

## ИНЖЕНЕРНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЗЕЛеной КРОВЛИ

Горбунова Алина Игоревна<sup>1</sup>, Азарова Олеся Валентиновна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

[1nemeryukalina@mail.ru](mailto:nemeryukalina@mail.ru)

<https://orcid.org/0009-0001-0174-3696>

[2azarovaov@yandex.ru](mailto:azarovaov@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-4317-816X>

**Аннотация.** Зелёная кровля- эффективная технология, объединяющая традиционное строительство с ландшафтным дизайном и имеющая много преимуществ: разнообразие инженерных решений, которые позволяют озеленить практически любой тип крыши; более экономична при эксплуатации, чем обычная кровля, существенно улучшает условия проживания и жизнедеятельности городских жителей, создает привлекательный внешний вид здания; имеет высокую экологичность, являясь природным фильтром. Это пятый фасад здания, превращающий невостребованную площадь в полезную.

**Ключевые слова:** зеленая кровля; экстенсивное озеленение; интенсивное озеленение; пятый фасад здания.

**Для цитирования:** Горбунова А.И., Азарова О. В. Инженерные, экономические, социальные и экологические преимущества зеленой кровли/ Горбунова Алина Игоревна, Азарова Олеся Валентиновна // // Агрофорсайт. 2024. № 2— Саратов: ООО «ЦеСАин», 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

**Благодарности:** \_\_\_\_\_

**Финансирование:** исследование проводилось за счет собственных средств.

## ENGINEERING, ECONOMIC, SOCIAL AND ECOLOGICAL ADVANTAGES OF GREEN ROOFING.

Gorbunova Alina Igorevna<sup>1</sup>, Azarova Olesya Valentinovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov»

<sup>1</sup>[nemeryukalina@mail.ru](mailto:nemeryukalina@mail.ru)

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0001-0174-3696>

<sup>2</sup>[azarovaov@yandex.ru](mailto:azarovaov@yandex.ru)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4317-816X>

**Abstract.** Green roofing is an effective technology that combines traditional construction with landscape design and has many advantages: a variety of engineering solutions that make it possible to greening on almost any type of roof; more economical to use than regular roofing; significantly improves the living and working conditions of urban residents, creates an attractive appearance of the building, has a high environmental friendliness, being a natural filter. This is the fifth facade of the building, turning the unclaimed area into useful.

**Keywords:** green roof; extensive landscaping; intensive landscaping; the fifth facade of the building

**Acknowledgments:** \_\_\_\_\_

**Financing:** the research was carried out at own expense.

©Gorbunova A.I., Azarova O.V., 2024

### **Введение.**

Считается, что технология зеленой кровли элитарная и малодоступна, а устройство ее на жилых застройках нецелесообразно и дорого, в отличие от стандартной неэксплуатируемой кровли. В то же время, в мировой практике строительного производства зеленые кровли приобрели распространение, особенно в условиях городской застройки. Парки на кровлях устраивают не только на частных виллах и коттеджах, но и также на торговых и офисных центрах, например, ТЦ «Облака» в г. Энгельсе, промзонах, которые реконструируют, в спальнях районах и на других городских зданиях, например, ЖК «Волга sky» г. Саратов. Современному строительству нужно понимание, что устройство зеленой кровли имеет много преимуществ, основные из них:

16

- 1) Повышение тепло-и энергоэффективности проектных решений;
- 2) возможность получения дополнительных экономических и социальных эффектов от эксплуатации;
- 3) улучшение внешнего вида здания;
- 4) доступность для бюджетной застройки, благодаря возможности выбора для строительного проекта рационального типа зеленого покрытия.

Проблема использования свободных площадей в условиях больших городов, где свободная земля в дефиците и стоит дорого, очень актуальна.

Ухудшение экологической обстановки заставляет по-новому посмотреть на проблему насаждения садов на кровлях [1]. В связи этим, исследование по определению факторов, которые влияют на экономическую и социальную составляющую эффективности и привлекательности зеленых кровель, для всех участников строительных проектов очень актуально.

### **Результаты исследований.**

Зеленая кровля-это сочетание строительных технологий и приемов ландшафтного дизайна, то есть это крыша здания, частично или полностью покрыт почвой и растительностью [5].

Из всех типов зеленой кровли различают два главных:

- экстенсивная-предназначена для временного пребывания и фактически не предназначена для движения по ней, толщина слоя почвы - не более 0,07...0,15 м, что позволяет высаживать только небольшие растения;
- интенсивная-позволяет обустроить на кровле не только газон, но и сад с деревьями и кустарниками, толщина слоя почвы – 0,2...1,0 м.

