

Обзор

УДК 635.015

СОВРЕМЕННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Дмитрий Дмитриевич Госсе¹, Юрий Александрович Кукуджанов²

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ф-т почвоведения
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12*

¹ – ст.н.с., к.б.н., e-mail: gosset@mail.ru

² – студент, e-mail: kukudzanov@mail.ru

Рассмотрены история, способы и общие принципы вертикального озеленения современных городов, все больше реализуемые с использованием новейших конструкций и систем российских и зарубежных разработчиков. Обосновано применение новых технологий в создании зеленых стен. Проводится сравнение и анализ двух принципиально различных технологий. Обсуждаются вопросы эстетического, экологического и рационализаторского характера.

Ключевые слова: *вертикальное озеленение, живые стены, фитодизайн, декоративное растениеводство.*

В городах Европы и Азии XXI века в условиях повышенной плотности населения, нехватки свободного пространства и нарушения газового состава атмосферного воздуха, обедненного кислородом и загрязненного токсичными продуктами сгорания топлива, вертикальное озеленение стало одним из актуальных методов, позволяющих решить проблему стабилизации среды обитания, комфортного самочувствия и жизнедеятельности человека в городской среде [1]. Все технологии вертикального озеленения стен так или иначе основываются на принципах и экспериментальном изучении беспочвенной водной культуры.

Ко второй половине XIX века благодаря, прежде всего, трудам Ю. Либиха, в целом удалось устранить ошибочные представления о физиологии питания растений и показать главенствующую роль минерального питания – поглощение растением и включение в метаболизм неорганических соединений основных биогенных элементов. Благодаря этим исследованиям открылась возможность выращивания растений на искусственных средах. Так, немецкий ученый Вильгельм Кноп (1817–1901), совместно с Юлиусом Саксом (1832–1897) впервые выяснил, какие именно химические элементы нужны растениям. Они подобрали растворы солей, которые позволили выращивать растения без почвы от прорастания семян до цветения и вызревания новых семян.

В 1930-х годах в Европе и США уже функционировали установки для массового выращивания растений в беспочвенной культуре, на искусственных средах. В 1936 г. для описания процесса культивирования растений в водной среде с растворенными солями профессор Калифорнийского университета Уильям Ф. Герик ввел термин «гидропоника» (от греч. *hydro* – вода и *ponos* – ра-

бота, труд). В Венгрии в те же годы профессором Паулем Рёшлером была разработана небольшая автоматическая гидропонная установка, по принципу которой на сегодняшний день функционируют многие модульные конструкции для вертикального озеленения. Система П. Рёшлера была рассчитана на максимальную автоматизацию всех процессов по уходу за растениями. Эта установка могла хорошо масштабироваться и давала возможность получать неплохие урожаи самых разнообразных культур [2]. Интересно заметить, что многие современные российские и зарубежные патенты модульных конструкций для вертикального озеленения практически дублируют это изобретение, сделанное 80 лет назад.

В 1940-х годах в Западной Европе стал известен особый метод выращивания растений в вертикальной плоскости, который практиковался в Южно-Африканской Республике – на стенках из кокосового волокна или мха. Метод был известен в ЮАР под названием «Tankfarming» и до сих пор широко применяется в этой стране. В соответствии с этим методом растения выращивают не в чистом питательном растворе или на неорганическом субстрате, а в органическом наполнителе, то есть на соответствующем образом приготовленных растительных материалах, периодически увлажняемых питательным раствором [2, 3].

Можно отметить, что в США этот метод выращивания растений был разработан еще раньше для выращивания овощей в теплицах. Культура растений на стенках из мха, в так называемых гроубэгах, до сегодняшнего дня не нашла применения в промышленном овощеводстве европейских стран, но стала использоваться в декоративном растениеводстве [3–5]. Согласно данным патентного бюро США, начиная с 1937 г. было подано несколько

заявлений на патенты фитостен [4]. Одним из авторов этих патентов был Элмер Гейтс. В 1938 г. он подал заявку на изобретение «Vegetation-Bearing Display Surface», т.е. «экран с поверхностью из растений». Его система вертикального сада состоит из отдельных блоков, изготовленных из стальной решетки (рис. 1).

Решетчатые блоки собираются по принципу соевых ячеек в единую конструкцию, образующую вертикальную стену. В качестве субстрата для наполнения блоков он предлагал использовать минеральную вату или торф. Этот принцип в наши дни доработали инженеры британской компании Bio Texture Ltd. и американской GSky Plant Systems, и сегодня его используют в США несколько компаний, занимающихся вертикальным озеленением. Например, компания Ambius использует объемную панель из нержавеющей стали размером примерно 25×25 см, которая содержит смесь компостированной дробленой коры, кокосового волокна и легкой минеральной ваты (AirLite) [6–9].

Наиболее известной считается конструкция и концепция, которая была изобретена профессором ландшафтной архитектуры С.Х. Вайтом (Stanley Hart White) в американском университете в Урбане-Шампейне штата Иллинойс в 1931–1938 гг. С.Х. Вайт в патенте «Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System» от 1937 г. описывает совершенно новый на тот момент времени метод вертикального озеленения с помощью «Botanical Bricks» или «ботанических кирпичей». Основным применением своего изобретения он считал создание особой архитектурно-ландшафтной единицы, видимая поверхность которой засажена постоянно развивающимися растениями. Таким образом, используя модули «Botanical Bricks», можно получить «архитектурную структуру любого размера, формы и высоты, чья видимая или открытая поверхность представляет собой постоянно растущее покрытие из растительности». Главным в данном методе был принцип блочности – создание с помощью стандартизированных блоков стен и перегородок необходимой высоты, формы, и, что особенно важно – нужного дизайна, так как каждый блок с растительностью портативен и взаимозаменяем. Вертикальная стена из блоков с растениями могла служить элементом интерьера жилых помещений, или использоваться на выставках и иных функциональных объектах [10]. Изобретение С.Х. Вайта стало вызовом обычному представлению о вертикальном озеленении, которое прежде подразумевало, что вертикальная опорная конструкция служила для размещения только стеблей ампельных или лиановидных растений, а их корневая система закреплялась на горизонтальной плоскости под опорной конструкцией. Теперь вся поверхность стены становилась пространством, на которой растения закрепляются, получают питание и растут [4, 8].



Рис. 1. Система вертикального сада из отдельных блоков.

На рубеже веков новый способ вертикального озеленения ввел в практику зеленого строительства французский ботаник, сотрудник Национального исследовательского центра Франции Патрик Бланк.

