

Леван ИТРИАШВИЛИ, Инга ИРЕМАШВИЛИ

Грузинский технический университет, Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава

Адам УЙМА

Ченстоховский политехнический институт, Строительный факультет

УСТРОЙСТВО ЗЕЛЁНОЙ КРОВЛИ НА ПЕРЕКРЫТИЯХ С МАЛОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Разработан новый водоаккумулирующий состав грунтового слоя. Приводятся его характеристики, количественный и качественный состав компонентов и технология приготовления. Предлагается унифицированная кассетная технология устройства зелёных перекрытий. Оценивается возможность применения данной разработки в условиях Польши.

Ключевые слова: зелёная крыша, торф, полиминеральная смесь, аккумуляция воды

ВВЕДЕНИЕ

Устройство покрытий кровли зданий с зелёными насаждениями является очень перспективным направлением в современной архитектуре и в технологии строительства. Наблюдая за опытом ведущих стран мира: США, Канады, Германии, Норвегии, Китая и т.д. можно сделать выводы, что зелёная кровля имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной кровлей. Она даёт возможность получить эстетические и экологически чистые, энергоэффективные перекрытия зданий. Эти покрытия защищают здания и сооружения от солнечной радиации и других атмосферных явлений, а также дают возможность лучше управлять сточными дождевыми водами, используя их для ухода за городскими зелёными насаждениями. Уменьшают эффект теплового острова в городе и снижают альбедо поверхности крыши. Зелёные насаждения устраиваются, как на кровле зданий, так и на специально запроектированных балконных выступах вокруг жилых комплексов, на перекрытиях гаражей, складов, а также на вертикальных поверхностях стен зданий и сооружений. Всё это требует нового современного архитектурного мышления и специального конструирования элементов сооружений. В особенности это касается проектирования и использования необходимых слоёв в виде сэндвича (пирога) для посадки растений. Стандартная схема устройства зелёного горизонтального покрытия представлена на рисунке 1.

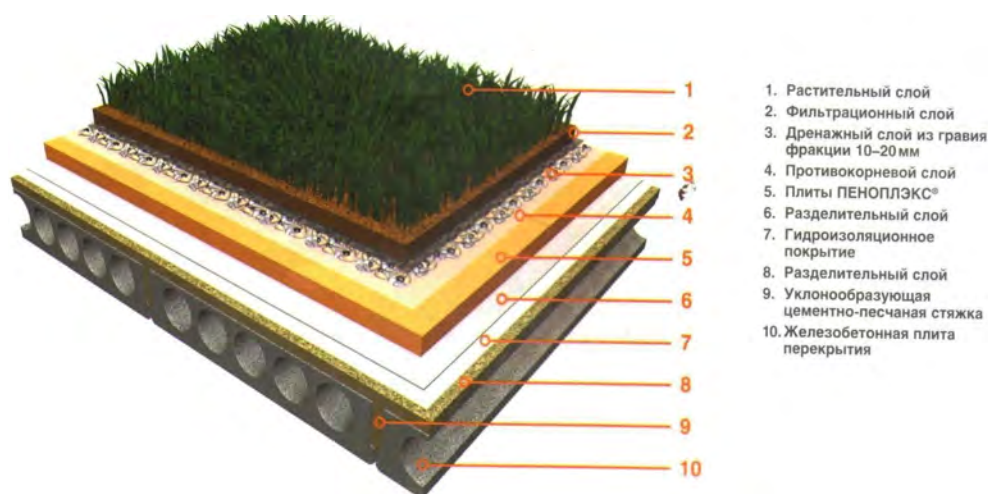


Рис. 1. Классическая схема размещения слоёв под зелёные насаждения

Устройство таких конструкции возможно лишь на специально запроектированных для этого зданиях (рис. 2) с соответственно очень высокой несущей способностью перекрытий [1-3].



