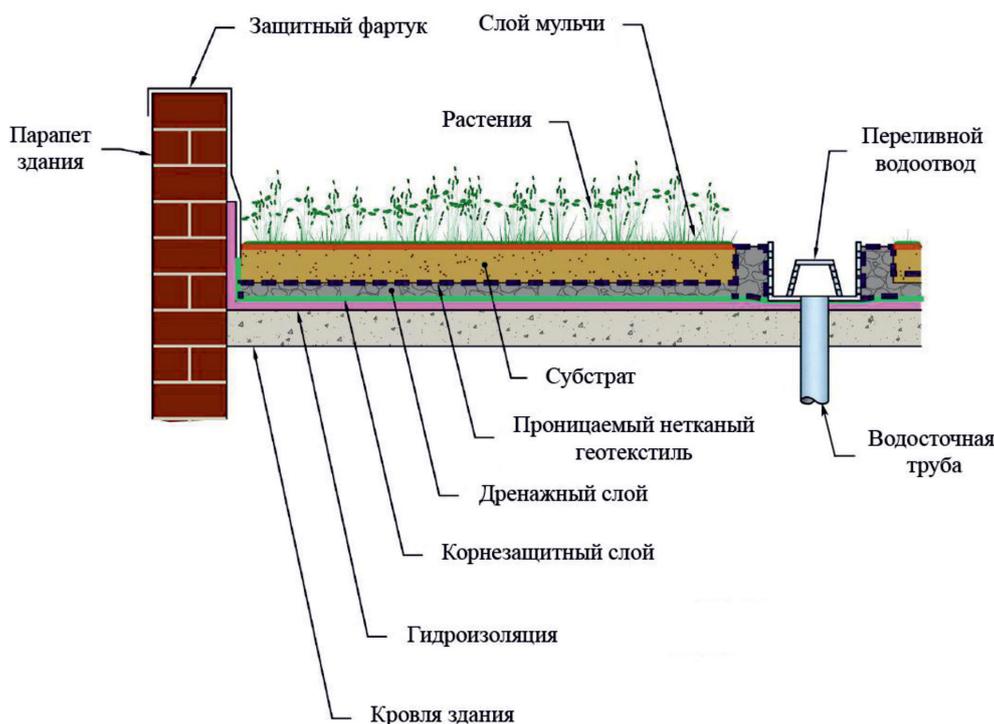


Рис. 4. Конструкция «зеленой» крыши: основные элементы [11, с. 179]

Российскими авторами (в частности, Вебером А.А., Кучеровым А.С., Лыловым А.С.) применяются также другие названия указанных типов «зеленых» крыш – эксплуатируемые и неэксплуатируемые сады.

*Основные элементы «зеленой» крыши.* Конструкция «зеленой» крыши, вне зависимости от того, к какому типу она относится – интенсивному или экстенсивному, – в своем составе имеет одни и те же основные элементы [11, с. 107; 12, с. 56; 13, с. 6] (рис. 4):

- гидроизоляционный слой;
- корнезащитный слой;
- дренажный слой;
- фильтровальный слой;
- питательную среду для выращивания растений (субстрат);
- растения.

Отвод избыточных дождевых, поливочных и талых вод на озелененных крышах осуществляется с использованием предусмотренного в здании или сооружении водоотвода.

Конструкция «зеленой» крыши подобна конструкции дождевых садов (*rain gardens*), в которых поступающие поверхностные сточные воды (дождевые, талые, поливочные), пройдя специально спроектированную фильтрующую загрузку (субстрат) с высаженными в ней высшими растения-

ми, отводятся по дренажной системе [13, с. 6]. Дождевые сады нашли широкое применение за рубежом (США, Канада, западноевропейские страны, Австралия, Новая Зеландия, Китай) для очистки поверхностного стока, в том числе стока с улично-дорожной сети населенных пунктов [14].