П.Бланк создал новую технологию выращивания вертикальных садов на основе синтетического «ковра» с кармашками, заполненными минимальным количеством почвенного субстрата для растений. Это изобретение открыло широчайшие возможности в озеленении вертикальных поверхностей [1, 11].

Таким образом, традиционное вертикальное озеленение сводилось к использованию лиан и ампельных растений в качестве зеленого материала [8, 12]. В результате развития новых агротехнологий оно стало в значительной мере базироваться на применении конструкций, созданных по ковровой или модульной технологиям, которые позволяют выращивать растения непосредственно на вертикальной поверхности (рис. 2). При этом могут быть использованы растения различных жизненных форм. Современные методики вертикального озеленения позволяют интегрировать большую массу растений в городскую среду без привлечения дополнительных горизонтальных площадей как внутри, так и вне помещений. Развитие производства разнообразных синтетических материалов сделало данный вид озеленения более дешевым и доступным [13, 14]. В высоко урбанизированных районах использование вертикального озеленения весьма целесообразно, поскольку оно создает благоприятную экологическую обстановку и придает зданиям и всему ландшафту эстетичный облик [8, 11].

Данный вид внешнего озеленения зданий и сооружений в большинстве регионов России ограничен сезонным применением и сильно осложнен неблагоприятными климатическими условиями перезимовки растений; он только начинает изучаться и тестироваться [6–8, 15, 16]. При этом некоторые современные технологии могут с успехом использоваться в оранжереях и в жилых помещениях.

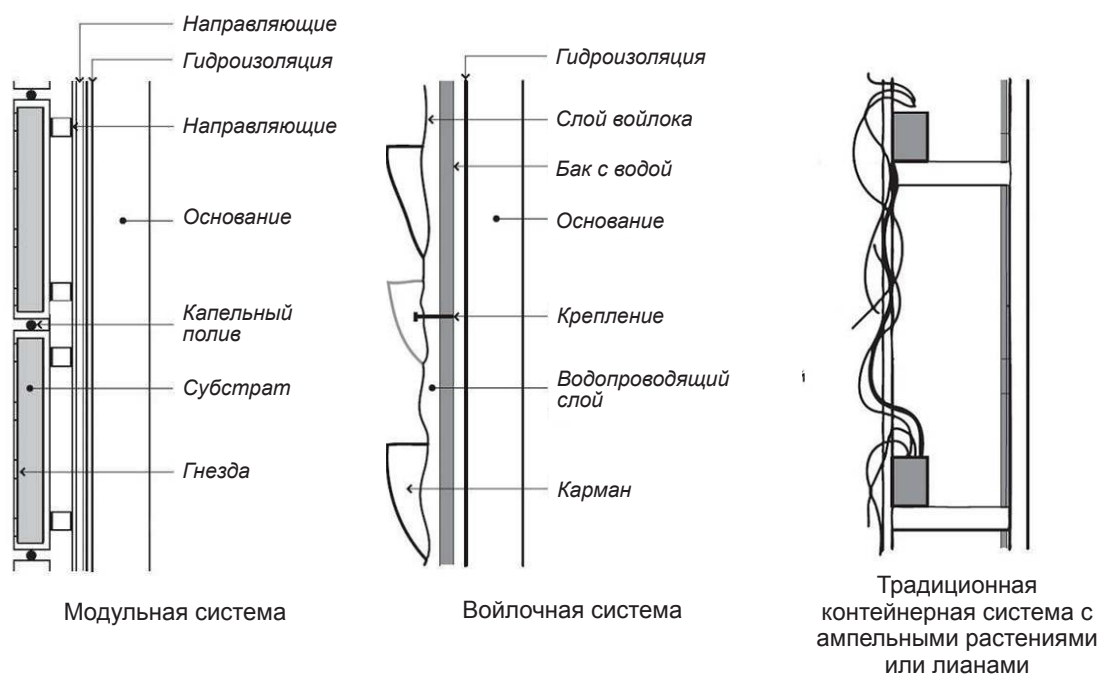


Рис. 2. Виды конструкций фитостен.

Типы несущих конструкций. Для обозначения несущих конструкций используют термины фитостены (FitoWalls), живые стены (Livingwalls), вертикальные сады (VerticalGarden) и фитомодули или фитопанели.

Все многообразие фитостен условно делят на два вида (рис. 2):

- модульные пластиковые конструкции;
- пластиковые ковровые (войлочные) конструкции [5, 6, 9, 18].

Модульные конструкции представляют собой каркас и закрепляемые на нем емкости, полки или маты с субстратом, обеспечивающим механическое крепление растений.

Второй вид конструкций предполагает крепление на каркасе многослойного синтетического коврового материала с карманами для растений, в которых находится подходящий для развития корней субстрат [12, 19–21].

Главной проблемой создания вертикальных конструкций для растений стал поиск и фиксация основы, несущей корни которая не будет осыпаться под действием гравитационных сил, ветра и дождя. В обоих принципах конструкций корневая система растений развивается на субстратах, не служащих источником питания для растений. Питание растение получает не из субстрата, а из питательного раствора. Субстрат служит только для влагоудержания и влагопроведения, оптимальной аэрации и механического закрепления корней. Только в некоторых типах модульных конструкций в емкости-модули помещается полноценный субстрат, некоторое время полностью обеспечивающий минеральное питание растений [18, 22]. Независимо от типа субстрата системы полива основываются на до-

стижениях гидропонике [1, 2, 9, 17]. Известные на практике 6 основных типов гидропонных систем различаются в зависимости от используемой системы орошения, и все они так или иначе используются в вертикальных конструкциях: периодическое затопление (Ebb / Flow), капельный полив (реверсионный / не-реверсионный) – DripSystem (recovery / non-recovery), питательный слой (Nutrient Film Technique – NFT), аэропоника (Aeroponic), фитильное орошение (Wick). Существует много модификаций этих базовых систем [3, 23].

Вертикальные сады по модульной технологии. Модульная система в общем виде предполагает наличие несущей конструкции, на которую прикрепляются пластиковые или металлические модули, которые именуются также «фито-модули». К ним монтируют систему полива (рис. 2).

Чаще всего модуль – это ящик со скошенным дном, или шкаф со скошенными к задней панели полками. Передняя (фронтальная) стенка у этих конструкций отсутствует. Каждый ящик или шкаф обычно предназначен для нескольких растений. Модульный подход позволяет выращивать растения как по гидропонной технологии (без грунта), так и традиционным способом, с использованием различных питательных субстратов [7, 17, 18].

