

УДК 504+620.9: (712)

ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ УКРАИНЫ

ТКАЧЕНКО Т.Н. ^{1*}, к.б.н, доц.

^{1*} Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (0442) 41-55-80, e-mail: knuba@knuba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2105-5951

Аннотация. *Цель.* Рассмотреть возможность кровельного озеленения в условиях Украины. *Методика.* Предпринято интенсивное озеленение кровли со степным типом растительности. При озеленении кровли на несущие конструкции укладывали 9 слоев: 1. Цементно-песчаная стяжка, 2. Паро-изоляционная пленка, 3. Теплоизоляция, 4. Защитный (разделяющий) слой, 5. Гидроизоляция, 6. Корнезащитный слой, 7. Дренажный слой, 8. Фильтрующий слой, 9. Грунтовый субстрат. Общее состояние растений после зимовки оценивалось визуально по 5-бальной шкале: 5 - отсутствие следов гибели растений; 4 - незначительные повреждения; 3 - гибель примерно половины растений; 2 - гибель больше половины растений; 1 - полная гибель или сохранение единичных растений. Кроме этого, определялась способность растений переносить неблагоприятные летние условия: сильное повышение температуры. Состояние растений в этот период также определялось визуально по этой же шкале. *Результаты.* Экспериментально установлено, что все 9 слоев для интенсивного типа крыши были подобраны и уложены правильно и качественно. В дальнейшем, такую послынную конструкцию можно рекомендовать для создания зеленых кровель интенсивного типа с растениями, имеющими небольшой объем корневой системы, т.к. слой грунта составляет 0,80 м. Доказано, что для озеленения лучше использовать молодой (1-2-летний) растительный материал, который лучше приживается и разрастается. Установлено, что стойкое степное саморегулирующееся растительное сообщество формируется на третий год существования кровли. Используемые для озеленения степные растения являются устойчивыми к низким зимним и высоким летним температурам. *Научная новизна.* Доказана возможность создания интенсивной энергосберегающей зеленой кровли в техногенно-климатических условиях Украины с использованием отечественного строительного и посадочного материалов. *Практическая значимость.* Предлагаемая послынная конструкция является прочной и устойчивой в климатических условиях Украины. Степной тип озеленения кровель является перспективным для засушливых украинских регионов.

Ключевые слова: энергоэффективные зеленые технологии, кровельное озеленение, интенсивные кровли, степной тип растительности

МОЖЛИВІСТЬ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ УКРАЇНИ

ТКАЧЕНКО Т.М. ^{1*}, к.б.н, доц.

^{1*} Кафедра Охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна, Тел. +38 (0442) 41-55-80, E-Mail: knuba@knuba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2105-5951

Анотація. *Мета.* Розглянути можливість покрівельного озеленення в умовах України. *Методика.* Розпочато інтенсивне озеленення покрівлі зі степовим типом рослинності. При озелененні покрівлі на несучі конструкції уклали 9 шарів: 1. Цементно-піщана стяжка, 2. Паро-ізоляційна плівка, 3. Теплоізоляція, 4. Захисний (розділюючий) шар, 5. Гідроізоляція, 6. Кореневозахисний шар, 7. Дренажний шар, 8. Фільтруючий шар, 9. Грунтовий субстрат. Загальний стан рослин після зимівлі оцінювався візуально за 5-бальною шкалою: 5 - відсутність слідів загибелі рослин; 4 - незначні пошкодження; 3 - загибель приблизно половини рослин; 2 - загибель більше половини рослин; 1 - повна загибель або збереження одиничних рослин. Крім цього, визначалася здатність рослин переносити несприятливі літні умови: сильне підвищення температури. Стан рослин у цей період також визначався візуально за цією ж шкалою. *Результати.* Експериментально встановлено, що всі 9 шарів для інтенсивного типу даху були підібрані і укладені правильно і якісно. Надалі, таку пошарову конструкцію можна рекомендувати для створення зелених покрівель інтенсивного типу з рослинами, що мають невеликий обсяг кореневої системи, тому що шар ґрунту становить 0,80 м. Доведено, що для озеленення краще використовувати молодий (1-2-річний) рослинний матеріал, який краще приживається і розростається. Встановлено, що стійке степове саморегулююче рослинне співтовариство формується на третій рік існування покрівлі. Використані для озеленення степові рослини є стійкими до низьких зимових і високих річних температур. *Наукова новизна.* Доведена можливість створення інтенсивної енергозберігаючої зеленої покрівлі в техногенно-кліматичних умовах України з використанням вітчизняного будівельного і садивного матеріалів. *Практична значимість.* Запропонована пошарова конструкція є міцною і стійкою в кліматичних умовах України. Степовий тип озеленення покрівель є перспективним для посушливих українських регіонів.