Рис. 2. Примеры осуществления зелёных насаждений на стенах и кровли зданий

При проектировании зелёной кровли важное значение имеет подбор грунтовых субстратов с учётом высаживаемых растений. Грунты, которые применяются на крыше, должны быть тёплыми, пористыми, влагёмкими, иметь небольшой вес и почва должна быть устойчива к уплотнению. Состав почвы и высота слоя зависит от подбора растений. Если зелёная кровля будет складываться из почвопокровных растений, то грунтовый слой достаточен толщиной 5÷10 см. Если подобраны растения, использующиеся для декора

с развитой корневой системой, то толщина грунта может достигнуть 50÷80 см (рис. 3). Следует отметить, что существующие в настоящее время конструкции имеют большой вес, что и диктует необходимость проектирования особых перекрытий с высокой несущей способностью.

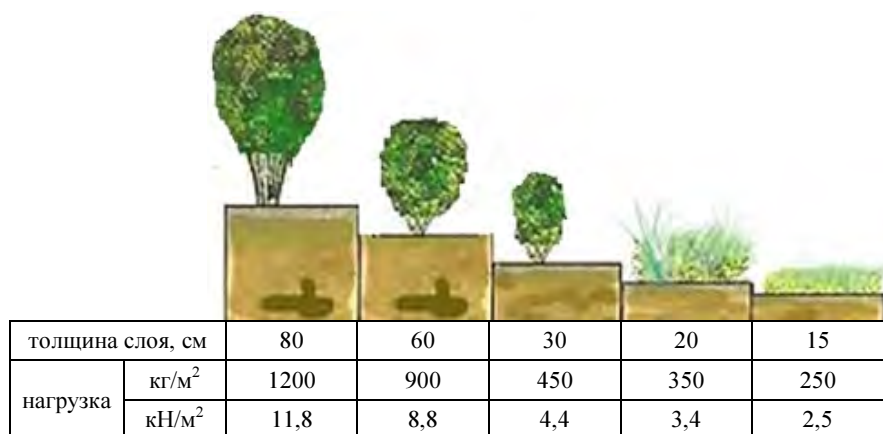


Рис. 3. Нагрузки на кровлю при разных толщинах слоя грунта

Проблема устройства зелёных перекрытий весьма актуальна для многих городов, в том числе и г. Тбилиси, где находится большое количество зданий старой постройки с плоскими перекрытиями, имеющих сравнительно низкую несущую способность в пределах 80÷150 кг/м² (0,78÷1,47 кН/м²). Это определяет необходимость использования облегчённых конструкций - рациональной схемы устройства покрытий и лёгкого эффективного субстрата для посадки растений [4]. Этот приём не менее интересный для зданий с более высокими требованиями относительно нагрузок на кровле. Особенно это касается городов расположенных в районах с большими снеговыми осадками, что характерно для многих европейских территорий, в том числе и Польши. Благодаря снижению нагрузок от растительного слоя можно также облегчить всю конструкцию перекрытия.

Важным вопросом при проектировании зелёных покрытий является правильный подбор грунта для качественного роста растений с учетом климатических условий региона, в котором эксплуатируется здание.

1. ПОДБОР ГРУНТА ДЛЯ ЗЕЛЁНОЙ КРОВЛИ

Проведенный анализ показал, что торфяной грунт является одним из лучших субстратов для выращивания растений. Это дешёвый материал и обладает благоприятными водно-воздушными свойствами, имеет пористую структуру, создающую хорошие условия для развития корневой системы растений, не содержит семян сорняков и возбудителей болезней растений.