Согласно нашим наблюдениям, важным достоинством таких конструкций являются:

- нахождение корней растений в относительно большом объеме, который может быть заполнен естественной почвой, что увеличивает их жизненный цикл;
- возможность изменения экспозиции благодаря изменению порядка модулей;

- возможность установки на стену модулей с уже взрослыми, укоренившимися растениями;
- возможность быстро произвести монтаж конструкции, если не считать периода, который необходим для укоренения растений в модулях. Полностью весь процесс от высадки растений в контейнеры до их монтажа на стену может занять несколько месяцев [9].

Из отрицательных особенностей модульных фитостен можно выделить следующие:

- большой удельный вес, примерно 50–90 кг на м²;
- засоление субстрата за несколько лет при поливе водопроводной водой с высоким содержанием карбонатов;
- сложности при посадке растений и уходе, связанные с возможным загрязнением окружающих поверхностей почвенными смесями, в случае их использования [1, 9].

Также важно, что в одном модуле находятся сразу несколько растений и в случае заболевания одного из них, приходится заменять весь контейнер или все растения с одной полки. Поэтому специализирующиеся в этой сфере производители имеют запасные модули с нарощенными растениями, которым легко заменить модуль с погибшими или потерявшими декоративность растениями, не ожидая укоренения новых растений и достижения ими необходимого размера [18].

Для модульных конструкций, где питательные вещества подаются корневым системам одним из методов гидропонного орошения, постоянно и в рассчитанном количестве, не менее важным фактором роста и развития растений остается состав субстрата, в котором закрепляется и питается растение [2, 3, 15].

Можно выделить следующие основные типы субстратов, используемых в модульных фитостенах:

А. Сыпучие среды – субстрат, состоящий из смеси почвенных, биологических, минеральных и синтетических составляющих. Сыпучие среды используются в грунтовых модулях с растениями [18]. Преимущество сыпучих сред заключается в том, что субстрат может быть подобран в соответствии с требованиями конкретных растений к кислотности, воздухопроницаемости, фракционному составу и другим показателям. Растения на таких субстратах могут жить 6–8 лет без пересадки [21].

В качестве примера приведем состав такого субстрата: 2 части листового перегноя (листовой компост) со слабокислой реакцией (рН 5–6) (по объему), 1 часть верхового торфа средней степени разложения (раскисленного до рН 5,0–5,5), 0,5 части речного песка (крупнозернистый речной песок), 0,5 части пуццолана (дробленой вулканической кремнеземистой породы) и 0,1 часть вермикулита.



Рис. 3. Система вертикального сада из блоков, набитых кокосовым волокном (койрой, Coconut Coir Potting Mix)

Постоянно идет изучение и апробация новых компонентов для составления сыпучих субстратов: различных влагоудерживающих гидрогелей, ионитов, цеолитов, гранулированных силикатов, лигно-гуматов и др. [18, 22–24].

Б. Безземельные среды – легкие непитательные материалы, например, койра (волокно межплодника орехов кокосовой пальмы), перлит, вермикулит, дробленая кора лиственницы или сосны, керамзит, минеральная вата (рис. 3).

В. Дробные среды – специальные минеральные, искусственные и природные материалы, состоящие из несвязанных частиц нужного гранулометрического состава. Преимущество дробных сред заключается в том, что гранулометрический состав для укрепления корней может быть подобран в соответствии с потребностями конкретных растений. Кроме того, чаще всего его компоненты весьма доступны и не дороги. Примером может служить субстрат для эпифитных растений: сосновая кора различных фракций, мох сфагнум, силикатная пемза, древесный уголь (5:2:0,5:0,5) [5, 25, 26]. Субстрат, состоящий из керамзита фракции 10–15 мм, мха сфагнума и дробленой коры сосны, используется в современных гидропонных модульных стенах, работающих по принципу системы П. Рёшлера [2].

В настоящее время получили распространение несколько типов модульных конструкций фитостен (рис. 4).

Известной на Западе конструкцией является система GroVert. Система состоит из пластикового шкафа без передней стенки с расположенными с уклоном к задней стенке полками. Вдоль задней стенки проложен капиллярный мат (Moisturemat) [9, 27, 28]. В ячейки для посадки растений помещается субстрат специального состава. Требования к такому субстрату следующие: медленное разложение (для материалов растительного происхождения), влагоемкость, воздухопроницаемость, долговечность (сохранение физических свойств субстрата в течение длительного времени), он должен обладать пролонгированным плодородием, не должен содержать патогенной микроорганизмов.

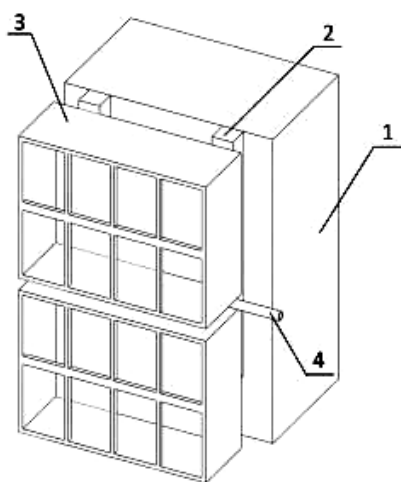


Рис. 4. Схема устройства вертикального сада по модульной технологии.

1 – стена; 2 – несущие конструкции;
3 – фито-модуль; 4 – система полива.

Кроме того, субстрат должен хорошо удерживать корневую систему растения, чтобы по мере своего роста зеленая масса не выдернула корень из горшка, подвешенного горизонтально. В качестве примера приводим следующий состав: кокосовое волокно (рН 5,8–6,5), измельченный сфагнум, кусочки сосновой коры, вулканическая силикатная пемза и вермикулит в примерном соотношении (по объему) 1:0,5:0,5:0,5:0,2. В такой субстрат также рекомендуют добавлять ионообменные материалы (синтетические ионитные смолы, природные цеолиты и пр.) [23].

Вода по мере необходимости подается через верхний бак-ирригатор, промачивая вставленный с задней стороны модуля коврик, который обеспечивает ее равномерное распределение воды по боксам; скрытый лоток-коллектор внизу собирает избыточный сток [10].

