

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ УНИВЕРСИТЕТСКИХ КАМПУСОВ

УДК 502:[727:378.4]

ББК 20.1:38.712

В.А. Павлова, В.С. Голошубин

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

В современном мире появляются новые технологии, способствующие решению многих экологических проблем. Научное сообщество и ведущие университеты уделяют этому большое внимание. Новые экспериментальные разработки в этой области используются при проектировании и строительстве университетских кампусов. Современные университетские кампусы призваны функционировать по законам природы, быть частью экосистемы, не нарушая природного равновесия. Идеи природоэквивалентной архитектуры сочетаются с экологической безопасностью и энергоэффективностью. Такие кампусы можно назвать самодостаточными по принципу отношения к потреблению природных ресурсов. Они сами являются частью природы, не загрязняя окружающую среду и «не нуждаясь» в ней. Самодостаточная модель архитектуры кампусов отвечает представлению об университете как центре интеллектуальной активности и генераторе научных открытий в области современных эко-технологий.

Ключевые слова: зеленая архитектура, самодостаточный университетский кампус, экологические технологии, энергосбережение, высокотехнологичные строительные материалы

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES IN DESIGN OF MODERN UNIVERSITY CAMPUSES

V.A. Pavlova, V.S. Goloshubin

Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia

Abstract

In our contemporary time fundamentally new technologies of solving environmental problems appear each day. The scientific community and leading universities pay a lot of attention to this topic. New experimental developments in this area are used in design and construction of university campuses. Modern sustainable architecture of the campuses is designed to "work" by the law of nature, to be a part of the ecosystem without disturbing natural balance. The ideas of nature-equivalent architecture and compensation that construction of the building was struck are combined with environmental safety and energy efficiency. These campuses might be called as "self-sufficient" from the point of view of natural resources consumption. They are basically the part of nature by not polluting the environment and with no need in the environmental resources.

Keywords: green architecture, self-contained university campus, environmental technology, energy savings, high-tech construction materials

На рубеже XX-XXI веков в архитектуре появилось такое понятие как «устойчивая архитектура», т.е. стремление проектировать здания, которые бы находились в равновесии с природой и человеком. Этот термин впервые прозвучал на Конгрессе ООН по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Устойчивая архитектура базируется на приоритете экологического подхода к строительству и эксплуатации зданий. В ней используются экологичные строительные материалы, энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии, озеленение крыш и фасадов зданий, устройство зимних садов внутри зданий и др. Переход России к реализации концепции устойчивого развития провозглашен в Указе Президента Российской Федерации №440 от 01.01.1996 г. и Градостроительном кодексе Российской Федерации в качестве официальной доктрины государства. Это требует от архитекторов поиска новых моделей развития крупных образовательных и научных комплексов на стыке возможностей архитектуры и природы [5]. В статье предпринята попытка обобщить современный мировой опыт проектирования устойчивых университетских кампусов и выявить передовые эко-технологии, которые можно использовать при строительстве университетских городков (кампусов) в нашей стране.

«Заказчиком» и «потребителем» архитектуры университетских кампусов являются ученые и студенты (будущие ученые). Чтобы представить себе уровень современной науки и социальный заказ, исходящий от нее, обратимся к открытиям, получившим Нобелевскую премию 2016 года. Все три премии этого года присуждены за методы и идеи, которые меняют образ мысли. В категории «физиология и медицина» премия присуждена 71-летнему японскому биологу Ёсинори Осуми, профессору Токийского технологического университета за исследование возможностей управления внутриклеточным процессом автофагии – уничтожением клеточного «мусора» лизосомами, что может привести к победе над многими болезнями человека. Лауреаты этого года по химии придумали молекулы, которые могут работать деталями машин размером в нанометры, что было предсказано 30 лет назад американским инженером Эриком Дрекслером, благодаря которому слово «нанотехнология» пошло в массы. Один из лауреатов, голландский химик Бернард Феринг из университета города Гронингена (Нидерланды) довел технологию до совершенства и представил молекулу в форме гоночного автомобиля, которая может катиться по поверхности кристалла золота. Источником энергии для нее служит свет лазера со специально подобранной длиной волны, которую можно точно дозировать. Эта технология может быть применена в медицине и уже получила название фотофармакологии. Премия 2016 года по физике присуждена за «топологические фазовые переходы» – изучение базовых геометрических свойств вещей, которое в частности, может повлиять на создание новых методов поворота космических спутников и антенн.

Иными словами, возвращаясь к проблемам архитектуры, уровень современной мировой науки предполагает обитание ее представителей в особом мире, материальном и интеллектуальном, а архитектура университетских комплексов должна создавать условия для развития науки и образования, «подталкивать» ученых к новым прорывным открытиям. Поэтому во многих новых университетских зданиях мира применены современные строительные технологии, апробируются экспериментальные приемы проектирования. Уже введен в обиход новый термин – коэффициент интеллектуальности здания. Университеты приглашают известных архитекторов для создания новых брендовых кампусов. Примером может служить 15-этажная «Инновационная башня Жокей-клуба», построенная в 2013 году по проекту Захи Хадид в Политехническом университете Гонконга (рис. 1). В башне разместилась университетская Школа дизайна, в том числе выставочные и лекционные залы, студии и архитектурные мастерские. Это сооружение называют архитектурным ориентиром, которое сочетает в себе образы стремительного развития молодежи и высокий уровень образования нового поколения. Здание принято описывать термином "бесшовная архитектура", где плавные линии задают динамику не только архитектурному сооружению, но и ландшафту вокруг него, который становится не просто украшением, а «элементом» фасада.

Даже небогатые развивающиеся страны стремятся создавать новые ультрасовременные университетские комплексы, которые повышают имидж страны, являются ее визитной карточкой. Такими комплексами являются университет в Чили архитектора А. Аравена (2003), Инженерный и технологический университет UTEC в Перу (2015, Grafton Architects) [11].