Решения по типу и технологии выполнения зеленых кровель зависит от конструкций, требований и целей кровли дома. По крыше с минимальным грунтовым слоем можно ходить только по специально устроенных дорожках, а полноценные парковые зоны требуют толстого слоя почвы и сооружаются только при наличии соответствующих конструкций [1].

Любая зеленая кровля имеет ряд особенностей, таких как:

- необходимость выполнения работ по выращиванию растений;
- увеличение нагрузки на конструкции здания от грунтового и растительного слоев;

- высокая влажность почвы;
- проведение комплекса работ по защите конструкций от корневой системы растений [3].

Для возможности обоснованного выбора эффективного типа зеленых кровель проведен анализ их качественных и количественных характеристик.

Экстенсивное озеленение кровель предусматривает наличие дополнительной нагрузки- 100 кг/м<sup>2</sup> в виде водонакопителя, являющегося инженерным преимуществом, по сравнению с интенсивным озеленением.

Этот факт позволяет принимать решение о внедрении системы озеленение экстенсивного типа на различных циклах строительного проекта, на любой плоской, а также наклонной крыше (рекомендуемый максимальный наклон-25°) объектов как гражданской, так и промышленной застройки.

В отличие от экстенсивной, все требования особенностей интенсивной зеленой кровли должны учитываться еще на стадии проектирование объекта строительства. Для нормального функционирования зеленой кровли, кроме несущих конструкций, рассчитанных на нагрузку от грунтового слоя, кровля должна иметь основные составляющие:

- растительный слой;
- почвенный субстрат;
- фильтрующий слой;
- дренажная система;
- барьер для корней;
- слой гидроизоляции;
- слой теплоизоляции.

В отличие от интенсивной зеленой кровли, которая в условиях климата Саратовской области не используется круглогодично (зимой ее необходимо укрывать), экстенсивные зеленые кровли с выносливыми растениями достаточно неприхотливы, обладают способностью "самовосстановление" со сменой времен года, как в природных условиях.

Учитывая разнообразие конструктивных решений, материалов, что используются, наличие или отсутствие дополнительных слоев в структуре и возможность выбора различных типов зеленой кровли, можно констатировать что такая кровля доступна как владельцам частных домов, так и бюджетным застройкам[6].

Стоимость обустройства зеленой кровли по сравнению со стоимостью обычной крыши выше, но, благодаря ее многочисленным преимуществам, дополнительные расходы довольно быстро окупятся.

Рассмотрим и сгруппируем факторы, которые позволяют классифицировать зеленую кровлю как инвестиционно привлекательную и придают ей многочисленные преимущества по сравнению с классической плоской кровлей:

- экономические, технические и экологические преимущества;
- имиджевые и социальные предпочтения.

### **1. экономические, технические и экологические факторы**

1.1. возможность зеленой кровли существенно продлить жизненный цикл крыши без ремонта благодаря естественной защите гидроизоляции от многочисленных циклов

замораживания - оттаивания и экстремальных температур (темные поверхности нагреваются до 80 °с), УФ-излучения и механического повреждение. Это ощутимый эффект экономии средств в перспективе 25 лет, что соответствует среднему жизненному циклу обычной кровли.

1.2. пассивное энергосбережение, выраженное в существенных теплоизоляционных свойствах зеленой кровли для дома (препятствие нагреву кровли и сохранение тепла в доме).

1.3. предоставление акустического комфорта: уменьшает отражение звука на поверхности кровли и улучшает звукоизоляцию до 8 дБ; возможность использования кровли как дополнительной рекреационной зоны.

1.4. сравнительный анализ стоимости традиционной кровли и двух типов зеленых кровель дал такие результаты. Средняя стоимость традиционной плоской кровли в Саратовской области -1000-1500 руб/м<sup>2</sup>.

*Агрофорсайт 1\_2024*

*Agroforesight 1\_2024*

Стоимость системы экстенсивного ландшафтного дизайна состоит из стоимости защиты, дренажа и фильтра – 1820 руб., субстрата- 1500 руб., растения-200 руб. Итого средняя стоимость экстенсивного озеленения на 1 м<sup>2</sup> составит 3520 руб.

Интенсивное озеленение будет дороже за счет большего слоя субстрата и более дорогих растений[3], поэтому его средняя стоимость за 1 м<sup>2</sup> - от 5280 руб. Также необходимо учитывать, что жизненный цикл гидроизоляции и в целом кровли за использование зеленой кровли повышается минимум на 60%. По подсчетам, расходы на ремонт гидро- и теплоизоляции традиционной крыши, срок службы которого 25 лет (с необходимостью каждые 2-3 года делать текущие ремонты и один раз капитальный) составит 5000 руб/м<sup>2</sup>. Таким образом, экономический эффект от использования зеленых кровель составит:

- минимальная экономия 60%- 5000 руб/м<sup>2</sup>;
- экономия за счет дополнительной теплоизоляции-500 руб/м<sup>2</sup>;
- отсутствие ремонта от возможных механических повреждений-400 руб/м<sup>2</sup>.