Ключові слова: енергоефективні зелені технології, покрівельне озеленення, інтенсивні покрівлі, степовий тип рослинності

THE POSSIBILITY OF CREATING ENERGETICALLY EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY GREEN TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF UKRAINE

TKACHENKO T. N., *Ph. D. (Biology), Associate Prof.*^{1*}

^{1*}Labour Safety & Environmental Protection Department, Kyiv National University of Construction and Architecture, Address: 31 Vozdukhoflocki ave., Kyiv, 03680, Ukraine, Tel. +38 044 241 55 80, E-mail knuba@knuba.edu.ua, ORCID ID: 000-0003-2105-5951

Annotation. *Purpose.* To consider the possibility of green roof development in the conditions of Ukraine. *Methodology.* Intensively constructed green roof with steppe vegetation. Developing the roof, the 9 layers were laid down on bearing structures. Those layers were: 1. Cement and sand screed. 2. Steam isolating stretch wrap 3. Thermal isolation. 4. Protective (separating) layer. 5. Waterproofing. 6. Roof-protective layer. 7. Drainage layer. 8. Filtrating layer. 9. Clay substrate. General status of plants was evaluated visually on a 5-point scale: 5 - no traces of death of plants; 4 - slight damage; 3 – nearly half of plants have lost; 2 - more than half of plants have lost; 1 – plants have lost completely. In addition, the ability of plants to tolerate unfavorable summer conditions such as strong increase in temperature was defined. Plants' condition during this period was also determined visually using the same scale. *Results.* It was experimentally established that all 9 layers for the intensive type of roof were picked and put accurately and qualitatively. For the future, such a layered structure can be recommended for the creation of green roofs of intensive type with plants which have small volume of a root system, since the layer of a soil has 0.80 m. It is proved that for greenery planting it is better to use young (1-2 years) plant material, which grows and survives better. It was found that the self-regulating persistent steppe plant community is forming on the third year of the roof existence. Used for landscaping steppe plants are resistant to low winter and high summer temperatures. *Scientific novelty.* Proven ability to create energy-saving intensive green roofs in technogenic and climatic conditions of Ukraine using local construction and planting materials. *Practical value.* The proposed layered construction is durable and resistant to climatic conditions of Ukraine. Steppe type of green roof seems to be promising for Ukrainian drought regions.

Key words: energetically efficient green technologies, green roof, intensive roofs, steppe vegetation type.

Введение

В настоящее время энергосбережение - одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Экономия энергии - это эффективное использование энергоресурсов за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни. Энергосберегающие технологии в строительстве носят комплексный характер, сюда входит утепление стен, энергосберегающая кровля, энергосберегающие краски, стеклопакеты, экономичные системы обогрева и охлаждения поверхностей [1,2].

На сегодняшний день энергосбережение кровли достигается не только с помощью применения строительных и отделочных материалов, но и с помощью озеленения.

Актуальность данного направления связана с необходимостью минимизации потребления энергетических ресурсов с помощью внедрения энергоэффективных зеленых технологий в городском строительстве, а также, с дефицитом растительности в большинстве современных городов и с высокой стоимостью земли.