Сорбционные свойства торфа и его высокая влагоёмкость позволяют увеличивать содержание элементов питания, не создавая повышенную концентрацию солей. Органическое вещество торфа в процессе разложения продуцирует углекислый газ, необходимый растениям при выращивании в теплицах [5, 6]. Торф является надежным фактором стабильности структуры почвогрунта и оптимального его физического состояния. Помимо косвенного влияния торфа на растение путем создания лучших физических условий в среде (по сравнению с не торфяными грунтами), существует и прямое воздействие определенных веществ торфа, используемых растениями в качестве строительного материала или в качестве биокатализаторов, регулирующих процессы метаболизма. Это влияние хорошо проявляется в критических (стрессовых) ситуациях, например во время избытка или недостатка влаги, света, тепла. Применение торфа в качестве почвы в этих случаях снижает вред от воздействия неблагоприятных условий среды.

Для приготовления грунта пригодны все типы торфа - верховой, переходный, низинный. Насыпная плотность сухого торфа небольшая - $80 \div 100 \text{ кг/м}^3$, что облегчает работу с ним и ликвидирует необходимость рыхления. Торф обладает структурой, сравнительно долго поддающейся действию микробиологического разложения и заиливанию. Анализ требования к торфяному грунту показал, что он должен иметь кислотность $\text{pH}_{\text{вод}}$ в пределах $2,0 \div 3,0$, содержание органического вещества в пределах $30 \div 60\%$, плотность - $0,3 \div 0,4 \text{ г/см}^3$, размер частиц - от 1 до 5 мм, содержание воздуха - $20 \div 30\%$, воздухоёмкость - более 75%, показатель дренированности - $18 \div 20 \text{ мм/мин}$.

Устройство зелёных покрытий весьма перспективно в экологическом, энергетическом и эстетическом отношении, так для условий Грузии, как и Польши. Весьма актуальной также является задача по снижению нагрузки зелёного ковра на перекрытия, упрощения конструкции и технологии устройства, снижения себестоимости, исключения просачиваемости воды и в течение длительного времени обеспечения оптимального водно-воздушного режима для растений. Однако высокая набухаемость при наводнении и усадка при потере влаги (до 50% от объёма), а также высокое содержание недоступной для растений воды ($\text{ММВ} = 30 \div 35\%$) требует проведения частых поливов, что в условиях плоских перекрытий является нежелательным.

Учитывая вышесказанное, предлагается совершенно новый, грунтовый слой состоящий из 45 кг измельченного сухого торфа с содержанием частиц размером $1,0 \div 5,0 \text{ мм}$ и 2,5 кг нового водоаккумулирующего $4000 \div 5000\%$ от объёма композита [7, 8]. Сила набухания композита весьма незначительна и даже при максимальном набухании корни растения не повреждаются.

Технология изготовления 1 м^2 этого слоя состоит из следующих операций:

- измельчение торфа;
- просеивание для получения необходимого дисперсного состава;
- приготовление 20 л 2,5% суспензии бентонита (Б);
- приготовление 20 л - 0,05% раствора полиэлектролита (ПЭЛ);

- перемешивание суспензии Б и раствора ПЭЛ до получения гомогенной суспензии (ГС);
- перемешивание торфа и ГС;
- сушка и использование по назначению.

В процессе перемешивания гомогенная суспензия Б и ПЭЛ целиком или полностью обволакивает частицы грунта и после сушки превращается в недиспергирующий в воде экологически чистый, стойкий к химическому, биологическому и температурному воздействию, сильно-набухающий композит, способный аккумулировать до 50 своих объёмов воды. Немаловажно также отметить, что в предлагаемом грунтовом слое до 50% воды аккумулируется композитом, что резко снижает набухание и усадку торфа, а вся аккумулированная вода доступна растениям. Вышеприведенное позволяет, с целью упрощения и удешевления устройства зелёных покрытий, предложить кассетную систему производства работ (рис. 5-8).