В нашей стране одной из первых была запатентована система с модулем редкого полива, в котором в качестве элементарной ячейки использовалась конструкция пластикового бокса с углом скоса 60° [18]. В него высаживаются растения в обычный субстрат, т.е. это модульная фитостена «на грунте», в сыпучей среде. На дне и на задней стенке каждого бокса уложена губка (флористическая пена), позволяющая влаге дольше задерживаться в субстрате (в каждом боксе может удерживаться 2,5 л связанной влаги). Далее укладывается пластиковая решетка и фильтр – синтетический войлок. Несколько (от 6 и более) боксов составляют фито-модуль, который крепится на металлический каркас. В компании Verticalsad был разработан специальный крепеж к стене, позволяющий создавать вертикальные сады и огороды разного размера, также предусматривается возможность крепежа декоративных обрамляющих панелей. Сзади по каркасу делается разводка системы ка-

пельного полива. В каждом блоке предусмотрен вход для шланга с капельным поливом (вверху у задней стенки), вход для капельницы фронтального орошения листьев (сверху на передней кромке) и дренажное отверстие для отвода избыточной влаги.

Проблемами этой системы являются: 1) необходимость каждый раз независимо собирать и комплектовать систему автополива-орошения и искать место для установки помпы, водонакопительного бака; 2) конструкция заметно тяжелее остальных аналогов, ее нельзя устанавливать в сейсмически неустойчивых районах и на большой высоте; 3) боксы имеют очень обширные неприглядные пластиковые поверхности на лицевой стороне, что затрудняет декорирование; 4) значительная боковая ширина конструкции (минимум 200 мм) осложняет декорирование [29].

Преимуществом этой системы является ее малая зависимость от электроэнергии и прочих потенциальных проблем автополива, так как запаса влаги в субстрате каждого бокса хватает на 4–6 дней. Для увеличения запаса влаги и улучшения питательных свойств субстрата производитель (ООО «Вертикальные лечебные сады») рекомендует примешивать к субстрату агроионит – отечественный природный материал Бондарского месторождения глауконита. Он производится как универсальная добавка к грунтам контейнерных растений.

Также очень упрощает эксплуатацию такой системы отсутствие возвратной системы полива, что решает многие вопросы гидропонного содержания фитостен: не забиваются фильтры; не происходит засорения тонких шлангов, капельниц наростами солей и частицами субстрата; корни растений не врастают в искусственный войлок; растворы в каждый модуль доставляются автономно – нет угрозы переноса корневых гнилей по всей системе и др. [18].

Все большее распространение приобретает отечественная модульная гидропонная конструкция, разработанная изначально для компании Lafasad (г. Пермь) [5]. Прообразом для нее послужила автономная система профессора П. Рёшлера [2]. Конструкция представляет собой герметичный шкаф-фито-модуль, выполненный из ПВХ (рис. 5).

Косые полки имеют боковую ширину (глубину) всего 15 см. Внизу в конструкцию встроен бак для воды, который нужно наполнять 1 раз в 7–30 дней. Встроенный насос с программируемым таймером-реле автоматически осуществляет циркуляцию питательного раствора по системе. Вода из бака по специальной силиконовой трубке поднимается в ирригационную полку. Вверху, в ирригационной полке вода равномерно распределяется и по отверстиям спускается непосредственно сначала в верхнюю полку, а из нее в нижележащие полки с растениями. Емкости-полки заполняют керамзитом или сфаг-

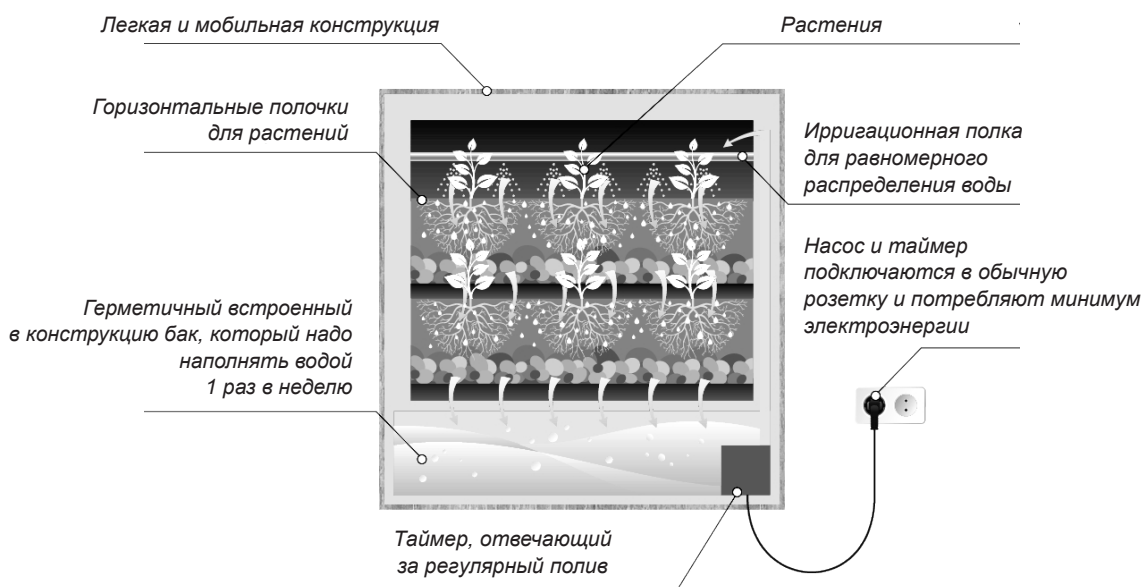


Рис. 5. Схема устройства фитостены «Лафасад»

нумом. Отмытую от грунта корневую систему растений оборачивают сфагнумом, который дополнительно закрепляют кокосовым волокном, капроновой сеткой или сезалем. Конструкция позволяет растениям расти и развиваться на хорошо воздухопроницаемом субстрате в автоматическом режиме полива.

Минеральное питание растений осуществляется закладкой в бак-емкость специальной таблетки или засыпкой сухой гранулированной подкормки для гидропоники, например, Lewatit-удобрения длительного действия для гидропоники (Bayer Enterprise) [25]. Очень удобны и современные жидкие удобрения-концентраты: Hydro Growth (Hesi), Etisso HydroVital, Greenworld “Spezialdunger Hydrokultur” (примерный состав: N – 4,5% (B 0,010%, Cu 0,009%, Fe 0,034%, Mn 0,018%, Mo 0,001%, Zn 0,018%, а также комплекс фульво- и гуминовых кислот, который увеличивает способность растений поглощать питательные элементы). Питательный раствор в первое время после посадки, пока растения не укоренились, меняют один раз в неделю и контролируют его состав исходя из параметров: общая концентрация солей 600–700 ppm, электропроводность ЕС 0,9–1,0 мкСм/см, pH 6,0–6,5 [30].

