

# ВЕРТИКАЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ – ИННОВАЦИОННОЕ БУДУЩЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

**Анна Шутова,**  
ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной биохимии Центрального ботанического сада НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук, доцент

**Светлана Шиш,**  
научный сотрудник лаборатории прикладной биохимии Центрального ботанического сада НАН Беларуси

**Нелли Гетко,**  
главный научный сотрудник лаборатории оранжерейных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси,  
доктор биологических наук

**Галина Шамшур,**  
научный сотрудник лаборатории оранжерейных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси

**Елена Спиридович,**  
завлабораторией прикладной биохимии Центрального ботанического сада НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук, доцент

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, около 7 млн смертей в год связаны с загрязнением воздушной среды – причиной развития основных неинфекционных (таких как патология сердечно-сосудистой системы), респираторных и онкологических заболеваний.

Термин «синдром больного здания» (SBS) [1] используется в современном мире для описания ситуаций, в которых люди, находясь в помещении, испытывают симптомы расстройства здоровья (головную боль, раздражение глаз, носа или горла, сухой кашель, головокружение, тошноту, трудности с концентрацией внимания, чувство усталости), которые могут наблюдаться по отдельности либо в сочетании друг с другом и причину которых установить не удастся [1]. Ухудшение самочувствия может ощущаться как на всем пространстве здания, так и в определенных его локациях. Степень проявления недомогания зависит от времени воздействия неблагоприятного фактора.

Что же это за фактор? В современном проектировании зданий внимание сосредоточено на решении энергетических проблем – путем улучшения показателей теплоизоляции, герметичности, разработки энергоэффективных систем вентиляции. Нередко у таких мер и возникает своеобразный «побочный эффект» в виде SBS. Чаще всего данное явление наблюдается

в офисах, рассчитанных на 10 и более рабочих мест, особенно в помещениях, где установлено много компьютеров. Поскольку синдром больного здания становится все более серьезной угрозой для здоровья и продуктивности целых профессиональных групп, установление его причин с целью устранения и профилактики – одна из самых актуальных исследовательских задач.

Решением проблемы может быть использование вертикальных систем озеленения в экологическом дизайне помещений с одновременным размещением разнообразных растений, обладающих повышенной биофильтрацией и фитонцидной активностью.

Применяющийся для вертикального озеленения ассортимент лиан в настоящее время ограничен, а на формирование плотной поверхности с помощью таких растений требуется много времени. Как эффективная альтернатива традиционным способам создания «зеленых стен» могут рассматриваться приемы вертикального озеленения на основе различных войлочных и модульных систем. Для сплошных, глухих стен и фасадов часто рекомендуется войлочная система; для фитостен также применяется модульная система, в целом обладающая большей устойчивостью и наиболее удобная для оформления выступающих частей здания.