*Область применения.* «Зеленые» крыши могут быть спроектированы для зданий и сооружений, уже построенных и введенных в эксплуатацию. Но здесь ключевой проблемой является наличие несущей конструкции крыши здания или сооружения, способной выдержать дополнительную нагрузку (вес), а также наличие надежной гидроизоляции. В связи с чем рациональнее предусматривать устройство «зеленой» крыши еще на стадии проектирования здания или сооружения. Согласно рекомендациям [13, с. 7] для проектирования «зеленых» крыш требуются плоские кровли с уклоном:

- для интенсивных «зеленых» крыш: не более 10%;
- для экстенсивных: менее 25%.

*Растения и субстрат.* Для экстенсивной «зеленой» крыши используют газонные травы, почвопокровные растения и мхи (мятлик, овсяница, подорожник, камнеломка, ясколка, седум и др.), при этом мощность субстрата (питательной среды) варьируется

от 30 мм (для мхов) до 150 мм (для газона). Для озеленения интенсивной крыши можно использовать не только травянистые растения, но также кустарники и деревья. Мощность субстрата – от 150 мм (для трав) до 1 м (для кустарников) [8, с. 54]. От надлежащего подбора растений зависит эффективность «зеленых» крыш.

Требуемая мощность питательного слоя (субстрата) и его состав зависят как от местных климатических условий, так и от применяемых растений. При этом субстрат – для уменьшения нагрузки на несущие конструкции здания (сооружения) – должен состоять из легкого минерального материала с минимальным количеством органических веществ [11, с. 108]. В частности, в методических рекомендациях [12, с. 56] в качестве субстрата предлагается использовать смесь, состоящую из керамзита, вулканических пород, перлита с содержанием органических веществ от 10% до 20%.

С целью создания благоприятных условий для растений, высаживаемых на крышах многоэтажных зданий, применяют специальные конструкции солнцезащитных экранов [7, с. 227]. Также рекомендуется «включать» водные устройства, охлаждающие и увлажняющие воздух; предусматривать активный полив растений и дренирование питательного слоя грунта, укрытие грунта в зимнее время» [10, с. 15].

*Обслуживание.* «Зеленые» крыши требуют регулярного ухода, включая полив в засушливые периоды, прополку, кошение растительности, борьбу с вредителями. В связи с чем должен быть предусмотрен доступ на крышу технического персонала для обслуживания, а также обеспечена его безопасность.

*Преимущества и недостатки.* Несмотря на то, что проектирование и строительство «зеленых» крыш являются затратной стратегией, их эксплуатация способна обеспечить весомые преимущества, включающие [7, с. 227; 8, с. 53-54; 11, с. 105; 12, с. 56; 13, с. 7]:

- увеличение площади озеленения и благоустройства городских пространств;
- восстановление нарушенного водного баланса на территории городского поселения (посредством эвапотранспирации);
- повышение качества атмосферного воздуха (прежде всего за счет процесса фотосинтеза);
- улучшение параметров микроклимата городской среды (снижение температуры и повышение влажности воздуха в летнее время);
- снижение уровня шума (за счет звукопоглощения растениями и субстратом);

– положительное влияние на физическое и психическое здоровье населения;

– создание дополнительных мест обитания живых организмов, включая мигрирующие виды;

– способствование очищению дождевых вод от загрязняющих веществ (путем фильтрации через субстрат с высаженными в него растениями и активности микроорганизмов);

– уменьшение стока дождевых вод (за счет эвапотранспирации, а также удержания вод субстратом и дренажным слоем);

– снижение пиковых нагрузок на городские канализационные сети;

– увеличение срока службы кровли здания (сооружения) в два-три раза (за счет ее защиты от воздействия неблагоприятных внешних факторов).

В качестве недостатков «зеленых» крыш в литературе отмечают [7, с. 228, 230-231, 8, с. 54]:

– высокую нагрузку на несущие конструкции кровли, которую необходимо учитывать при проектировании;

– высокий уровень влажности слоев конструкции, требующий надежной гидроизоляции;

– воздействие микроорганизмов, химических веществ и корневой системы на гидроизоляционный материал;

– необходимость профессионального подбора растений, предварительного их выращивания в специальных условиях, а также налаженной службы ухода за растениями на этапе эксплуатации;

– высокую стоимость проектирования, строительства и ремонта.