Также рекомендуют в таких стенах использовать вместо керамзита ионитную смолу (ионит) [18, 23]. Это мелкозернистый полимерный сыпучий материал, не растворимый в воде, легко вступает в реакцию обмена ионов с выращиваемыми растениями. При его использовании отпадает необходимость в приготовлении питательного раствора, при поливе можно обходиться чистой водой. Однако доступность и стоимость самого ионита несоразмерно выше, чем смеси керамзита и сфагнома, и он имеет ряд недостатков: мелкая

грануляция, тенденция к заплыванию и потере физических свойств.

По похожему принципу функционирует система с использованием конструкции компании Lafasad, запатентованная компанией Gsky (США) [31]. В ней уже внутри фито-модуля по косым полкам прокладывается система автополива, используются сочащиеся шланги микрокапельного полива, а в некоторых вариациях вместо керамзита используются волокнистые среды. Особенность (отличие) конструкции Lafasad состоит в системе эффективного промачивания полок, с верхней и до нижней, посредством гравитационно стекающего питательного раствора, а также в едином моноблоке полок и окружающей их рамке того же цвета. Эта рамка является и ребром жесткости, и декоративным обрамлением.

Даже самый крупный из производимых фитомодулей, размером 2×2,5 м, легко может быть перемещен в любое место в случае изменения интерьера, вес фитостены незначителен (порядка 50–90 кг на м²).

Монтаж конструкции облегчен ввиду того, что ее достаточно просто зафиксировать болтами. Важным плюсом, в отличие от других систем является также герметичность конструкции. Растения в фитомодуле могут относительно легко заменяться без ущерба для конструкции. Также отсутствуют сложные системы распределения воды, форсунки которых могут забиваться солью. Особое преимущество – отсутствие сыпучего земельного субстрата, а, следовательно, загрязнений в помещении. Опыт эксплуатации таких стен показывает, что растениям 3–4 года не требуется пересадка и замена сфагнома.

Из не полностью решенных проблем стоит отметить, в первую очередь, возможность нехватки



Рис. 6. Схема функционирования фитостены «Freshwall». 1 – модуль-бокс (контейнер) с растением; 2 – воздух из помещения; 3 – очищенный воздух.

минерального питания для растений. При периодическом затоплении в данной системе нет обратной связи—потребность растений в дополнительном питании не достаточно ярко выражена. Кроме того, растворенные органические вещества и постоянная температура в помещениях выше 20°C провоцируют развитие анаэробных микроорганизмов в находящемся в ирригационном баке питательном растворе. Это приводит к образованию газообразных соединений восстановленной серы (H_2S , меркаптанов и др.), обладающих неприятным запахом.

Эта проблема отчасти решается использованием современных растворимых удобрений для гидропонии, таких как BioSevia Grow (General Hydroponics Europe), которые предотвращают развитие анаэробных процессов в растворе. Входящий в их состав комплекс BioponicMix, включающий почвенные грибы *Trichoderma harzanium* и др., осуществляет процесс разложения органического вещества [19, 30].

Одной из вариаций модульных конструкций является запатентованная технология FreshWall финской компании NaturVention, работающая по принципу аэропонии [32, 33].

Аэропоника – разновидность гидропонии с периодическим орошением корней растения воздушно-водяной взвесью питательного раствора. Это самая молодая, недавно разработанная технология. Растения, как правило, подвешены в корзинах над закрытым желобом или цилиндром. Так как корни находятся в воздухе, они получают максимально возможное количество кислорода. Повышенное насыщение корневой системы растения кислородом при такой технике дает безусловное улучшение роста. Многократно было

доказано, что при этом происходит увеличение биомассы примерно в 10 раз по сравнению с субстратом на основе почвы [20]. Корневые системы также развиваются очень сильно и практически не повреждаются корневыми гнилями.

Этот метод предусматривает рециклирование питательного раствора – лишний раствор, не поглощенный корнями, стекает назад в резервуар и затем рециркулирует. Основной задачей эксплуатации этой системы становится предотвращение возможности пересыхания и гибели корней, что достигается оптимальной периодичностью опрыскивания [2, 9, 15, 19, 20].

Известная технология AeroSpring сочетает аэропонику с возможностью погружения корней в глубокий резервуар с питательным раствором в случае поломки насоса [9].

Работа системы FreshWall основана на временном притоке питательного раствора к корням растений, а затем оттоке его обратно в резервуар (рис. 6).

Метод также называют «методом притока и оттока». Растения помещаются в небольшие перфорированные боксы-горшочки (пластиковые кассеты), заполненные серамисой (мелкими пористыми гранулами, которые изготовлены из обожженной глины), вермикулитом и ионитной смолой (субстрат выполняет функцию фиксации корневой системы, удержания влаги и питания). Горшочки горизонтально вставляются в отверстия в полый вертикальной конструкции-панели. В резервуаре установки готовится питательный раствор и автоматически включается его подача через встроенную ирригационную систему, в дальнейшем автоматическая система контролирует увлажнение корней. Важная особенность данной системы заключается в том, что через корневую систему растений все время снизу вверх по внутренней полости пропускается воздух, который бесшумными вентиляторами, встроенными в панель сверху, постоянно подается в помещение. В процессе продувки воздух увлажняется и очищается от загрязнений. Согласно многим исследованиям, система FreshWall является реальной альтернативой увлажнителям воздуха в помещениях и позволяет существенно очистить его от вредных примесей и пыли [32–35].

Конструкции NaturVention отличаются тем, что они соединены в единую сеть и управляются из одного общего электронного центра, т.е., сигналы датчиков влажности, температуры, уровня воды и пр., установленные на всех соединенных в единую сеть конструкциях, сводятся в общий центр управления. При необходимости с пульта можно изменить программу полива каждой стены или просто передать сигнал о необходимости подлить воды. У этой системы есть много достоинств и недостатков, но она недостаточно опробована отечественными специалистами, хотя уже установлена на ряде объектов в Санкт-Петербурге.