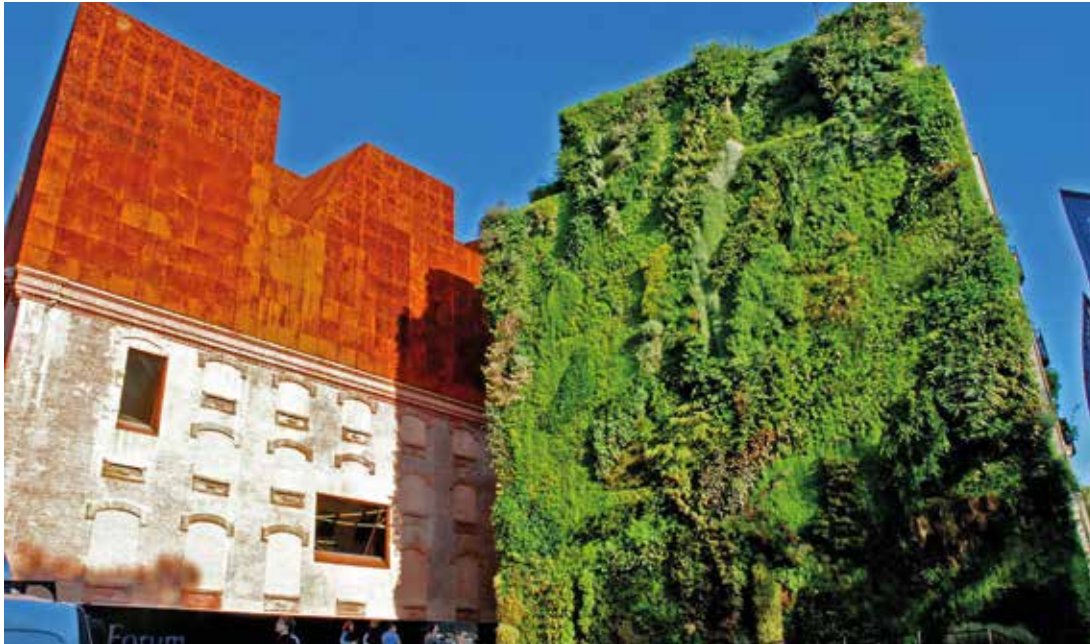
О таких способах озеленения наши далекие предки знали еще за 600 лет до нашей эры, когда в древнем Вавилоне было воздвигнуто одно из 7 чудес света – Висячие сады Семирамиды, имевшие вид террас, увитых плетистыми розами. В истории России одним из первых подобных примеров был «верховой сад» Московского Кремля. Вертикальное озеленение в современной интерпретации было изобретено Стенли Харт Уайтом в американском университете Urbana-Champaign штата Иллинойс в 1931–1938 гг.; по крайней мере, именно он получил первый в мире патент на вертикальную фитостену, концептуализированную как «новый тип сада для решения проблем современного ландшафтно-паркового дизайна». В это же время в США были разработаны методы выращивания растений на стенках из мха для культивирования овощей в теплицах. И хотя они не нашли применения в промышленном овощеводстве европейских стран, эти технологии оказались полезными в декоративном растениеводстве. Современным инноватором в этой области выступает ботаник Национального исследовательского центра Франции Патрик Бланк, пред-

ложивший способ выращивания вертикальных садов на основе синтетического «ковра» с кармашками, заполненными минимальным количеством почвенного субстрата для растений [2].

Все большее распространение получает модульная технология вертикального озеленения, которая имеет ряд преимуществ перед моховыми и ковровыми. Агротехнические приемы выращивания растений на вертикальной поверхности, созданные на основе этой или других аналогичных технологий, открывают широкие возможности использования их в оздоровлении интерьеров. Модульные системы применимы в эстетических, экологических, экономических, образовательных целях и могут быть успешным решением разнообразных задач как в условиях открытого пространства (рис. 1), так и внутри помещений (рис. 2).

В последнем случае речь идет прежде всего о положительном влиянии растительности на качество воздушной среды, что связано с эффективным устранением ее загрязнителей. В процессе биофильтрации двуокись углерода и токсичные соединения эффективно поглощаются как растениями, так и субстратом. Традиционно зеленые стены рассматриваются как «пассивный» биофильтр, но новые технологии движутся к интеграции живых стен (как в помещениях, так и вне их) в системы кондиционирования и вентиляции зданий. Результат этих изысканий получил название «активной живой стены» [3], в которой принудительный поток воздуха проходит через живой зеленый слой и может быть подан во внутреннее пространство помещения. Использование растений для улучшения состояния окружающей среды становится ключевым фактором в разработке современных строительных технологий, которые не только направлены на эстетическое воздействие, но и могут являться средством решения экологических задач, таких как естественное охлаждение воздуха, повышение его влажности, уменьшение перепадов температуры внутри зданий. Вертикальные системы наиболее эффективны в экологическом дизайне закрытых помещений: модули, расположенные на стене, позволяют разместить в них большое разнообразие видов, обладающих определенной активностью по отношению к патогенной и непатогенной микрофлоре.

Вертикальное озеленение внешних поверхностей оказывает существенное влияние на тепловые характеристики зданий [4] посредством



*Рис. 1.* Галерея искусств CaixaForum Madrid (Мадрид, Испания) привлекает посетителей фитостеной высотой 24 м из 15 тыс. растений 250 видов, спроектированной Патриком Бланком. Это один из фито-арт-объектов Европы. Фото из портфолио Патрика Бланка ([verticalgardenpatrickblanc.com](http://verticalgardenpatrickblanc.com))



*Рис. 2.* Фитостена площадью 93 м<sup>2</sup> в офисе British Gas (Оксфорд) действует как акустический буфер и естественный фильтр для улучшения качества воздуха. Фото из портфолио компании Biotecture (<https://www.biotecture.uk.com>)