Сегодня появляются принципиально новые технологии, способствующие решению многих экологических проблем. Научное сообщество и ведущие университеты уделяют этому большое внимание. Новые экспериментальные разработки в этой области используются при проектировании и строительстве университетских кампусов. Современная устойчивая архитектура кампусов призвана «функционировать» по законам природы, быть частью экосистемы, не нарушая природного равновесия. **Самодостаточным** университетским кампусом предлагается называть кампус, в котором реализуются идеи природоэквивалентной архитектуры: сооружения являются частью природы, не загрязняя окружающую среду и «не нуждаясь» в ней. Такие кампусы можно назвать самодостаточными по принципу отношения к потреблению природных ресурсов. Самодостаточная модель архитектуры кампусов отвечает представлению об университете как центре интеллектуальной активности и генераторе научных открытий в области современных эко-технологий.



Рис. 1. Кампус Политехнического университета Гонконга. Архитектор З. Хадид
(URL:<http://www.zaha-hadid.com/archive>)

Принципы проектирования самодостаточных университетских кампусов исходят из постулатов, сформулированных в конце XX века американским ученым Дэвидом Орром для энергоэффективных зданий [7]:

1. Строительство и эксплуатация кампуса должны способствовать развитию технологий, связанных с бережным использованием окружающей среды.
2. Строительство кампуса должно способствовать воспроизведению природного ландшафта, повышать биологическое разнообразие видов.

3. Кампус не должен «производить» никаких сточных вод, то есть здания должны и потреблять, и сбрасывать только воду, пригодную для питья.
4. Кампус должен производить больше электроэнергии, чем использовать.
5. В кампусе не должны использоваться никакие вредные строительные материалы.
6. В кампусе должны использоваться материалы, произведенные без ущерба для окружающей среды.
7. В кампусе должны использоваться материалы, утилизация которых не нанесет ущерба окружающей среде.
8. В кампусе должен быть обеспечен строгий учет стоимости его эксплуатации.
9. Строительство и эксплуатация кампуса должны способствовать развитию экологической компетентности и внимательного отношения к окружающей среде, то есть кампус должен стать инструментом экологического обучения.

I. Современные экологические технологии, используемые в строительстве «самодостаточных» университетских кампусов

1. Энергосберегающие технологии. Здания постоянно теряют тепло через окна (порядка 19% теплопотерь) и стены (5% теплопотерь), а создаваемые в здании климатические системы принудительной вентиляции и кондиционирования не соответствуют современным стандартам энергосбережения, стоимость эксплуатации их в несколько раз превышает все вместе взятые затраты по уходу за зданием. Главными направлениями повышения энергосбережения являются внедрение принципиально новых типов конструкций зданий, использование эффективных теплоизоляционных материалов, использование энергии солнца, ветра, земли. В университете Стэнфорда (ZGF Architects) применены солнечные батареи на крыше и фасадах здания. Примером современного самодостаточного кампуса можно считать строящийся кампус компании «Apple» в г. Купертино (США). Новое здание компании, спроектированное Норманом Фостером, вместит 13 тысяч сотрудников. 80% территории кампуса будет занимать зеленый парк, для которого выбраны засухоустойчивые растения. В общей сложности на территории кампуса будет посажено 7 тыс. деревьев, хорошо приспособленных к засушливому климату, что позволит свести к минимуму необходимое для орошения количество воды. В кампусе применяются новые энергоэффективные и экологические технологии¹.

2. Использование тепла земли для отопления и охлаждения здания. На территории колледжа города Оберлин (США) был построен Центр по изучению окружающей среды Адама Джозефа Льюиса («Adam Joseph Lewis Center», архитектор Уильям Макдонау, 2000), здание которого само является предметом изучения.² Дэвид Орр назвал эту концепцию «архитектура как педагогика». Здание было построено в 2000 году. По мере развития новых технологий планируется их внедрение в здание Центра. Например, в 2002 году электрический отопительный котел атриума был заменен на теплонасосную установку. Планируется использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, например, строительство ветроэнергетической установки и электростанции на топливных элементах. Разработчики проекта надеются к 2020 году сделать климатически нейтральное здание – здание, которое не требует внешних поступлений энергии и воды. Строительство приведет, по оценке проектировщиков, к энергопотреблению не более 25 % от энергопотребления традиционных зданий такой же площади. Для отопления или охлаждения помещений Центр использует 24 геотермальные скважины глубиной 73 м и

¹ URL: <http://appleinsider.ru/istoriya-apple/14-interesnyx-faktov-o-novom-kampuse-apple.html>

² URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1658

диаметром 152 мм, расположенные с северной стороны здания. Расстояние между скважинами составляет 4,5 м. В качестве теплоносителя используется вода, циркулирующая в замкнутом цикле. Для передачи теплоты или холода используются водо-воздушные тепловые насосы. Каждый тепловой насос управляется индивидуально, что позволяет в части помещений здания осуществлять отопление, а в части – охлаждение [7].

Проект «Энергоэффективный жилой дом в микрорайоне Никулино-2» был реализован в Москве 1998-2002 годах. Энергоэффективные мероприятия, использованные при проектировании и строительстве этого многоэтажного жилого дома: теплонасосная установка для горячего водоснабжения, использующая тепло грунта и утилизацию тепла удаляемого вентиляционного воздуха; наружные ограждающие конструкции с повышенной теплозащитой.³

3. Утилизация тепла вентиляционных выбросов. Сады могут включаться в систему вентиляции зданий. В здании Коммерцбанка (Франкфурт-на-Майне, 1997, арх. Норман Фостер) используется, главным образом, естественное освещение и естественная вентиляция за счет включения зимних садов и атриума, проходящего от уровня земли до верхних этажей. Девять спирально расположенных зимних садов высотой в четыре этажа улучшают микроклимат и создают благоприятную экологическую обстановку⁴. В здании Центра по изучению окружающей среды в Оберлине применены системы воздушного отопления (охлаждения), совмещенного с вентиляцией, система водяного отопления и панельно-лучистое отопление. Проект кампуса Национального исследовательского университета Сингапура предусматривает совокупную площадь застройки 60 тыс. м². Концепция предлагает устройство ботанического сада внутри кампуса, который пересекают пешеходные маршруты, формирующие интерактивное общественное пространство с большим количеством социальных функций (рис. 2). Пространственная организация ансамбля соответствует тропическому климату Сингапура со среднегодовой температурой +27°C. На территории кампуса предусмотрено большое количество затененных открытых пространств. Формы четырех зданий являются оптимальными для устойчивого внутреннего микроклимата, что позволяет уменьшить потребление электроэнергии на кондиционирование более чем на 30% [12].