Эти проблемы обусловлены большой плотностью населения и интенсивной застройкой городов. Следовательно, возможность традиционного озеленения значительно снижается. Одним из выходов является альтернативное озеленение и экологическое строительство, которые успешно развиваются. Цель зеленой кровли – сбалансировать и гармонизировать жизнь человека в городской среде, максимально приблизив ее к природе [3,4].

Положительные стороны кровельного озеленения:

1. Эффект кондиционирования (способствуют сбережению энергоресурсов, позволяя значительно уменьшить температурные колебания в здании).

2. Шумоизолирующий эффект (растительный покров поглощает звуковые колебания от транспорта до 8дБ).

3. Санитарно-гигиенический эффект (150 м² травяной кровли удовлетворяют годовую потребность в кислороде ста людям.).

4. Эстетический эффект.

5. Рекреационный эффект (место отдыха).

6. Экономический эффект (снижают количество воды, затопляющей улицы во время дождя; естественная защита кровли от ультрафиолетовых лучей и механических повреждений; повышают рыночную стоимость помещений на верхних этажах)

Зеленые кровли – это не ноу-хау XXI века. Данное направление имеет свою историю. Первые упоминания о зеленых кровлях появились более 1000 лет тому назад в Скандинавии и Исландии. Именно

эти страны считаются родиной экотехнологий. В древности там были распространены жилища с засыпанной землей кровлей. Поверх засыпки вырастала трава, которая служила дополнительной изоляцией и позволяла сохранять тепло. В южных странах Европы, наоборот, – кровельное крыш использовалось для защиты от солнца [5].

Наиболее известный исторический пример садов на крыше – Висячие сады Вавилона. Знаменитые «Сады Семирамиды», считавшиеся седьмым чудом света и построенные около 600 г. до н. э., были ничем иным как «зелеными» кровлями вавилонских дворцов.

Во всем мире кровельному озеленению уделяется огромное значение, возводя это направление в категорию самых актуальных. В Германии, Франции, Канаде, Японии, США, Швейцарии кровельное озеленение при строительстве является обязательным. Данное направление приобретает актуальность в России, Беларуси.

Есть два вида «зеленых» кровель: интенсивные (занимают 5% мирового рынка), и экстенсивные (95% рынка).

Цель и задачи работы

Рассмотреть возможность кровельного озеленения в условиях Украины. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучение методологических и теоретических основ создания и внедрения зеленых технологий на строительных объектах разного типа.
2. Мониторинг энергоэффективных строительных материалов с целью разработки эффективного кровельного покрытия в климатических условиях региона.
3. Разработка ассортимента растений и почвенного субстрата для кровельного озеленения интенсивного типа в условиях Украины
4. Создание экспериментального объекта

Объект и методы исследования

Объектом наших исследований была плоская кровля частного дома, поднятая над поверхностью земли на высоту 12 м. Общая площадь кровли составляет 1443, 75 м². При этом площадь озеленяемой территории составляет 200 м². Было предпринято интенсивное озеленение кровли (предполагается возможность выхода людей на крышу) со степным типом озеленения. Данный тип озеленения наиболее приемлем для засушливых климатических условий региона. В нашем случае создание зеленой кровли осуществлялось совместно с архитекторами и строителями, так как интенсивное кровельное озеленение предполагает серьезную строительную подготовку и использование современных строительных материалов [6]. В частности, очень важным условием качественной зеленой кровли является подготовка крышных слоев. В нашем случае использовалось 9 подготовительных слоев: 1. Цементно-песчаная стяжка с уклоном 1,5-5° в сторону водостока (делается на несущих