Рис. 5. Схема устройства «сэндвича» под зелёные насаждения

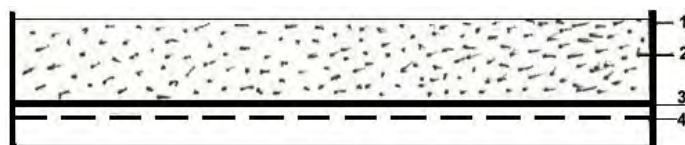


Рис. 6. Схема конструкции кассеты: 1 - кассета; 2 - грунт; 3 - мелкопористая мембрана - барьер для растения (геотекстиль); 4 - сетка



Рис. 7. Общий вид пластмассовой сборной кассеты

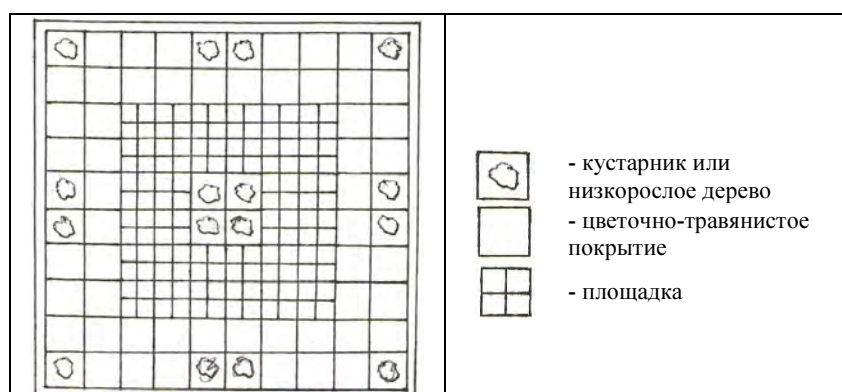


Рис. 8. Схема кассетного устройства зеленого покрытия

2. ПАРАМЕТРЫ ПОЧВЕННОГО СЛОЯ

Аккумулированная композитом вода не удаляется гравитационным путем. Удаление ее возможно либо в процессе очень медленного испарения или путем всасывания корневой системой растений (рис. 9).

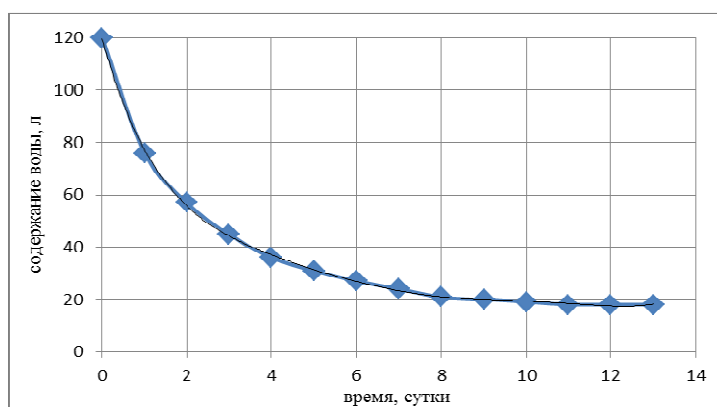


Рис. 9. Потери аккумулированной влаги во времени

На основании экспериментальных данных получена была зависимость изменения по времени объема воды в слое грунта, в предлагаемой кассете. Зависимость имеет хороший показатель сходимости $R^2 = 0,9995$ с экспериментальными данными:

$$W = 0,0005\tau^6 - 0,0225\tau^5 + 0,4062\tau^4 - 3,7418\tau^3 + 19,172\tau^2 - 58,213\tau + 119,66$$

где:

W - объем воды [л],

τ - время, сутки.

Предлагаемый основной вариант почвенного слоя толщиной 15 см имеет следующие характеристики: объём - 0,15 м³; масса - 45 кг; об. масса - 0,3 т/м³; уд. масса - 1,5 т/м³; пористость - 80% от объёма (0,12 м³); полная влагоёмкость - практически отсутствует. Нагрузка на кровлю от почвенного слоя при разной его толщине приведена в таблице 1.