Рис. 2. Кампус Национального исследовательского университета Сингапура
(URL: <http://www.archiscene.net/wp-content/uploads/2010/11/The-Singapore-University>)

³ URL: http://www.comhoz.ru/content/document_r_26C58B02-17BA-44F4-9AB7-A2739B4A0F22

⁴ URL: <http://www.studfiles.ru/preview/3578078>

4. Максимальное использование естественного освещения и энергосберегающее искусственное освещение с датчиками наличия людей в учебных помещениях для снижения затрат электроэнергии на освещение, использование для освещения внутренних помещений отблесков, рефлексов и отраженного света используются во всех современных университетах. Для уменьшения нагрева здания в летнее время, когда солнце находится высоко над горизонтом, южная стена Центра по изучению окружающей среды в Оберлине затеняется выступающим солнцезащитным козырьком крыши. Ориентация здания, вытянутого в направлении восток-запад, и использование с южной стороны светопроемов с большой площадью остекления также помогает экономить электроэнергию. Для выработки электричества в используются солнечные батареи (фотоэлектрические панели) производства компании «BP Solarex».

5. Энергоэффективные наружные ограждающие конструкции. Для уменьшения теплопотерь и теплопоступлений через остекление двухэтажного атриума Центра в Оберлине применены окна с повышенными теплозащитными и солнцезащитными характеристиками. Окна представляют собой тройные стеклопакеты. В конструкции стеклопакета использованы три вида стекол, характеристики которых позволяют окнам пропускать свет видимого диапазона, но задерживать солнечную радиацию ИК спектра. Воздушные промежутки между стеклами заполнены аргоном. Разработка инновационных энергоэффективных технологий для наружного остекления успешно ведется и в России. Компания «Теплориум», один из наиболее активных участников иннопарка «Сколково», разработала энергоэффективное остекление для российских климатических условий. Конструкция представляет собой два стеклопакета, между которыми создается буферная воздушная камера. В зависимости от климата региона подбирается стекло со специальным напылением, и в результате достигается максимальная теплоизоляция. Толщина газовой прослойки между стеклопакетами определяется условиями для применения конструкции: в компании разработали универсальный вариант для средней полосы России «Стандарт», остекление для жаркого климата «Сахара», вариант для Крайнего Севера «Сибирь». Проект отмечали на многих российских и международных выставках. Так, совсем недавно «Теплориум» стал призером международного конкурса лучших технологий для города OIMP, который прошел в Москве в рамках 33-й Всемирной конференции технопарков и зон инновационного развития IASP.

6. Биотопливо. Биотопливо, получаемое из биомассы, – один из наиболее распространенных в современном мире возобновляемых источников энергии. Биотопливо уже внедряется в США. Разработками технологий получения масла из водорослей занимаются следующие исследовательские американские университеты: университет штата Аризона, Иллинойский университет в Урбана-Шампейн, Калифорнийский университет в Сан-Диего, университет Небраска-Линкольн, Техасский университет в Остине, Университет Мэна, Канзасский университет, Колледж Вильгельма и Марии, университет северного Иллинойса, Техасский университет в Сан-Антонио, университет Старого Доминиона, Университет штата Юта, государственный университет Нью-Мексико и Миссурийский университет науки и технологий. В ходе исследования отрабатываются способы получения органического биотоплива из морских водорослей. Полученное из водорослей органическое масло должно быть пригодным для переработки на нефтеперегонных заводах и получения таких видов топлива как бензин, дизельное или авиационное топливо, а также может использоваться для выработки электроэнергии [4].

7. Система автоматического управления и мониторинга энергопотребления осуществляет контроль энергопотребления здания, а также параметров микроклимата помещений и параметров наружного климата. В Исследовательском центре и музее Академии наук Сан Франциско (2008, архитектор Ренцо Пиано) специальные фотодатчики в системе освещения автоматически уменьшают или полностью выключают искусственное освещение в случае проникновения достаточного количества дневного света в помещение, уменьшая количество электроэнергии, необходимой для освещения внутренних пространств.

II. Высокотехнологичные строительные материалы

Технические университеты занимаются разработкой новых технологий и **новых материалов**, которые вскоре полностью изменят наш мир. Студенты, решившие посвятить свою жизнь работе в выбранном направлении, и преподаватели, научное сообщество, заслуживают того, чтобы работать в сверхсовременных зданиях, в которых применены и продемонстрированы новейшие строительные материалы и материалы из той области науки, которой посвящен факультет или лаборатория. Заслуживают внимания архитекторов такие материалы как: древесина, подвергшаяся наноинфильтрации; прозрачный бетон из оптоволокна; несущие колонны из стекла; теплорегулирующий материал, меняющий фазу, – микронал; кремниевые высокопрочные аэрогели; углепластик; биологический бетон; стеновые панели с фитоводорослями [1]. Смелое решение предложил британский архитектор Дэйв Эдвардс для застройки Лондона – его эко-небоскреб полностью покрыт зеленой стеной из водорослей, которые будут очищать воздух и воду для своих жильцов, улавливать био-метан для производства тепла и энергии. В зимний период геотермальный насос будет перекачивать теплый воздух из туннелей лондонского метро и, после прогона через водоросли, перенаправлять его в систему отопления дома.