конструкциях). Ее поверхность обрабатывают праймером – смесью оксидированного битума и растворителя. 2. Паро-изоляционная пленка, которая защищает утеплитель от влаги изнутри помещения. По вертикальным плоскостям пароизоляцию загибают на высоту, превышающую уровень утеплителя, а швы запаивают. 3. Теплоизоляция. Должна иметь высокую прочность на сжатие, т.к. будет испытывать повышенные статические и динамические нагрузки. Материалы: пробковые плиты, вспененный полиуретан и экструдированный полистирол. В нашем случае использовались пробковые плиты. 4. Защитный (разделяющий) слой из геотекстиля (геополотна) – устойчивого материала из полипропилена или поливинилхлорида. Геотекстиль необходим, чтобы исключить механические повреждения следующего слоя – гидроизоляции. 5. Гидроизоляция. На «зеленой» кровле к ней предъявляют более жесткие требования. Она должна защищать не только от атмосферных осадков, но и от влаги при поливе, быть эластичной, прочной, устойчивой к воздействию микроорганизмов и перегноя. Для этой цели использовали битумно-полимерные армированные мембраны. 6. Корнезащитный слой. Препятствует прорастанию корней в гидроизоляцию. Лучше всего его делать из эластичной полимерной прокладки со специальными ячейками, задерживающими влагу. В нашем случае использовали прочную пленку с металлическим покрытием. 7. Дренажный слой, толщиной 5-10 см. Отводит излишки воды и сохраняет влагу. Он соединяется с водоотводящей системой. Был изготовлен из керамзита. 8. Фильтрующий слой. Предотвращает попадание в дренаж мелких частиц грунта и вымывание плодородного слоя. Делается из геотекстиля, проницаемого для воды и корней растений и не поддающегося гниению. 9. Грунтовый субстрат – смесь на основе грунта, песка, керамзита, перлита, торфа, глины и измельченной коры. Толщина слоя – 0,80 м (с учетом уплотнения). Для дополнительного увлажнения грунта на крыше был установлен автополив.

В целях соблюдения техники безопасности, вся поверхность крыши была обнесена парапетом высотой порядка 1м. В пределах композиционной части крыши для облегчения хождения и полива были проложены специальные дорожки из керамики, напоминающие древесные спилы.

Общее состояние растений после зимовки мы оценивали визуально по 5-бальной шкале: 5 - отсутствие следов гибели растений; 4 - незначительные повреждения; 3 - гибель примерно половины растений; 2 - гибель больше половины растений; 1 - полная гибель или сохранение единичных растений. Кроме этого, определялась способность растений переносить неблагоприятные летние условия: сильное повышение температуры. Состояние растений в этот период также определялось визуально по этой же шкале [7].

Результаты

При озеленении кровли использовался местный и привозной растительный материал с открытой и закрытой корневыми системами. При создании степной зоны мы старались максимально следовать ее особенностям в природе. Ассортимент растений, создающих степное разнотравье, был следующим: армерия приморская, астра альпийская, астра многолетняя, бурачок скальный, гвоздика-травянка, гипсофила (качим), горец брусничелистный, зверобой многолистный, иберис вечнозеленый, ирис казацкий, ирис сибирский, камнеломка метельчатая, лапчатка блестящая, лук уэльский, лук декоративный, мак альпийский, манжетка, мелкопестник остроконечный, мыльнянка базиликолистная, очиток видный (и другие, в ассортименте), пижма, полынь, тимьян ползучий, тысячелистник войлочный, перловник, осока пальмолистная, осока повислая, шлемник, вербейник, щучка извилистая, перистошестинник мохнатый, мортук, колосняк, чай блестящий, овсец, ястребинка, лабазник, поповник, молочай, василек, эпотера. Основу степной растительности составляют ковыли: ковыль перистый, ковыль волосатик и ковыль Лессинга.

Самые тяжелые композиции располагаются по краям крыши, а не в центре, что исключает провисание рис. 1,2).