Из недостатков этой системы необходимо отметить следующие:

- так как корни находятся в субстрате, не способном долго удерживать влагу, они могут быстро высохнуть в случае прерывания процесса увлажнения;

- не всегда достаточна надежность и объективность показаний высокотехнологичных датчиков влажности прикорневой зоны и форсунок распыления раствора;

- как и в других гидропонных системах, снабжение раствором контролирует таймер, но эта система должна иметь частые циклы подкачки, возможно, происходящие каждые три-четыре минуты. Скорость износа системы при частых циклах подкачки, вероятно, очень высока;

- возможность посадки только очень молодых растений, так как предусмотрены очень маленькие ячейки-контейнеры, что снижает в первое время после посадки эстетические качества конструкции.

Вертикальные сады по «ковровой» технологии. «Ковровая» технология расположения растений на стене здания, разработанная П.Бланком, состоит из несущей конструкции (пластикового листа толщиной примерно 10 мм), одновременно выполняющей функцию гидроизолирующего слоя, и синтетического войлока (полимерного войлока, или фетра) с расположенными в нем карманами для посадки растений, который прикрепляется к пластиковому листу [1, 35, 36] (рис. 4). Между синтетическим войлоком и листом пластика подшивается ковер капиллярного мата, для этого часто используют синтетический ватин. В итоге создается цельнотканый ковер, который хорошо удерживает влагу. Описанный вариант фитоковра называется Fitotextil® и запатентован испанской компанией Slim Greenwall [29, 38]. Однако существует вариация и без капиллярного мата, когда сам синтетический войлок выполняет функцию проводника влаги к корневым системам растений (рис. 7).

Для посадки в карманы используют молодые экземпляры растений, которые могут легко восстановиться после повреждения корней во время очистки их от грунта и основательно закрепиться в войлоке. После пересадки растениям бывает нужно некоторое время для того, чтобы вырасти до своих нормальных размеров, поэтому стена в первый период выглядит не очень декоративно, т.к. большую площадь занимает войлок, имеющий черный или темно-серый цвет. Однако благодаря микрокапиллярной структуре войлока и легкости субстрата корни растений получают оптимальное количество кислорода и развивающаяся в таких условиях корневая система позволяет растениям быстро сформировать мощный, здоровый листовый аппарат и перейти в генеративную фазу развития, что важно для красивоцветущих растений.

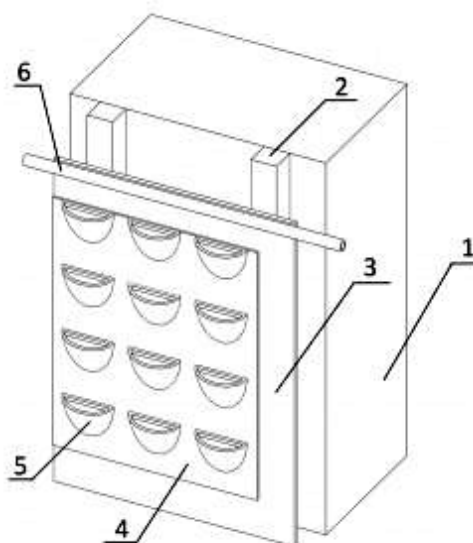


Рис. 7. Схема устройства вертикального сада по «ковровой» технологии.

1 – стена; 2 – несущие конструкции;
3 – лист пластика; 4 – войлок; 5 – карман;
6 – система автополива.

Субстрат представляет собой очень легкую и хорошо аэрируемую смесь, предназначенную для обеспечения питания растений в первый период адаптации и в дальнейшем для сглаживания колебаний влажности фитоковра. Состав субстрата может быть примерно таким: волокнистый верховой торф, вермикулит, кокосовое волокно, мох сфагнум, толчёный древесный уголь в соотношении (по массе) 1:0,2:0,2:0,5:0,1.

Ирригационная система прокладывается в виде трубок капельного полива. Обычно перфорированная трубка горизонтально уложена по верхней кромке коврика. Питательный раствор подаётся насосом по команде таймера и капельно промачивает ковер сверху.

В состав раствора входит 13 основных элементов питания (азот, фосфор, калий, магний, кальций, сера и др.), подобранных в оптимальных соотношениях [3, 36, 38]. Состав подпитывающего раствора был разработан П. Бланком в процессе 30-летнего экспериментирования с беспочвенным выращиванием растений. Кроме того, он предложил специальные фильтры для автоматизированной оросительной системы, чтобы отложение карбоната кальция из минерализованной воды не блокировало со временем трубки для подачи раствора [37]. Излишки раствора гравитационно стекают и собираются внизу. Это требует устройства водорезервуара (при небольших размерах полотна) или обеспечения отвода жидкости, что иногда, в особенности в условиях помещений, может быть достаточно проблематично.

Согласно оценке ряда специалистов, существенным недостатком данной конструкции является то, что вредители и болезни быстро распро-

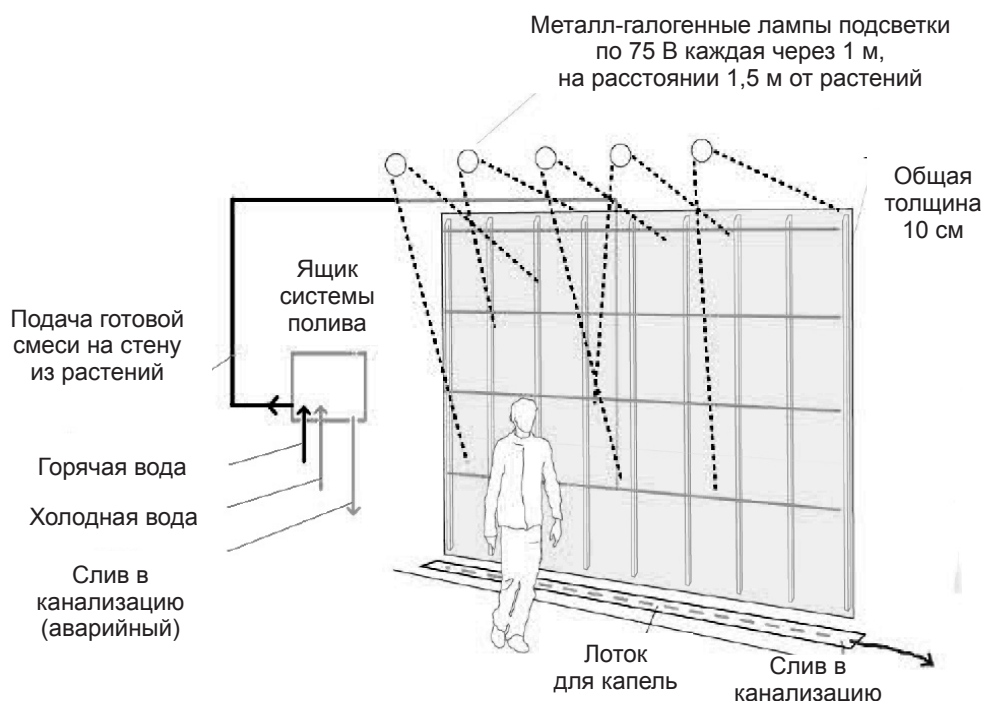


Рис. 8. Принцип устройства ковровой фитостены по П.Бланку.