При наноинфильтрации древесину пихты сушат в микроволновой печи или вакууме до неполного закрытия пор, а затем погружают в коллоидный раствор с солями оксида кремния или карбоната кальция. Это позволяет достичь таких свойств дерева, что его можно применять как конструкционный и отделочный материал даже в многоэтажном строительстве (до 30 этажей). Психологический и эмоциональный комфорт при нахождении человека в деревянных домах давно доказан учеными, особенно это касается северных стран, где дерево – традиционный материал, к тому же полностью экологичный и относящийся к возобновляемым природным ресурсам.

Ученые Политехнического Университета Каталонии (Барселона) в 2012 году предложили и запатентовали абсолютно новый вид строительного материала – органический бетон или «биологический бетон», способствующий развитию мха и лишайника (рис. 3).



Рис. 3. Фасады здания из биобетона ([URL:http://remvideo.ru/images](http://remvideo.ru/images))

Материал предполагается использовать для облицовки фасадов зданий в условиях теплого и влажного средиземноморского климата, где могут активно произрастать пигментированные организмы, то есть мхи и лишайники. Основой для изготовления биобетона является магниевый фосфат-цемент. Этот материал до недавнего времени широко применялся в стоматологии, чем и доказал свою абсолютную биологическую безопасность. Биологический бетон – это бетон, в котором основа в виде портландцемента заменяется на фосфат магния. В результате в бетоне образуется не щелочная, а кислотная среда, которая благоприятна для развития микроорганизмов. Для

создания фасадных материалов используют трёхслойную структуру. Первый, внутренний слой прочный и водонепроницаемый. Он работает своеобразным фундаментом биопанели, придает ей нужную форму и жесткость. Второй слой не только активно впитывает, но и хорошо удерживает влагу (в частности – дождевую воду). В этом слое и происходит произрастание и размножение организмов. Третий, внешний слой пористый и шершавый. Он способствует проникновению воды во внутренний слой и препятствует ее испарению. Кроме того, на его шершавой поверхности растения удерживаются гораздо лучше. Панели из биобетона монтируются на фасад здания и выполняют ограждающую, декоративную и экологическую функции. Здание, декорированное такими панелями, естественным образом окрашивается в натуральные природные цвета. Слой растений на биопанели представляет собой хороший термо- и шумоизолятор. Растения, занимающие достаточно большую площадь, активно поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Таким образом, здание подключается к экосистеме данного места и служит ее частью⁵.

Применение при строительстве экологически чистых материалов и материалов с возможностью их повторного использования или экологически безопасной переработки стало нормой при строительстве таких объектов, как университеты. Одной из особенностей современной архитектуры стал знак «экологической безопасности». В европейском сообществе идеология экологической сертификации получила подтверждение в постановлении Совета ЕЭС №1836/93 от 29 июня 1993 г. об участии промышленных компаний в Схеме Сообщества по управлению и проверке экологии (EMAS – эко-менеджмент и аудит Европейского сообщества). В Российской Федерации действуют следующие международные системы, стандарты и системы сертификации в области «зеленого» строительства: LEED (США), BREEAM (Великобритания), DGNB (Германия). Также в 2010 году зарегистрирована российская система «Зелёные стандарты». Основная задача сертификации – стимулировать застройщиков, архитекторов и проектировщиков, строителей и эксплуататоров внедрять ресурсосберегающие, энергоэффективные технологии, использовать экологически чистые материалы, уменьшающие негативное воздействие архитектурных объектов на здоровье людей и окружающую среду.

Применение нанотехнологий. Человек до сих пор живет в железном веке. Длится этот железный век примерно последние 3500 лет, и за всё это время количество технологий обработки металла не увеличилось. Технологии менялись, но, как когда-то литейщики отливали наконечники стрел, так до сих пор такие технологии, как литье, очень широко используются в промышленности во всем мире. И эта промышленность сейчас построена в основном на технологиях литья и резанья⁶. Сначала что-то отливается, потом это режется, деформируется. Это так называемые технологии вычитания. Но в последние 10-15 лет развивается новый комплекс технологий. Это не технологии вычитания, а технологии сложения, или аддитивные технологии. В отличие от технологий литья и резанья, аддитивное производство построено на добавлении материала. Изделия создаются за счет добавления металлического порошка, либо металлической проволоки, либо металлического расплава туда, куда нужно. Сейчас основной из аддитивных технологий, используемых человечеством, является технология послойного выращивания. Материал для этих технологий приготавливается в виде порошков. Новые технологии требуют новых материалов. Сейчас у нас на глазах создается не просто новая отрасль промышленности, а практически новая сфера человеческой деятельности – создание наноматериалов, использующих свойства микрочастиц. В строительстве, например, уже широко используется для общественных зданий с большими площадями остекления самоочищающееся стекло – стекло с добавлением диоксида титана.

⁵ URL: <http://proptop.pro/articles/bio-concrete>

⁶ URL: https://tvrain.ru/teleshow/postnauka/sposoby_vyraschivaniya-416135

III. Сад как элемент инженерной системы⁷

Сады несут не только эстетические, но и иные функции: являются теплоизоляцией, участвуют в процессе очистки сточных вод, включены в систему вентиляции помещений. Инженерное использование сада – это симбиоз природы и техники (рис. 4).