Наибольший отпад растений произошел после первой зимовки. Первая зима была снежной. На крыше образовалась снеговая корка. Чтобы избежать выпревания, корка прокалывалась в нескольких местах для доступа кислорода. Согласно наблюдениям, отпаду подверглись ковыли (примерно составил 50%). По шкале – 1 балл; полная гибель растений без восстановления. Данное обстоятельство мы связываем не только с действующим низких зимних температур, но и с открытой посадкой этих растений (напомним, что корневая система была не в контейнере, растения выкапывались из грунта, привозились на объект, где сразу высаживались в почву и хорошо проливались водой). Остальные виды оценивались в 4 балла (незначительные повреждения). Также имелись отдельные «плеши» на газоне. В середине весны ковыли заменили на новые. При этом использовались более молодые экземпляры с менее развитой корневой системой. Это было сделано из тех соображений, что более молодые и менее развитые корни обладают лучшей приживаемостью и быстрее разовьются в новом объеме почвы. «Плеши» на газоне ликвидировали дополнительным посевом семян. Засушливые условия растения переносили нормально. В местах, где почвопокровники еще не достаточно разрослись и была видна почва, она трескалась. В этом случае ее необходимо было рыхлить вручную. При сильной засухе включался автоматический полив.

Во вторую зиму все ковыли перезимовали нормально и были оценены в 4 балла

(незначительные повреждения). Также были оценены и другие растения.

В дальнейшем, после зимовки растения выходили с 3-4 баллами (гибель ½ и незначительные повреждения). Однако, в вегетационный период растения полностью восстанавливались и разрастались. Уже на 3-й год можно говорить о формировании стойкого растительного сообщества – «искусственного степного биоценоза», который самостоятельно регулирует свою численность. У растений наблюдалось хорошее развитие корневой системы (куртина у злаков), самосев. Существование стойкого растительного сообщества мы наблюдаем и в настоящее время. На 4-й год мы сделали некоторое прореживание растительности.

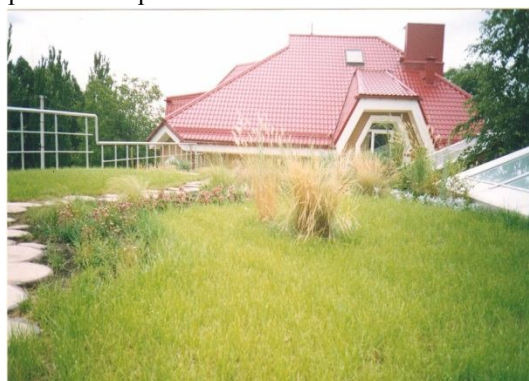


Рис.1. Композиционные решения степного озеленения кровли/ Fig. 1. Compositional decisions of prairie-steppe roof greenery planting



Рис.2. Композиционные решения степного озеленения кровли/ Fig. 1. Compositional decisions of prairie-steppe roof greenery planting

За 9 лет существования кровли (с 2006 года) негативных изменений в покрытии кровли не наблюдалось. Она не протекала, не провисала, не была повреждена микроорганизмами [8-10].

Научная новизна и практическая значимость

Доказана возможность создания интенсивной энергосберегающей зеленой кровли в техногенно-климатических условиях Украины с использованием отечественного строительного и посадочного материалов. Предлагаемая послойная конструкция

является прочной и устойчивой в климатических условиях Украины. Степной тип озеленения кровель является перспективным для засушливых украинских регионов.

Выводы

1. Экспериментально установлено, что все 9 слоев для интенсивного типа крыши были подобраны и уложены правильно и качественно. В дальнейшем, такую послойную конструкцию можно рекомендовать для создания зеленых кровель интенсивного типа с растениями, имеющими небольшой объем корневой системы, т.к. слой грунта составляет 0,80 м.

2. Доказано, что для озеленения лучше использовать молодой (1-2-летний) растительный материал, который лучше приживается и разрастается.

3. Наблюдениями установлено, что стойкое степное саморегулирующееся растительное сообщество формируется на третий год существования кровли.

4. Используемые для озеленения степные растения являются устойчивыми к низким зимним и высоким летним температурам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Карп И.Н. Энергосбережение в Украине: проблемы и пути решения//Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2004. - №4. – С.3-13.

Karp I.N. Energy conservation in Ukraine: problems and ways of solution//Energy technologies and resource conservation. – 2004. - №4. – P.3-13.