страняются по фитоковру на соседние растения, и даже небольшой по площади очаг поражения при необходимости очень трудно извлечь из войлока, в конструкции всегда остаются пораженные корни. Кроме того, есть высокая вероятность повреждения самого войлочного материала, а это приводит к необходимости ремонта конструкции прямо на стене. В целом, все это может на какое-то время испортить эстетическое состояние зеленой стены [7, 8, 11].

Кроме того, в процессе эксплуатации в условиях помещений на поверхности синтетического войлока активно развиваются плесневые грибы, а также происходит испарение минеральных растворов с поверхности войлока, все это неблагоприятно влияет на санитарное состояние воздуха [9].

Однако у данной конструкции есть безоговорочное преимущество: ее вес составляет всего 30–35 кг на 1 м², а толщина невелика – около 5–10 см. Только ковровые фитостены позволяют озеленять неровные вертикальные площади, такие, например, как колонны. Кроме того, благодаря исключению традиционного субстрата – почвы, имеющей большую массу, сокращаются расходы, связанные с ее транспортировкой.

Многие специалисты отмечают, что растения, высаженные в войлочный коврик, не нуждаются в традиционном уходе [10, 35, 38]. По нашему опыту, уход, действительно, сводится к мало затратным процедурам обрезки и формирования, периодическому обмыванию листьев, некорневой подкормке, обработке от вредителей и болезней.

Для создания «ковровой» фитосистемы может быть использован современный материал Епивеб

(Epiweb). Этот материал на 70% состоит из утилизированного пластика – полиэтилентерефталата. Epiweb – один из лучших материалов, предлагаемых на рынке для создания фитостен. Он гигроскопичен, не гниет, не разлагается под действием ультрафиолетового света, химически нейтрален. Epiweb хорошо удерживает влагу (до 76% собственного веса) и имеет нейтральный серый цвет. Это немаловажно для дизайнеров, создающих цветовые композиции. Толщина материала достигает 20 мм. Рулонный материал Epiweb представляет собой готовую основу для корней растений, в нем можно самостоятельно нарезать или нашить на него небольшие карманы для фиксации растений. Растения легко в нем укореняются. Пластичность и вместе с тем жесткость и стабильность материала позволяют придавать полотну самые различные формы [9].

Заключение.

В создании зеленой вертикальной структуры в современных городах заложен огромный потенциал, который все больше реализуется с использованием новейших конструкций и систем российских и зарубежных компаний.

Применение новых технологий в создании зеленых стен, таких как шланги капельного полива, комплексные биоминеральные удобрения для гидропоники, новые синтетические компоненты субстратов расширяют возможности использования этого вида озеленения. Использование технологий выращивания растений в вертикальной плоскости создает не только комфортное, красивое и экологичное пространство, но и вносит вклад в устойчивое развитие экосистемы города, что особенно востребовано в благоустройстве го-

Сравнение трех основных технологических принципов организации живых стен по ключевым параметрам

Параметр	«Ковровый» по Патрику Бланку	Модульный	Контейнерные «экостены»
Удельный вес с растениями	35–50 кг/м ²	45...95 кг/м ²	35...92 кг/м ²
Срок достижения зрелой декоративности композиций после посадки в условиях средней освещенности интерьера	20–45 дней	30–45 дней	15–30 дней
Наличие на рынке элементов конструкций и комплекующих	+ –	+ –	+ –
Удобство монтажа	+	+	+
Необходимость автополива и дренажного лотка	Необходимо	В некоторых моделях не требуются	В некоторых моделях не требуются
Простота посадки растений	–	+	+
Плотность посадки растений	35...45 шт./м ²	40...55 шт./м ²	30...81 шт./ м ²
Стрессоустойчивость и неприхотливость	–	+	+
Гидропоника*/грунт	+/+	+/+	+
Необходимая частота процедур ухода	1 раз в 10 дней	1 раз в 10–15 дней	1 раз в 10–15 дней
Фитонцидная и очищающая воздух активность	+–	++	+
Простота замены растения	–**	+	++

*Гидропоника имеет свой отдельный набор достоинств и недостатков. Имеется информация, что «ковровые» вертикальные сады на гидропонике можно использовать исключительно вне жилых домашних помещений, поскольку с влажной поверхности основы вода испаряется вместе с химическими элементами питательного раствора, которые могут негативно влиять на здоровье людей. Кроме того, на большой площади влажного коврика в определенных условиях со временем поселяются различные плесневые грибы, вырабатывающие токсичные или плохо пахнущие летучие соединения.
 ** За исключением технологии с кармашками на липучках (напр. <http://vertiflor.com/>)

родской застройки, где зачастую из-за дефицита горизонтальной площади невозможен иной тип озеленения.

Наиболее простыми, доступными, воспроизводимыми и близкими к практической реализации являются модульные конструкции типа «Вертикальные лечебные сады» и различные вариации модульных гидропонных установок типа «Lafasad».

«Ковровые» технологии также несложны в реализации и эксплуатации. Однако их использование ограничивается неразвитостью рынка комплекующих и некоторыми описанными выше технологическими сложностями.

В этой области предстоит исследовать и решить целый ряд научно-технических вопросов. В первую очередь, до сих пор не подобран ассортимент растений, подходящих для выращивания в ковровых или модульных конструкциях. Следует проводить исследования по выявлению причин ухудшения состояния многих видов растений при выращивании в фитостенах и поиск новых видов, хорошо растущих на вертикальных конструкциях. Также нуждаются в совершенствовании датчики, позволяющие дистанционно контролировать влажность, температуру и прочие параметры субстрата и питательного раствора для упрощения ухода за фитостенами.

Литература:

1. Кунцова Я.Ю. Приемы озеленения зданий и сооружений., Сборник научных докладов. Sp. z o.o. «Diamondtradingtour». Warszawa, 2014. – 22–23 с.