*Рис. 4.* Опытный участок, на примере которого проводится оценка перспективности использования модульных технологий вертикального озеленения для оздоровления воздушной среды зданий. Общая площадь – приблизительно 6 м<sup>2</sup>. Центральный ботанический сад НАН Беларуси



*Рис. 3.* Вертикальное озеленение в открытом пространстве, установленное на основе модульной системы с использованием разработанного ассортимента декоративных растений. Центральный ботанический сад НАН Беларуси



Рис. 5. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. в вертикальном озеленении. Центральный ботанический сад НАН Беларуси



Рис. 6. Сорта пеларгонии коллекции оранжерейных растений мировой тропической и субтропической флоры для вертикального озеленения. Центральный ботанический сад НАН Беларуси



Рис. 7. Вертикальное озеленение в открытом пространстве на основе модульной системы с использованием разрабатываемого ассортимента декоративных растений: сорта гейхеры и гейхереллы в сочетании с красивоцветущими растениями. Центральный ботанический сад НАН Беларуси

сочетания 4 основных механизмов: перехвата солнечной энергии растительностью; теплоизоляции, обеспечиваемой насаждениями и субстратом; испарительного охлаждения, возникающего в результате эвапотранспирации; сопротивления ветровой нагрузке.

К трудностям использования данной технологии в открытом грунте в условиях Беларуси относятся низкие зимние температуры, приводящие к промерзанию корневых систем растений в контейнерах; неоднократное чередование циклов заморозания и оттаивания в течение осенне-зимнего сезона, снижающее их зимостойкость; иссушающее действие ветров в осенний и весенний периоды, приводящее к обезвоживанию растений; несбалансированные по составу почвенные субстраты, способствующие развитию у них стресса, и т.д. Кроме того, практически не имеется сведений по ассортименту травянистых красивоцветущих и декоративно-лиственных представителей флоры, которые могут эффективно применяться для этих целей в нашей стране.

Основные требования, предъявляемые к растениям в вертикальном озеленении – яркость, выразительность, эстетичность не только цветков и соцветий, но и вегетативной части. Предпочтение отдается декоративным (по возможности сохраняющим это качество наиболее продолжительное время), низкорослым сортам и видам с компактной кроной или возможностью формировать ее с помощью обрезки, способным образовывать плотный напочвенный покров и листовую мозаику, хорошо переносящим городские условия (соле-, антропогенно- и газоустойчивым) и культивирование в ограниченном пространстве (засухо- и жаростойким, зимостойким).

Жизненная форма растения – один из главных факторов, определяющих поведение в условиях ограниченного объема контейнера [5]. Часто неудовлетворительно показывают себя полукустарники, стержневые и кистекорневые виды, лучше – ползучие и стolonные. По отношению к влаге предпочтительнее ксерофиты и мезоксерофиты.

В Центральном ботаническом саду НАН Беларуси в течение ряда лет ведется разработка технологии вертикального озеленения на основе модульной системы (рис. 3). С помощью данной технологии (включающей ассортимент специально подобранных растений, почвенные субстраты, оптимизированные для конкретных их групп, технологические карты посадки и ухода, а также практические рекомендации по куль-

тивированию отдельных таксонов в зависимости от необходимого эффекта) можно озеленять закрытые помещения различного назначения – офисы, торговые центры, объекты общественного питания, оздоровительные комплексы, квартиры и дома, а также сезонно открытые пространства вне зданий. Специально для этих целей формируется ассортимент растений, в том числе нетрадиционных, который в дальнейшем будет предлагаться потребителям. Сконструирован опытный участок интерьерного вертикального озеленения, где проведена оценка перспективности использования модульных технологий для оздоровления воздушной среды зданий (рис. 4). Особое внимание уделено антимикробной активности растений и их аккумулирующей способности по отношению к токсичным соединениям – основным загрязнителям воздуха в помещениях. Применены современные методы оценки антибактериальных свойств зеленых насаждений, базирующиеся на анализе и выявлении в составе летучих компонентов эфирных масел листьев субстанций, активных по отношению к бактериальной флоре воздушной среды.