Итого: 5900 руб/м<sup>2</sup>-экономия средств для инвестора и владельца здания.

1.5. Почва и растения на крыше обеспечивают дополнительный изолирующий слой к уже имеющейся изоляции в конструкции кровли, это помогает снизить требования к отоплению и охлаждению здания, обеспечивает экономию энергии.

Канадские ученые Лю и Баскаран, проводящие полевые исследования в Оттаве, установили, что потребность в энергии, необходимой для кондиционирования помещений, благодаря теплоизоляционному эффекту от зеленых кровель снизилась более чем на 75%. В ходе исследований сравнивались энергоемкость зеленой экстенсивной и обычной кровель, установлено снижение показателей энергоемкости: 6,0-7,5 кВт·ч / день - для обычной кровли; менее 1,5 кВт·ч / день для зеленой кровли. Обе кровли в эксперименте были одинакового размера с площадью поверхности 72 м<sup>2</sup> [12].

1.6. Зеленые крыши помогают справиться с наводнениями, поскольку во время сильных ливней они задерживают до 50 % воды, максимально снижая вероятность

затопление улиц. Это снижает нагрузку на ливневую канализацию, поскольку с обычной крыши в канализацию попадает вода с пылью и грязью, которые быстро засоряют канализационные системы, что требует дополнительных затрат на их очистку и эксплуатацию. Дождевая вода, стекающая из зеленой кровли, уже будто прошла через фильтры очистки, поэтому такие сточные воды не представляют опасности для канализации.

1.7. Растительный покров защищает конструкцию кровли от вредного воздействия солнечного излучения, в том числе ультрафиолетовых лучей, температурных колебаний и электромагнитного излучения, продолжая ее жизненный цикл.

1.8. Что касается экологических преимуществ зеленой кровли, благодаря большой площади зеленые крыши создают естественную прохладу в городе, снижая показатель "эффекта теплового острова", что ученые считают проблемой глобального потепления. В том числе, они дополнительно очищают воздух через абсорбцию пыли из расчета 20% объема воздуха [13]. Растения задерживают и усваивают вредные для окружающей среды и человека вещества, содержащиеся в воздухе и осадках, такие как CO<sub>2</sub>, нитраты и тому подобные.

Растительный покров обеспечивает сбалансирование микроклимата и дополнительный процесс фотосинтеза. По статистике, крыша с озеленением в виде обычной травы площадью в 150 м<sup>2</sup> производит кислорода на 100 человек, а один кустарник-на 10 человек.

1.9. Зеленые крыши восстанавливают утраченные во время строительства жизненные пространства для флоры и фауны. На таких кровлях могут выживать десятки видов растений, в том числе и редких, десятки видов насекомых, птиц и других мелких животных. Для озеленения применяются климатически устойчивые растения.

## **2. Имиджевые и социальные факторы**

2.1. Здания с таким оформлением имеют высокий рейтинг при сертификации относительно зеленых стандартов, что способствует поднятию имиджа проекта. Зеленые кровли считают пятым фасадом, поскольку своей красотой они часто привлекают больше внимания, чем основные фасады зданий. Они эстетичны, привлекательные, улучшающие внешний вид района и города в целом.

2.2. Обустройство зеленых кровель во время строительства и реконструкции зданий может существенно улучшить условия проживания и жизнедеятельности людей в городах, ведь они создают дополнительные места для отдыха на территории дома, позволяют исключить использование общественного транспорта как следствие снижение нагрузки на пешеходную сеть и разгрузка городских рекреационных зон, повышение безопасности граждан- дети здесь находятся в зоне родительского контроля[7].

2.3. Зеленая кровля обеспечивает дополнительную коммерческую площадь. Это бесплатное пространство, которое возможно обустроить под кафе, открытые террасы и др., что в разы ускорит окупаемость применения технологии озеленения, которая, в свою очередь, увеличивает рыночную стоимость недвижимости и рост инвестиционной привлекательности объекта строительства.

Среди факторов, влияющих на имиджевые позиции зеленых кровель, есть и отрицательные, требующие дальнейших исследований, такие как:

- повышенная сложность монтажа;
- интенсивное разрушение конструкций здания в случае неправильного монтажа.
- необходимость тщательного ухода во время эксплуатации (если речь идет об интенсивном типе зеленой кровли);
- сравнительно высокие единовременные расходы на устройство такой кровли [7].