Таблица 1. **Нагрузка от почвенного слоя**

толщина слоя [см]		15	20	25	30
нагрузка	кг/м ²	165	220	275	330
	кН/м ²	1,6	2,2	2,7	3,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый кассетный метод по сравнению с существующими сплошными методами, помимо низкой нагрузки на перекрытие и высокой степени аккумуляирования дождевой воды, отличается рядом преимуществ:

- исключается дополнительная гидроизоляция перекрытий, что существенно снижает нагрузку, удешевляет и упрощает технологию производства работ;
- при необходимости легко осуществляется замена кассет и их перестановка для создания нового растительного покрова и ландшафта;
- позволяет осуществлять устройство зелёных зон на любых уже существующих перекрытиях без существенной их реконструкции и производства сложных и дорогостоящих работ.

Естественно, что из растительности следует подбирать такие, которые подходят к местным климатическим условиям и имеют горизонтальную корневую систему.

По предлагаемой технологии еще проще устраивать зелёные покрытия на уже эксплуатируемых зданиях. Так как в таких зданиях кровля уже сооружена и для получения зелёных покрытий, необходимо устроить только финишные слои покрытий - это барьер для корней, фильтрующий слой, грунт в кассетах и, соответственно, растения. Все это характеризуется относительно малым весом, поэтому для устройства зелёных покрытий нет необходимости серьёзного перерасчета конструкций покрытий и, соответственно, производства дорогостоящих работ по усилению конструктивных элементов.

В Польше существует возможность получить дотацию на возведение зелёной крыши на существующих зданиях, а также необходимой инфраструктуры для поддержания зелени, в том числе (в оправданных случаях) строительство новой конструкции крыши.

Приоритет будет отдаваться проектам, реализуемым в районах с избыточными стандартами качества воздуха (для которых существует Программа защиты воздуха).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Toronto Green Roof Construction Standard - <http://www6.mississauga.ca/onlinemaps/planbldg/MUDR/Toronto%20-%20Green%20Standards.pdf>.
- [2] Lstiburek W.I., Seeing Red Over Green Roofs// ASHRAE, 2011.
- [3] Езугбая З.А., Иремашвили И.Р., Зелёное покрытие как экологически чистая и энергоэффективная технология в строительстве. Сборник научных трудов №70 Института водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета, Тбилиси 2015, с. 56-60.
- [4] Езугбая З.А., Иремашвили И.Р., Мсхиладзе Н.Г., Чеишвили Ш.Н., Улучшение экологического состояния в городах Грузии путем устройства зеленых покрытий на крышах зданий и сооружений. V международная научно-техническая конференция “Современные проблемы водного хозяйства, охраны окружающей среды, архитектуры и строительства”. Сборник научных трудов, Тбилиси 2015, с. 73-85.
- [5] Ефимов В.Н., Торфяные почвы. Россельхозиздат, М., 1980, 120 с.
- [6] Итриашвили Л.А., Целевое управление свойствами грунтов. Монография, «Мецниереба», Тбилиси, 2005, 326 с.
- [7] Езугбая З.А., Итриашвили Л.А., Иремашвили И.Р., Упрощенная технология устройства зеленой кровли с использованием нового состава почво-грунтов. VI международная научно-техническая конференция “Современные проблемы водного хозяйства, охраны окружающей среды, архитектуры и строительства”. Сборник научных трудов, Тбилиси 2016, с. 52-56.
- [8] Езугбая З.А., Итриашвили Л.А., Иремашвили И.Р., Технология устройства зеленой кровли для плоских перекрытий г. Тбилиси. Сборник научных трудов №71 Института водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета, Тбилиси 2016, с. 32-37.

DEVICE GREEN COVERING OF ROOFS WITH SMALL CARRIED CAPACITY

There is treated new water accumulate containing for ground layers. There is presented its characteristics, properties and quantities and qualities containing of components and technology of preparing. There is proposed uniforms cluster technology of implementation green roofing. The possibility of using this development in the conditions of Poland is assessed.

Keywords: green roof, peat, poly mineral mixture, water accumulate