Ассортимент формируется на основе уникальных коллекций ЦБС НАН Беларуси. Одна из них, имеющая 87-летнюю историю, состоит из 2 тыс. наименований оранжерейных растений мировой тропической и субтропической флоры. Комплексные многолетние исследования особенностей их адаптивного потенциала позволяют рекомендовать многие виды и сорта для использования в вертикальном озеленении. Например, в интерьерах для этого подходят популярные оранжерейные и комнатные растения, требующие для роста небольшого объема субстрата, умеренного полива и освещения.

**Колеус** (*Coleus* Lour.) – род растений семейства Яснотковые (*Lamiaceae*). Ранее насчитывал около 150 видов, однако в результате исследований и углубленной ревизии родов включен в состав рода Шпороцветник (*Plectranthus* L'Hér.), объединяющий в настоящее время более 320 видов растений.

**Колеус Блюма** (*Coleus blumei* (L.) Benth.) – популярный вид, отличающийся удивительным многообразием форм и расцветок листьев. Родина – тропические районы Африки и Азии. Растения обычно используются в сезонных регулярных цветниках и композициях с замысловатым узором, составленным из растений с различной окраской листьев. Четкость рисунка и ровная фактура композиций поддерживаются при

помощи стрижки. Из коллекционного материала ЦБС для вертикального озеленения в интерьерах могут быть рекомендованы низкорослые, компактно облиственные сорта: Ferry, Tammy, White Line, Twist and Twirl, Small Wood Drive и многие другие, хорошо адаптированные в оранжерейной и комнатной культуре.

**Плектрантус ароматный** (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.) (рис. 5) – вид, обладающий исключительной ценностью как ароматическое растение. Родом он из тропиков и теплых регионов Африки, Азии и Австралии. Листья этого растения не только декоративны и ароматны, но и обладают рядом полезных фармакологических свойств [6]. С успехом может дополнить вертикальные композиции декоративно-лиственных сортов колеуса.

**Пеларгония** (*Pelargonium* L'Her. ex Ait.) – род семейства Гераниевые (*Geraniaceae*). Насчитывает свыше 250 видов. Естественной произрастает в Южной Африке. Светолюбивые многолетние травянистые или полукустарниковые растения, легко переносящие недостаток влаги, размножаются семенами и черенками, неприхотливы при выращивании и в оранжереях, и в домашних условиях.

Для вертикального озеленения перспективны компактные, декоративные, ароматные виды, а так же миниатюрные формы и сорта пеларгонии группы Ангелы **Angeleys** (по классификации Royal Horticultural Society). В составе коллекции ЦБС они представлены следующими вариациями: Бабочка, Блюбери, Бургундия, Ralf, а также некоторыми мутантными формами, характеризующимися необычной морфоструктурой листьев (рис. 6). Высокодекоративный эффект придаст композициям и суккулентный представитель данного рода *Pelargonium* × *xerophyton* в сочетании, например, с лианами и каудексными формами.

Род **Гейхера** (*Heuchera* L.) относится к семейству Камнеломковые (*Saxifragaceae* Juss.) и насчитывает около 70 видов, распространенных в Северной Америке. Декоративно-лиственные гейхеры благодаря разнообразию, яркой и насыщенной цветовой гамме стали известными, модными и необыкновенно популярными. Современные сорта и гибриды растения, эффектные, неприхотливые, зимостойкие, несложные в уходе, отлично зарекомендовали себя в вертикальном озеленении (рис. 7).

В создании зеленой вертикальной модульной структуры заложен огромный потенциал,

который может быть реализован с использованием новейших конструкций и технологий ухода за растениями. Это прежде всего системы капельного орошения, комплексные удобрения пролонгированного действия, новые синтетические компоненты субстратов, которые предстоит еще испытать, как и новейшие материалы для создания фитостен. Все это позволит значительно расширить ассортимент тропических и субтропических видов для внутреннего вертикального озеленения в условиях Беларуси. Наиболее детально в плане аккумулирующей способности листьев по отношению к атмосферным загрязнителям ароматической природы исследованы многочисленные виды и сорта тропической флоры: *Aglaonema*, *Draceana*, *Ficus*, *Phylodendron*, *Spathiphyllum*, *Tradescantia*, многие пальмы [7–8]. Однако выбор растений для вертикальных конструкций в интерьерах зависит от конкретных микроклиматических факторов. Достойное место в системах внутреннего вертикального озеленения или в сочетании с ним должны занять полезные субтропические виды семейств Рутовые (*Rutaceae*), Миртовые (*Mirtaceae*), Лавровые (*Lauraceae*) [9, 10].