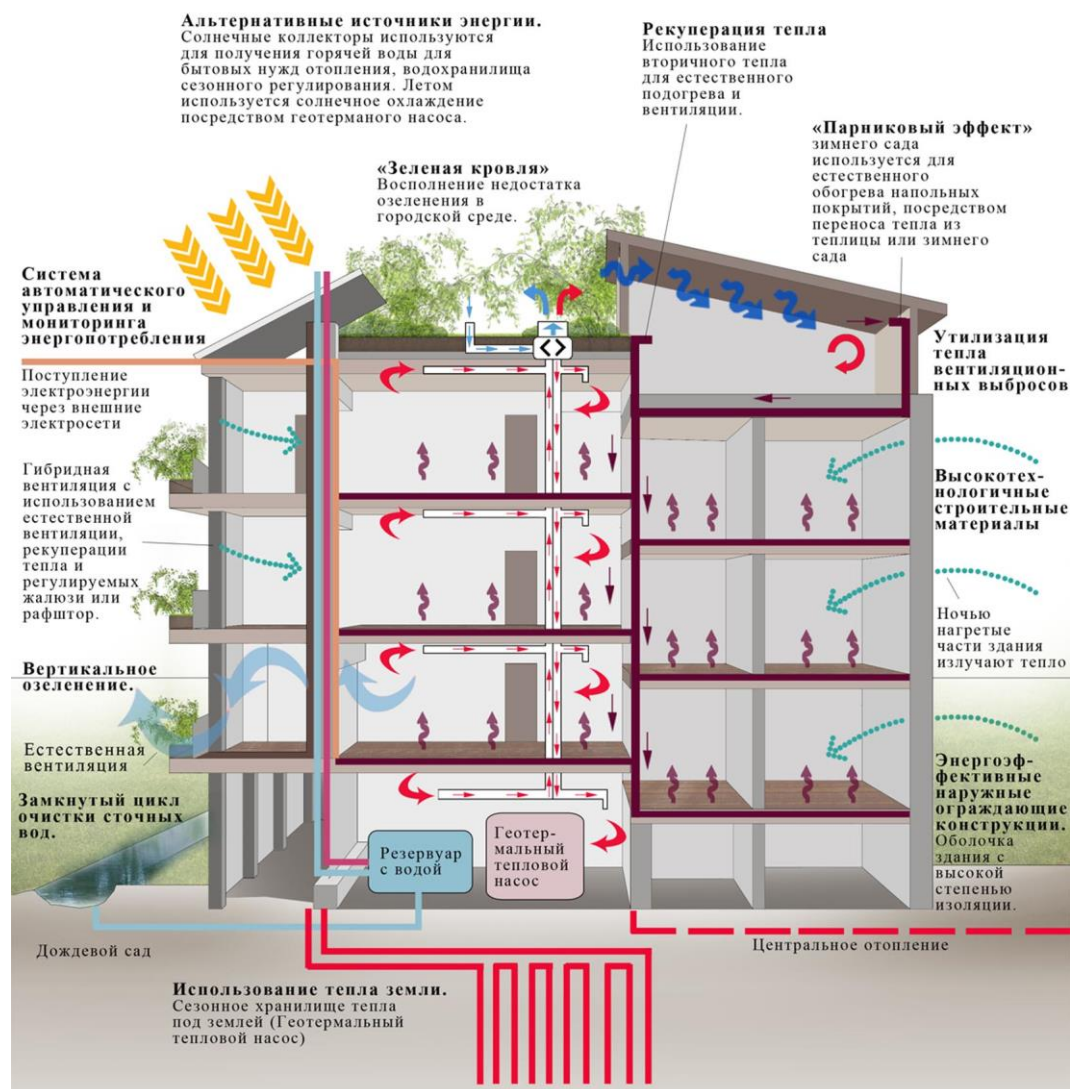


Рис. 4. Эко-технологии в проектировании зданий (по [3], в авторской интерпретации)

Использование дождевой воды и замкнутый цикл очистки сточных вод. В Центре по изучению окружающей среды в Оберлине применены установки очистки сточных вод «Living Machine», изобретенные Джоном Тоддом в 1992 году. В них комбинируются обычные технологии очистки сточных вод и процессы очистки естественных экосистем: удаление органических загрязнений, дезинфекция и удаление или снижение концентрации в воде таких веществ, как азот и фосфор. Органические загрязнения разлагаются при помощи солнечного света и управляемых органических процессов, в которых используются живые организмы – бактерии, растения, зоопланктон и беспозвоночные (улитки). В зависимости от климата установка Living Machine может быть размещена в оранжерее, под легким укрытием или на открытой площадке. В отличие от традиционных систем очистки при работе установки не выделяются неприятные запахи, что позволяет поместить ее в непосредственной близости от помещений. После

⁷ URL: <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2012/Sotnikova.pdf>

отстойника вода поступает в искусственное болото, расположенное в оранжерее. На полу оранжереи расположена гравийная подушка толщиной 90 см. Камни и корни растений, таких как осока, ирисы и тростник, обеспечивают среду обитания для денитрифицирующих бактерий. Очищенная вода из сборного резервуара поступает в ультрафиолетовую дезинфекционную установку. Производительность этой установки составляет 10 тыс. литров сточных вод ежедневно. Обработанные установкой сточные воды возвращаются в здание и повторно используются в качестве непитьевой («серой») воды [2].

Водосбережение здания Академии наук в Сан Франциско обеспечивается благодаря установленным системам приема и дальнейшего использования дождевой воды, что минимизирует расход питьевой воды. В здании смонтированы две отдельные системы канализации – одна для туалетов («чёрные стоки»), а другая – для раковин и душей («серые стоки»). Вода от «серых стоков» подвергается многократной очистке, в результате которой происходит биологическая очистка стоков от органических соединений. После этого вода очищается с помощью кварцевых ламп ультрафиолетовым облучением и подаётся насосом через отдельную систему трубопроводов на водоснабжение смывных бачков туалетов.

Пхоханский университет науки и технологии (POSTECH) – частный университет в Южной Корее – в 1998 году был признан лучшим техническим университетом Азии. Его обитатели скоро получат новый современный кампус на берегу моря. Волновая форма главного здания кампуса вписывается в окружающий гористый ландшафт. В проекте комплекса предложено создать резервуар, который будет получать дождевую воду с холмов, а также очищенные стоки с территории кампуса. Вода будет проходить многоступенчатую очистку и использоваться повторно. [12]

IV. Сад на искусственном основании как компонент экосистемы

В настоящее время можно выделить несколько направлений в озеленении университетских зданий: озеленение крыш (горизонтальные поверхности); озеленение фасадов (вертикальные поверхности); контейнерное пристановочное озеленение; озеленение за счет новых «биологических» материалов [11].