2. Зальцер Э. Х. Гидропоника для любителей. – М.: Колос, 1965. – 159 с.
 3. Тавлинова Г.К. Гидропоника и цветы. – Л: Лениздат, 1966. – 93 с.
 4. Патенты США [Электронный ресурс]: <http://patft.uspto.gov>. Дата обращения: 23.01.16.
 5. Современное состояние фитостен [Электронный ресурс]: alivotec.ru. Дата обращения: 25.02.16.
 6. Адамчик Г.А. Перспективы применения вертикального озеленения в условиях города Владивостока. – Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2013. – № 3 (16) – С. 98–109.
 7. Губарева К.В., Копьёва А.В., Храпко О.В. Фитостены и их применение в современном ландшафтном дизайне. – Владивосток: Изд. ТОГУ. Новые идеи нового века. – Т. 3. – 2014. – С. 33–40.
 8. Сагалаев А.В. Эволюция вертикального озеленения. – «Архитектон: известия вузов» № 38. – Июль 2012. [Электронное приложение] http://archvuz.ru/2012_22/75
 9. Современное состояние фитостен [Электронный ресурс]: <http://wallofflowers.com/blog>. Дата обращения: 23.01.16.
 10. Vialard N. Gardening vertically. 24 ideas for creating your own green walls. – NewYork; London: W.W. Norton&Company, 2012. – 144 p.
 11. Мукбарашина Ф.Д., Сафина Г.И. Исторические зарубежные и отечественные примеры озеленения и благоустройства среды как прообразы современного вертикального и горизонтального озеленения архитектуры // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 2. – С. 70–76.
 12. Колесникова Е.Г. Вертикальное озеленение сада. Колесникова Е.Г. Вертикальное озеленение сада, – М.:

АСТ Кладезь, 2013. – 48 с.

13. *Ефимцев Д. А.* Вертикальное озеленение // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 4. – С. 30–33.
14. *Ожегова Е.С.* Ландшафтная архитектура: История стилей. – М.: Оникс, Мир и Образование, 2009. – 560 с.
15. *Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф.* Физиология растений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с.
16. *Романовский М.Г., Шекалев Р.В.* Лес и климат центральной полосы России. – Архангельск: ИПП Правда Севера, 2009. – 95 с.
17. Технологии вертикальных стен [Электронный ресурс] <http://verticalgardendesign.com>. Дата обращения: 28.12.15.
18. Технологии вертикальных стен [Электронный ресурс]: <http://verticalsad.ru/category/uxod-za-fitostenami>
19. Hydroponics Journal 1/2011 [интернет издание], <http://gidroponika.com>. Дата обращения: 15.01.16.
20. *Бентли М.* Промышленная гидропоника. – М.: Колос, 1965. – 376 с.
21. *Гесдёрфер М.* Комнатное садоводство. – М.: Красивые дома пресс, 2013. – 670 с.
22. *Головкин Б.Н., Чек В.Н.* Комнатные растения: Справочник. – М.: Лесная промышленность, 1989. — 431 с.
23. Современное состояние агротехнологий на ионитах <http://gidroponika.com/content/view/443/418/#ixzz2mbeXhTQi>. Дата обращения: 23.01.16.
24. *Князева Т.П., Князева Д.В.* Комнатные растения. – М.: Эксмо, 2014. – 448 с.
25. *Хессайон Д.Г.* Все о комнатных растениях. – М.: Кладезь-Букс, 1996. – 255 с.
26. *Чеканова В., Коровин С.* Бромелии. – М.: Фитон+, 2003. –175 с.
27. Патент Германии DE 2733428, МПК-7 А01G 31/02, 2000 г. [Электронный ресурс] <http://www.findpatent.ru/patent/240/2402200.html> Дата обращения: 23.01.16.
28. Патент США US 5257476, МПК А01G 1/00, 1993. [Электронный ресурс] <http://www.findpatent.ru/patent/240/2402200.html>. Дата обращения: 23.01.16.
29. Современное состояние фитостен [Электронный ресурс] greenwalls.com. Дата обращения: 03.12.15.
30. Информационный электронный ресурс корпорации General Hydroponics Europe: www.eurohydro.com (<http://hydroponic-east.com/ru/predydushhie-vypuski/5-2012/gidroponika-bolshe-ne-tehnologija-budushhego#sthash.b3hA1eOW.dpuf>). Дата обращения: 10.12.15.
31. Green wall systems for interior and exterior [Электронный ресурс] <http://gsky.com/> Дата обращения: 10.12.15.
32. *Pegas P.N., Alves C.A., Nunes T., Bate-Epey E.F., Evtuygina M., Pio C.A.* Could houseplants improve indoor air quality in schools? // J. of Toxicology and Environmental Health. Part A. – 2012. – 75 (22-23). – P. 1371–80.
33. *Hum R., Lai P.* Assessment of Biowalls: An overview of plant and microbial-based indoor air purification system. Physical plant services. Chemical engineering. – Queen’s University, April 19, 2007 [Электронный ресурс]: <http://www.queensu.ca/sustainability/sites/webpublish.queensu.ca/suswww/files/files/biowalls.pdf>. Дата обращения: 27.01.16.
34. *Wolverton B. C., Wolverton J.D.* Plants and soil microorganisms: removal of formaldehyde, xylene, ammonia from the indoor environment // J. of the Mississippi Academy of Sciences. – 1993. – 38(2). – P. 11–15.
35. Работы Патрика Бланка [Электронный ресурс]: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>. Дата обращения: 23.01.16.
36. *Blanc P.* The vertical garden: from nature to the city (revised and updated). – France: W. W. Norton & Company, 2012. –208 p.
37. Современное состояние фитостен [Электронный ресурс] greenfortune.com. Дата обращения: 4.01.16.
38. *Kwok A.G., Grondzik W.T.* The green studio: environmental strategies for schematic design. –Italy: Elsevier, 2007. – 389 p.

Gosse D.D., Kukudzhyanov Yu.A.

MODERN TECHNOLOGIES OF ORNAMENTAL PLANTS CULTIVATION IN VERTICAL STRUCTURES

The history, the methods and general principles of vertical gardening, green walls, fitowalls, living walls are reviewed. These methods having been implemented using the latest designs and technologies of Russian and foreign companies. The application of new technologies for green walls construction is considered. Two fundamentally different technologies of green walls are compared and analysed. The problems of aesthetic, ecological and rationalization character are discussed.

Keywords: *vertical gardening, green walls, phytodesign, ornamental gardening.*