В настоящее время в России намечился перелом в применении и развитии «зеленых» технологий в строительстве: с 01.06.2020 г. введен в действие ГОСТ Р 58875-2020, который впервые обозначил национальные технические и экологические требования к озеленению крыш зданий и сооружений. Тем самым проектные, строительные и эксплуатирующие организации получили нормативную поддержку в части реализации практики использования озеленения крыш зданий и сооружений, что дает основания прогнозировать в ближайшем будущем включение «зеленых» крыш в обязательную тактику обеспечения устойчивого развития городов и, как следствие, оздоровление городской среды.

#### Выводы

1. Обоснована актуальность применения крышного озеленения в современных городских поселениях.

2. Рассмотрены основные типы «зеленых» крыш, их конструктивные особенности, а также требования, предъявляемые к проектированию, строительству и обслуживанию.

3. Раскрыты преимущества и недостатки применения крышного озеленения в градостроительной деятельности.

#### Список литературы

1. Панкрушина А.Н., Дементьева С.М. Озеленение как фактор улучшения визуальной среды городских жителей [Электронный ресурс]. URL: <https://textarchive.ru/c-1420999.html> (дата обращения: 03.02.2021).
2. Плотность населения России по регионам и городам на квадратный километр [Электронный ресурс]. URL: <https://rosinfostat.ru/plotnost-naseleniya/> (дата обращения: 03.02.2021).
3. Урбанизация // Энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/es/59312/%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F> (дата обращения: 07.02.2021).
4. Демографический ежегодник России. 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. С. 15 [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Dem\\_ejegod-2019.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Dem_ejegod-2019.pdf) (дата обращения: 07.02.2021).
5. Здоровоохранение в России. 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 170 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2019.pdf> (дата обращения: 09.02.2021).
6. Методические рекомендации по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации / ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» Минстроя России. М., 2019. 166 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.faufcc.ru/upload/methodical\\_materials/mp06\\_2019.pdf](https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp06_2019.pdf) (дата обращения: 07.02.2021).
7. Туркина Е.А., Чистяков Д.А., Калугин А.Н. Тенденции развития горизонтального и вертикального озеленения зданий // Инновации и инвестиции. 2018. № 1. С. 226–231.
8. Жданова И.В., Кузнецова А.А., Дорофеева Е.Д. Экологические и эстетические аспекты применения вертикального озеленения и зеленых крыш в жилых зданиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2019. Т. 21. № 64. С. 53–59.
9. Кетова Л.П., Жиренко Д.И. Озеленение городской среды в Российской Федерации: проблемы нормативно-правового регулирования // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: сборник статей XXXIV Международной научно-практической конференции (Пенза, 30 августа 2019 г.). Пенза: изд-во «Наука и просвещение», 2019. С. 166–169.
10. Вебер А.А., Кучеров А.С., Лылов А.С. Озеленение городов в условиях плотной застройки // Мир инноваций. 2020. № 4. С. 8–18.
11. Stormwater Retrofit Guidance Manual / Philadelphia Water Department [Электронный ресурс]. URL: <https://www.phila.gov/water/PDF/SWRetroManual.pdf> (дата обращения: 31.05.2019).
12. Water Sensitive Urban Design. A Guide for WSUD Stormwater Management in Wellington [Электронный ресурс]. URL: <https://wellington.govt.nz/-/media/environment-and-sustainability/environment/files/wsud-guide.pdf> (дата обращения: 06.02.2021).
13. Device description and general guidance notes // On-Site Stormwater Management Guideline / Water Environment Research Foundation. Wellington, New Zealand. October 2004. Section 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.scribd.com/document/73716305/New-Zealand-On-Site-Stormwater-Management-Guideline-Water-Environment-Research-Foundation> (дата обращения: 29.01.2020).
14. Евстигнеева Ю.В., Трофименко Ю.В., Евстигнеева Н.А. Биоремедиационные технологии очистки поверхностного стока с улично-дорожной сети населенных пунктов // European Journal of Natural History. 2020. № 1. С. 81–87.