Идея создания садов на искусственных основаниях перестала быть утопической. В 1995 году бразильский архитектор Эмилио Амбаш построил здание общественного центра префектуры Фукуока, сделав его продолжением парка. Культурный центр ACROS имеет 14 одноуровневых террас, которые покрыты растениями; в здании располагаются выставочный зал, музей, театр, конференц-зал, офисы, а также большой подземный паркинг и торговые площади. Здание «покрыто» парком из 35 тысяч растений разных видов. В проекте «Вертикальный лес» (2015, Стефано Боери, Милан) в двух башнях высотой 80 м и 112 м высажено 480 крупных и средних деревьев, 250 маленьких, 11000 почвопокровных растений и 5000 кустарников, что приравнивается к 1 га леса. Такой объем растительности создаст новый «очаг» природы в городе, по эффекту подобный тому, как если бы 5 га были застроены индивидуальными домами с садами. Жилые башни «Вертикальный лес» воплощают собой концепцию архитектуры, которая способствует оздоровлению городской среды. Листва на фасадах фильтрует пыль и копоть, поглощается углекислый газ, выделяется кислород, поддерживается определенный уровень влажности, а также создается благоприятный микроклимат внутри здания. Вертикальный лес увеличивает биологическое разнообразие экосистемы. Вертикальное озеленение становится средой обитания для птиц и насекомых. В проекте была разработана сложная система полива, которая основана на принципах энергосбережения, устойчивости и повторном использовании воды [8]. Женский университет в Сеуле, построенный по проекту Доменика Перро (2012), обладает эксплуатируемой зеленой кровлей (рис. 5).

Французский дизайнер и ботаник Патрик Бланк обрел всемирную известность благодаря системе биологического декора под названием «Вертикальные сады». Он создает вертикальные сады уже на протяжении 30 лет. Архитектор Жан Нувель пригласил Патрика Бланка для совместной разработки проекта жилого комплекса в Сиднее «One Central Park», который стал самым высоким сооружением в мире, обладающим живой стеной из растений высотой 116 метров. Оригинальная деталь здания – выносная зеркальная панель, проецирующая солнечные лучи на нижние уровни комплекса для лучшей инсоляции растений. По технологии Бланка к фасаду здания монтируется металлическая рама с тонким настилом полимерного войлока с капиллярной структурой, по которой поднимается влага и раствор минеральных удобрений. Именно в него высаживаются семена и саженцы растений. Мельбурнский Университет Дизайна (2013, архитектор Джон Хорнер) озеленен с применением технологии вертикального расположения растений Патрика Бланка.



Рис. 5. Университет в Сеуле. Архитектор Д.Пепро ([URL:http://assets.inhabitat.com//EWHA-Womans-University-Dominique-Perrault-Architecture](http://assets.inhabitat.com//EWHA-Womans-University-Dominique-Perrault-Architecture))

Проект университета во вьетнамском Хо Ши Мине (2015, архитектор Во Тронг Ниа) представляет собой ступенчатые террасы, покрытые тропической растительностью. Калифорнийская Академия Наук в Сан Франциско в 2008 г. получила новое здание, построенное по проекту Ренцо Пиано (рис. 6). Это здание входит в десятку самых «зеленых» зданий США и соответствует самым высоким стандартам LEED. Его озелененная волнистая кровля площадью более 10 тыс. м² позволяет обойтись без кондиционирования помещений, обладая хорошими теплоизолирующими свойствами. Здание потребляет на 30-35% меньше энергии, чем аналогичные без использования современных технологий экостроительства. Мансардные окна автоматически открываются для выхода чрезмерно теплого воздуха. Зеленая крыша содержит около 62 тыс. фотогальванических элементов, которые вырабатывают почти 213 тыс. кВт.ч экологически чистой энергии в год (не менее 5% необходимой зданию энергии).

Сегодня наша страна нуждается в обновлении структуры высшего образования, которое привело бы к скачку в сфере новейших технологий и научных разработок. В 2003 году Россия приняла условия Болонской конвенции и приняла курс на создание единого европейского пространства высшего образования. В 2009 году был подписан закон о создании сети федеральных университетов⁸ (Южный Федеральный университет, Уральский Федеральный университет, Дальневосточный Федеральный университет,

⁸ Федеральный закон от 10 февраля 2009 г. N 18-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам деятельности федеральных университетов».

Сибирский Федеральный университет и др.). Крупные университеты сейчас активно пытаются создавать на новом месте или реконструировать свои кампусы. Например, в 2013 году построен новый кампус Дальневосточного федерального университета на острове Русский. Дальневосточный федеральный университет вошел в рейтинг самых экологически чистых вузов мира, опубликованный Индонезийским университетом. Это первый и единственный рейтинг, который измеряет вклад научно-образовательных организаций в развитие экологически-благоприятной инфраструктуры. Всего в нем ранжированы 407 университетов из 65 стран. ДВФУ занял 119 строчку и стал вторым среди российских вузов, представленных в сводном списке⁹. Всего в рейтинг попали 17 российских университетов, среди них: Российский Государственный Педагогический университет им. Герцена, Петрозаводский, Алтайский, Томский, Пензенский, Воронежский университеты [9].