2. Григоровский В.В. Состояние и проблемы энергосбережения в промышленности и коммунальной энергетике Украины//Энергосбережение. – 2005. - №7. – С.2-8.

Grigorovskiy V.V. Status and problems of energy consumption in the industry and public energy service of Ukraine//Energy conservation. – 2005. - №7. – P.2-8

3. Груб Г. Зелень между домами. – М.: Стройиздат, 2000. – 120 с.

Grub G. Greenery between the houses. – М.: Stroyizdat, 2000. – 120 p.

4. Нойферта П., Нефа Л. Проектирование и строительство. Дом, квартира, сад. – М.: Архитектура-С, 2005. – 255 с.

Noyferta P., Nefa L. Planning and construction. House, apartment, garden. – М.: Arhitektura-S, 2005. – 255 p.

5. Кильдишева С.В. Современные методы городского озеленения. Вертикальное и крышное озеленение. // Экология урбанизированных территорий. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2006. – С. 37-38.

Kil'disheva S.V. Modern methods of urban greenery planting. Vertical and roof greenery planting. // Ecology of urbanized territories. – М.: Prima-Press-M publishing company, 2006. – p. 37-38.

6. Люсев В.К. Пособие по озеленению и благоустройству эксплуатируемых крыш жилых и общественных зданий, подземных и полуподземных гаражей, объектов гражданской обороны и других сооружений. – М.: Стройиздат, 2008. – 110 с.

Ljusev V.K. Manual for greenery planting and urban land improvement of active roofs of living and public homes, underground and semi-underground garages, civil defense installations and other buildings – М.: Stroyizdat, 2008. - 110 p

7. Методы определения морозостойкости растений./ По ред. Туманова И.И. – М.: «Наука», 1967. – 88 с.

Methods of evaluation of plant frost resistance / edited by Tumanov I.I. – М.: “Science”, 1967. – 88 p

8. Ткаченко Т.Н. Альтернативные виды промышленного озеленения/Ткаченко Т.Н., Савенкова С.В. // Науково-технічне та організаційно-економічне сприяття реформ у будівництві і житлово-комунальному господарстві: тез. III міжнар. конф. (12.04-13.04.2012)/ Макіївка, Донбаська національна академія будівництва і архітектури. - 2012. – Ч.І. - С.211-214.

Tkachenko T.N. Alternative types of industrial greenery planting/Tkachenko T.N., Savenkova S.V. // Sci-tech and business perception of reforms in construction and housing: theses. III Intern. Conf. (12.04-13.04.2012) / Makeyevka, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. - 2012. - CH.I. - p.211-214

9. Ткаченко Т.Н. Альтернативные виды промышленного озеленения/Ткаченко Т.Н., Савенкова С.В. // Актуальні проблеми ботаніки та екології: матер. міжнар. конф. молодих учених (19.09-23.09.2012)/ Ужгород: ФОП Бреза А.Е., 2012. – С.295-296.

Tkachenko T.N. Alternative types of industrial greenery planting/Tkachenko T.N., Savenkova S.V. // Timely problems of Botany and Ecology: Mater. Intern. Conf. Young Scientists (19.09-23.09.2012) / Uzhgorod: Sole Proprietor Breza A.E., 2012. - p.295-296.

10. Ткаченко Т.Н. Альтернативные виды промышленного озеленения/Ткаченко Т.Н., Савенкова С.В. //Географические и геоэкологические исследования в Украине и сопредельных территориях. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. – Т.1. – С.117-121.

Tkachenko T.N. Alternative types of industrial greenery planting/Tkachenko T.N., Savenkova S.V. // Geographic and geocologic research in Ukraine and adjacent lands. – Simferopol: DIAYPPI, 2013. – T.1. – P.117-121.

Статья рекомендована к публикации д-ром техн. наук, проф. Волошкиной Е.С (Украина); д-ром техн. наук, проф. Плоским В.О. (Украина)

Статья поступила в редколлегию 08.04.2015