#### **Выводы.**

Практически любую кровлю можно озеленить, разнообразие инженерных решений позволяет подобрать наиболее рациональный вариант зеленой кровли, учитывая несущую способность существующего покрытия, т. е. учитывая статические и динамические нагрузки, которые возникают во время эксплуатации крыши и воздействия ветра и снежного покрова.

Зеленые крыши улучшают качество жизни горожан, создавая дополнительные рекреационные зоны, находя эстетическое и функциональное применение ранее невостребованной площади и при этом повышая интерес инвесторов.

Компенсировать единовременные расходы на устройство зеленой кровли возможно на стадии эксплуатации здания, за счет уменьшения расходов на электро-, газо-, теплоснабжение и охлаждение, а также от прибыли от арендной платы из этих площадей.

Устройство зеленых кровель-это прекрасное решение многих проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Оно позволит значительно улучшить экологическое состояние в мегаполисах и промышленных центрах.

**Список использованных источников:**

1. Машинский, В. Л. Пособие по озеленению и благоустройству эксплуатируемых крыш жилых и общественных зданий, подземных и полуподземных гаражей, объектов гражданской обороны и других сооружений / В. Л. Машинский.- Москва : Москомархитектура, 2020. - 44.
2. Гинс, М. С. Новые и нетрадиционные растения: перспективы их использования / М. С. Гинс Н. В. Загоскина, Е. В. Романова // Вестник РАСХН. -№6. -С. 4
3. Технологические принципы подбора растений и инженерные особенности озеленения кровель европейской части России / Т. А. Федорова [и др.] // Вестник РУДН - №5.- С. 20.
4. Азарова, О.В. Озеленение и благоустройство населенных мест: Учеб. пособие./ О.В. , А.В. Терешкин. Саратов, 2016.- 100с.
5. Благоустройство и озеленение территории [Электронный ресурс] /Благоустройство и озеленение территории. Государство и право.- Реферат.- Режим доступа [www.kazedu.kz/referat/171853](http://www.kazedu.kz/referat/171853)
6. Титова, Н. П. Сады на крышах- М.: ОЛМА- ПРЕСС Гранд, 2002.- 112 с.
7. Бутузова М.А., Кравцова Е.О. Озеленения крыш: достоинства и недостатки озеленения крыш: достоинства и недостатки, виды, устройства // Вопросы технических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. междунар. науч.- практ. конф. № 1(1).- Новосибирск: СибАК, 2022. - С. 27
8. Бубнова А. Б. и др. Динамика изменений растительных сообществ на традиционных скандинавских зелёных крышах : [арх. 7 апреля 2017] // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство : журнал.- М., 2021- № 5.- С. 5-14.
9. Зеленая кровля: преимущества и виды- Обновляется в течение суток. – URL: <https://fb.ru/article/259464/zelenaya-krovlyapreimuschestva-i-vidyi>, (дата обращения: 16.03.2024). - Текст : электронный.
10. Самойлов В. С. Крыши, кровли, мансарды : практ. пособие / В. С. Самойлов. – Москва : Литературный бульвар, 2021. – 320 с. – (Строительство и ремонт – советы профессионалов). – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/842934>. – Проверено : 08.04.2019.
11. Официальный сайт администрации муниципального образования «Город Энгельс»– Обновляется в течение суток. - URL: [www.engelsmer.ru.](http://www.engelsmer.ru.), (дата обращения: 04.03.2023). - Текст : электронный.
12. Bass B. Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas / B. Bass, K. K. Y. Liu, B. Baskaran // Ccaf impacts and adaptation progress report/ Institute for research and construction, National research council Canada. – Ottawa, 2019. – 106 p. – Режим доступа: <https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/bass.pdf>. – Проверено : 17.03.2024.
13. Liu K. Thermal performance of green roofs through field evaluation. / K. Liu, B. Baskaran // Ccaf impacts and adaptation progress report / Institute for research and construction, National research council Canada. – Ottawa, 2003. – 10 p. – Режим доступа: <https://docplayer.net/10563785-Thermal-performance-of-green-roofs-throughfield-evaluation.html>. – Проверено : 17.03.2024.



**Информация об авторе (авторах)**

Алина Игоревна Горбунова- обучающийся в магистратуре,  
Олеся Валентиновна Азарова- доцент кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство».

**Information about the author**

A.I. Gorbunova- Master's Degree student,  
O.V. Azarova- Associate Professor.

**Вклад авторов (если авторов 2 и более!):**

Горбунова А.И.- научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Азарова О.В. - участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**