Рис. 6. Академия наук в Сан-Франциско. Архитектор Р. Пиано
(URL:<http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>)

Среди критериев оценки «зеленых» университетов: общее отношение к природной среде; потребление энергии; воздействие на изменения климата; рациональное использование водных ресурсов; наличие транспорта на территории кампуса – общественного, личных автомобилей и велосипедов; организация учебных курсов и научных исследований по экологической проблематике [9]. В ДФГУ проведены следующие энергосберегающие мероприятия: замена люминесцентных светильников на светодиодные; установка датчиков движения для автоматического управления освещением в помещениях; оснащение эскалаторов системой «старт-стоп», что даст вместе экономию 700 тыс. кВт.ч в год. В ДФГУ используются солнечные водонагревательные установки. Эта система является самой мощной в российских вузах и позволяет экономить 30% тепловой энергии, расходуемой на получение горячей воды.

Новый кампус для вузов Сургута проектировался по программе, в которую включены положения об энергоэффективности и экологической безопасности зданий: применение инновационного и эффективного инженерного оборудования, современных экологически чистых строительных и отделочных материалов; использование энергоэффективных технологий, позволяющих тепло, выделяемое мощным энергоемким оборудованием, направлять на обогрев помещений, снижая тем самым не только эксплуатационные расходы, но и объем выбросов парниковых газов в атмосферу [10]. При проектировании иннопарка Сколково был разработан специальный «Зеленый кодекс» с учетом

⁹ URL: <https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/fefu-the-russian-leader-in-the-world-ranking-of-environmentally-friendly-universities/>

международных правовых актов в области проектирования и строительства, нормативных актов, стандартов, технических регламентов, а также передового опыта стран-членов Организации экономического сотрудничества и развития, Генерального плана, российских и международных стандартов экоустойчивого проектирования и строительства (в том числе LEED). Но в действительности большинство «зеленых» предложений в Сколково пока существуют только на бумаге. При строительстве инновационного центра поэтапно отказывались от применения озелененных крыш, замкнутого цикла водоснабжения и др. из-за неприемлемой высокой стоимости реализации этих технологий.

Самодостаточная модель университетов привлекает все больше молодых архитекторов, которые в своих проектах не отстают от зарубежных коллег и включают в архитектуру многофункциональных учебных комплексов зеленые технологии. Инновационные разработки использовали в своих дипломных проектах студенты МАРХИ: Гревцова И.В. («Ландшафтная организация рекреационной зоны студенческого кампуса г. Мытищи», руководитель проф. Е.Ю. Прокофьева, 2008); Д.С. Алахверды («Кампус академии компьютерных наук и информационных технологий», руководитель проф. В.В. Ауров, 2015, рис. 7); А.Г. Казанкова («Архитектурно-ландшафтная организация университетского кампуса г. Вологда», руководитель проф. И.А. Карлсон, 2015), М.О. Финагина («Студенческий многофункциональный жилой комплекс в Берлине», руководитель проф. Д.В. Величкин, 2016).

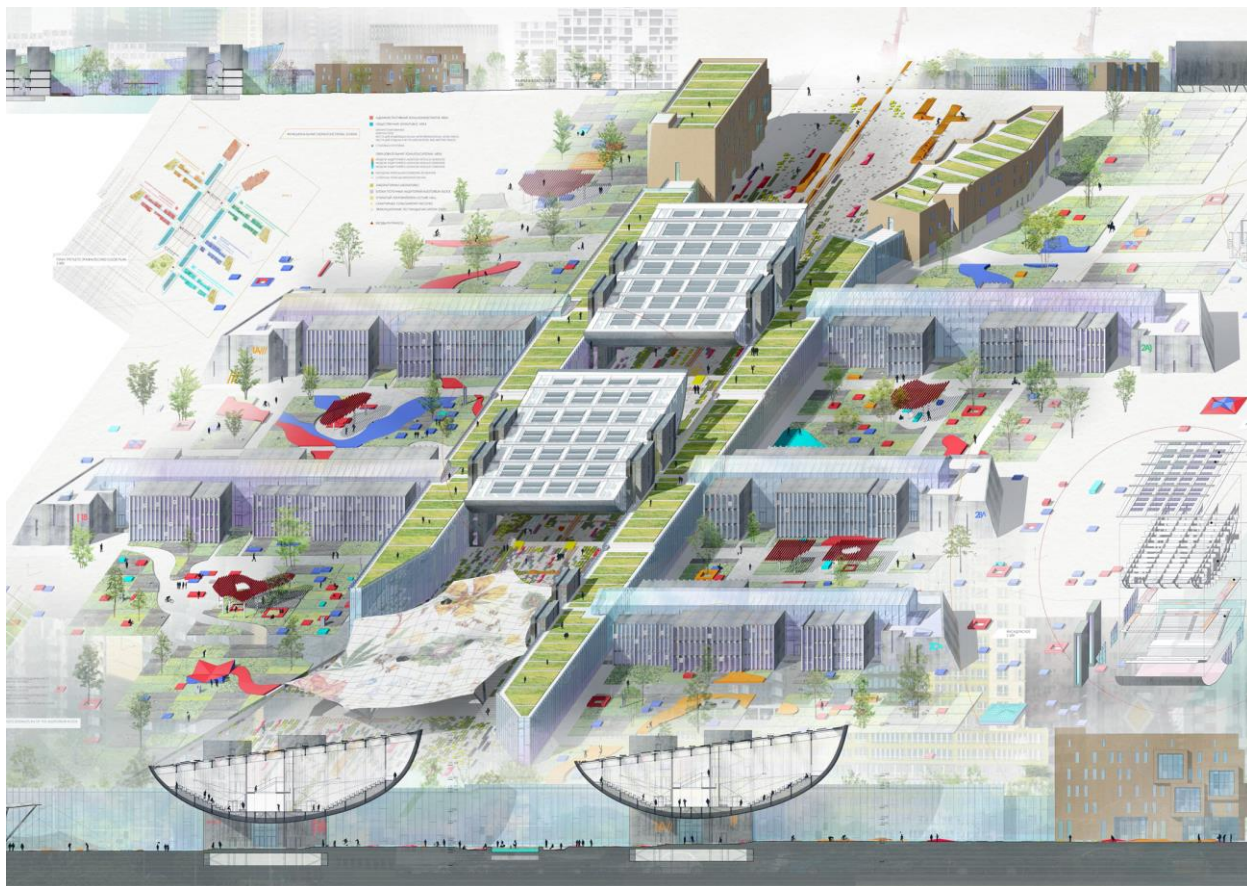


Рис. 7. Студенческий проект Алахверды Д.
(URL:<http://www.marhi.ru/education/contest/spec/s05.php>)