Для тиражирования растений в больших объемах, необходимых при создании вертикального озеленения, перспективно использование биотехнологических подходов [11]. Созданные на их основе коллекции особое значение приобретают в случае плохой размножаемости семенами, черенками или делением. Сегодня такая коллекция из 250 образцов асептических хозяйственно-ценных культур имеется в отделе биохимии и биотехнологии ЦБС НАН Беларуси. В ее состав включены представители 26 семейств цветковых растений, принадлежащих к 66 родам; видовой состав включает 90 видов природной флоры и 160 культурных сортов и гибридов [12, 13]. Одна только асептическая коллекция гейхеры Центрального ботанического сада содержит 5 сортов.

Технология вертикального озеленения инновационна не только для Беларуси, но и для всего мира, поскольку нигде пока не разработаны научные основы использования растений для оздоровления воздушной среды зданий. Однако в связи с возрастающим вниманием к данной проблеме эта технология (либо ее отдельные элементы) может широко применяться при озеленении вновь построенных производственных, общественных и частных зданий. Это приведет к улучшению здоровья и качества жизни населения, снижению

потерь от временной нетрудоспособности, то есть будет иметь выраженный социальный и экономический эффект. Расширение ассортимента растений для вертикального озеленения в условиях Беларуси с помощью методов биотехнологии позволит сделать его более доступным. Надеемся, что возможность внедрения экологического и эстетического способа оздоровления людей привлечет интерес специалистов, занимающихся проектированием зданий различного назначения. ■

Работа выполнена в рамках международного научного проекта ГКНТ – Индия №Б19ИНДГ-001.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Burge P.S. Sick Building Syndrome / P.S. Burge // *Occup Environ Med*. 2004. V.61. P. 185–190.
2. Гессе Д.Д. Современные агротехнологии выращивания декоративных растений в вертикальных конструкциях / Д.Д. Гессе, Ю.А. Кукуджанов // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2016. №1. С. 52–62.
3. Vertical Greening Systems and Sustainable Cities / L. Perez-Urrestarazu [et. al.] // *Journal of Urban Technology*. 2015. V. 22. №4. P. 65–85.
4. Experimental Investigation on the Energy Performance of Living Walls in a Temperate Climate / U. Mazzali [et. al.] // *Building and Environment*. 2013. V. 64. P. 57–66.
5. Девятерикова С.Л. Эколого-биологическое обоснование выбора травянистых многолетников для контейнерного озеленения: сб. «Особенности экспонирования коллекций декоративных растений». – М., 2011. Вып. 2. С. 61–69.
6. Arumugam G. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance / G. Arumugam, M.K. Swamy, U.R. Sinniah // *Molecules*. 2016. V. 21. №4. P. 369.
7. Simonich S.L. Organic pollutant accumulation in vegetation / S.L. Simonich, R.A. Hites // *Environmental Science & Technology*. 1995. V.29. P. 2905–2914.
8. Ugrekhelidze D. Uptake and Transformation of benzene and toluene by plant leaves / D. Ugrekhelidze, F. Korte, G. Kvesitadze // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1997. V. 37. P. 24–29.
9. Сравнительный анализ летучих компонентов листьев гибридов и сортов лимона (*Citrus limon* (L.) Burm.f.), культивируемых в условиях оранжерей / Н.В. Гетко [и др.] // *Известия Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук*. 2014. №2. С. 5–10.
10. Состав летучих компонентов и антимикробная активность эфирных масел представителей сем. Lauraceae Juss. в оранжерейной культуре / Н.В. Гетко [и др.] // *Докл. Нац. акад. наук Беларуси*. 2016. Т. 6. №6. С. 91–97.
11. Решетников В.Н. Биотехнология растений и перспективы ее развития / В.Н. Решетников, Е.В. Спиридович, А.М. Носов // *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46. №1. С. 3–18.
12. Асептическая коллекция и банк ДНК Центрального ботанического сада НАН Беларуси как эффективные инструменты сохранения редких растений / Е.В. Спиридович [и др.] // *Известия Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук*. 2017. №3. С. 117–128.
13. Спиридович Е.В. Ботанические коллекции: документирование и биотехнологические аспекты использования / Е.В. Спиридович. – Минск, 2015.