Стремление молодых архитекторов использовать в своих проектах новейшие эко-разработки подтвердил прошедший летом этого года в Крыму молодежный образовательный форум «Таврида». На смене для архитекторов и дизайнеров молодые специалисты и студенты из всех регионов России разрабатывали концепции новых

университетских кампусов для нескольких вузов страны. Активная позиция молодого поколения внушает оптимизм и надежду на то, что открытия, с описания которых мы начали эту статью, будут такой же реальностью в нашей стране, как и инновационные экологические технологии в университетских кампусах всего мира.

Литература

1. Жук П.М. Экологическая оценка наноструктурированных материалов в архитектуре. / Сборник «Устойчивая архитектура: настоящее и будущее». Труды международного симпозиума 17-18 ноября 2011 г. – М.: МАРХИ, 2012. – С.590.
2. Забелина Е.В. Поиск новых форм в ландшафтной архитектуре: учеб. пособие. – М.: «Архитектура-С», 2005. – 160 с.
3. Марков Д.И. Разработка моделей энергоэффективных зданий средней этажности на основе новейшего зарубежного и отечественного опыта / Сборник «Устойчивая архитектура: настоящее и будущее». Труды международного симпозиума 17-18 ноября 2011 г. – М.: МАРХИ, 2012. – С.458-467.
4. Муртазина Э. И. Получение биотоплива из водорослей с использованием нанотехнологий в университете штата Аризона (США) / Э. И. Муртазина // Вестник Казанского технологического университета. – Казань, 2012. – Т. 15. – № 18. – С. 212-216.
5. Нефедов В.А. Городской ландшафтный дизайн: учеб. пособие. – СПб.: «Любавич», 2012. – 320 с.
6. Сотникова В.О. Ландшафтная архитектура: учеб. пособие. – 2 изд. УГТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://venec.ulstu.ru>
7. Табунщиков Ю.А. Мировой и отечественный опыт строительства энергоэффективных зданий / Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.comhoz.ru>
8. Boeri Studio. Жилой комплекс «Вертикальный лес» // ПРОЕКТiINTERNATIONAL. № 38, 2014.
9. Greenmetric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greenmetric.ui.ac.id/overall-ranking-2015/>
10. Proekt-kampus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pobedpix.com/proekt-kampus>
11. Ramboll Studio Dreiseitl. Catalyst for liveable public spaces that integrate natural systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dreiseitl.com>
12. University [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.archdaily.com/category/university>

References

1. ZHuk P.M. *Ekologicheskaya otsenka nanostrukturirovannykh materialov v arkhitekture* [Nanomaterials ecological valuation in architecture. «Sustainable architecture». Proceedings of International symposium 17-18 of November 2011]. Moscow, 2012, P. 590.
2. Zabelina E.V. *Poisk novykh form v landshaftnoj arkhitekture* [The search for new forms of landscape architecture. Tutorial]. Moscow, 2005, 160 p.

3. Markov D.I. *Razrabotka modelej ehnergoehffektivnykh zdaniy srednej ehtazhnosti na osnove novejshego zarubezhnogo i otechestvennogo opyta* [Development of models of energy efficient mid-rise buildings on the basis of advanced foreign and domestic experience. «Sustainable architecture». Proceedings of International symposium 17-18 of November 2011]. Moscow, 2012, pp. 458-467.
4. Murtazina E. I. *Poluchenie biotopliva iz vodoroslej s ispol'zovaniem nanotekhnologii v universitete shtata Arizona (SSHA)* [Obtaining biofuels from algae using nanotechnology at Arizona State University. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta]. Kazan', 2012, Vol. 15, no. 18, pp. 212-216.
5. Nefedov V.A. *Gorodskoj landshaftnyj dizajn* [Urban landscape design. Tutorial]. 2012, 320 p.
6. Sotnikova V.O. *Landshaftnaya arkhitektura* [Landscape architecture. Tutorial]. Available at: <http://venec.ulstu.ru>
7. Tabunshnikov Yu.A., Shilkin N.V. *Mirovoj i otechestvennyj opyt stroitel'stva ehnergoehffektivnykh zdaniy. NP "AVOK"* [World and domestic experience in the construction of energy efficient buildings.]. Available at: <http://www.comhoz.ru>
8. Boeri Studio. *Zhiloy kompleks «Vertikal'nyj les»* [Apartment complex "Vertical wood"]. PROEKTINTERNATIONAL, 38, 2014.
9. Greenmetric. Available at: <http://greenmetric.ui.ac.id/overall-ranking-2015/>
10. Proekt-kampus. Available at: <http://pobedpix.com/proekt-kampus>
11. Ramboll Studio Dreiseitl. Catalyst for liveable public spaces that integrate natural systems. Available at: <http://www.dreiseitl.com>
12. University. Available at: <http://www.archdaily.com/category/university>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Павлова Вера Александровна

Кандидат архитектуры, доцент, кафедра «Ландшафтная архитектура», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
e-mail: pavlova_marhi@mail.ru

Голошубин Владимир Сергеевич

Магистрант, кафедра «Ландшафтная архитектура», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
e-mail: goloshubin92@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Pavlova Vera

PhD in Architecture, Assistant Professor, Chair «Landscape Architecture», Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia
e-mail: pavlova_marhi@mail.ru

Goloshubin Vladimir

Magistrate, Chair «Landscape Architecture», Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia
e-mail: goloshubin92@gmail.com