

## СРЕДОВЫЕ ФАКТОРЫ В АРХИТЕКТУРЕ

Научная статья

УДК/UDC 72.017.2:628.9:711.61:631.2

DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-313-326

**Световая архитектура городских ферм****Федор Николаевич Коршаков<sup>1</sup>, Ольга Константиновна Маркова<sup>2</sup>,****Ксения Константиновна Десятниченко<sup>3✉</sup>**<sup>1,2,3</sup>Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия<sup>1</sup>study@marhi.ru, <sup>2</sup>2036447@gmail.com, <sup>3</sup>xsu17@inbox.ru

**Аннотация:** В статье говорится о таком новом типе архитектуры, как современные городские фермы, которые влияют на открытые пространства городов. Городское сельское хозяйство основывается не только на факторе производства, но и выступает в качестве зоны, обладающей большим рекреационным потенциалом. Городские фермы являются важной частью структуры городского пространства. В городском сельском хозяйстве часто используется искусственный свет. Благодаря возможности электронного управления светодиоды теперь могут предоставлять индивидуальные решения для роста растений. Свет городских ферм активно влияет на световую архитектуру города. На основании анализа зарубежного опыта были выявлены следующие типы освещения городских ферм: городские фермы на зданиях с верхним естественным освещением; городские «вертикальные» фермы с искусственным освещением; «умные» стеклянные фермы.

**Ключевые слова:** городские фермы; открытые пространства в городе; рекреационные зоны; искусственное освещение; цветные светодиоды; световая архитектура города

**Для цитирования:** Коршаков Ф.Н. Световая архитектура городских ферм /

Ф.Н. Коршаков, О.К. Маркова, К.К. Десятниченко // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 1(62). С. 313-326.

URL: [https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/20\\_korshakov.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/20_korshakov.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-313-326

## ENVIRONMENTAL FACTORS IN ARCHITECTURE

Original article

**Lighting architecture of urban farms****Fedor N. Korshakov<sup>1</sup>, Olga K. Markova<sup>2</sup>, Kseniya K. Desyatnichenko<sup>3✉</sup>**<sup>1,2,3</sup>Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia<sup>1</sup>study@marhi.ru, <sup>2</sup>2036447@gmail.com, <sup>3</sup>xsu17@inbox.ru

**Abstract:** The article talks about such a new type of architecture as modern urban farms that affect the open spaces of cities. Urban agriculture is based not only on the factor of production, but also acts as a zone with great recreational potential. Urban farms are an important part of the structure of urban space. In urban agriculture, artificial light is often used. With the ability to be electronically controlled, LEDs can now provide customized lighting solutions for plant growth. The light of urban farms actively influences the light architecture of the city. Based on the analysis of foreign experience, the following types of urban farm lighting were identified: urban farms on buildings with overhead natural lighting; urban "vertical" farms with artificial lighting, "smart" glass farms.

**Keywords:** urban farms; open spaces in the city; recreational areas; artificial light; colored LEDs; lighting architecture of the city

**For citation:** Korshakov F.N., Markova O.K., Desyatnichenko K.K. Light architecture of urban farms. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2023, no. 1(62), pp. 313-326. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/20\\_korshakov.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/20_korshakov.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-313-326

Еще в XVIII веке ученые установили, что растениям необходим свет для роста, но только за последние сто лет, с развитием науки и технологий, точный эффект света на растения был полностью открыт – для роста светолюбивых растений интенсивность в пределах 150–220 Вт/м<sup>2</sup>: 30% в синей области, 20% в зеленой и 50% в красной. В сельском хозяйстве, благодаря инновационным технологиям, светодиодные лампы стали идеальным решением для освещения городских ферм, особенно те, которые имеют настраиваемый спектр.

Современные городские фермы, как новый тип архитектуры, необходимо рассматривать с точки зрения наличия открытых пространств в городе и необходимости оживления его периферии, а также многофункциональности существующих ландшафтов. Городское сельское хозяйство основывается не только на факторе производства, но и выступает в качестве зоны, обладающей большим рекреационным потенциалом с социальной, экономической, экологической, культурной и эстетической точек зрения. Таким образом, городские фермы являются важной частью структуры в переосмыслении формирования городского пространства. Их устойчивость тесно связана с развитием инклюзивного города, обеспечивающего актуальные пространства для населения, продуктивность и здоровую окружающую среду. Принимая во внимание вектор развития городских ферм, важно отметить способность создания непрерывной структуры ландшафта, в которой будут обеспечены досуг и производство.

Городские фермы предполагают выращивание растений и разведение животных для пищевых целей в различных областях городов, включая также другие виды использования и виды деятельности, такие как производство, переработка и коммерциализация продуктов. Внедрение данного типа архитектуры в городском контексте позволяет не только сохранить внутри города ценные пространства свободными от построек, но также привнести новые функции (образовательная деятельность, спортивная и досуговые функции).

Также крайне важной составляющей является вопрос освещения такого типа архитектурных объектов. Недостаток естественного освещения в средней и северной полосе диктует необходимость использования обширного спектра искусственного освещения, что оказывает непосредственное влияние на рост растений и световую архитектуру города. При правильном проектном решении освещение может положительно повлиять на архитектуру городов, улучшение их облика, расширение культурного опыта и поощрение социального взаимодействия. На основании анализа зарубежного опыта были выявлены следующие типы освещения городских ферм:

- городские фермы на зданиях с верхним естественным освещением;
- городские «вертикальные» фермы с искусственным освещением;
- «умные» стеклянные фермы.

### **Городские фермы на зданиях с верхним естественным освещением**

Верхнее освещение – растения освещаются с уровня потолка. Этот тип световой установки в основном встречается в теплицах, которые используют естественное освещение и искусственные источники света в дополнение. Примером такой городской фермы с

верхним освещением является теплица на крыше «Агротопия (Agrotopia)» – крупнейший в Европе исследовательский центр городского производства продуктов питания (рис. 1)<sup>2</sup>.



Рис. 1. Городская ферма на крыше «Агротопия (Agrotopia)»

Агротопия построена на крыше овощного и фруктового аукциона REO на кольцевой дороге Руселаре, логистическом сердце Западной Фландрии для фруктов и овощей. Вся дождевая вода, которая собирается с крыши здания, используется для орошения растений, а оставшаяся вода очищается и используется повторно. Остаточное тепло от близлежащего мусоросжигательного завода Migom отопляет теплицу. Агротопия живет в круговом симбиозе с городом.

### Городские «вертикальные» фермы с искусственным освещением

Выращивание сельскохозяйственных культур под искусственным светом является революционной научной сельскохозяйственной практикой. Городские вертикальные фермы отличаются тем, что растения расположены в несколько ярусов друг над другом, поэтому они и называются «вертикальными». Первоначально использовали люминесцентные светильники для поддержки роста урожая. Однако с развитием

<sup>2</sup> Agrotopia Research Center for Urban Food Production / van Bergen Kolpa architects + META architectuurbureau // ArchDaily, 2022 URL: <https://www.archdaily.com/976252/agrotopia-research-center-for-urban-food-production-van-bergen-kolpa-architects> (дата обращения: 22.12.2022).

технологии светодиодного освещения люминесцентные лампы постепенно заменяются новыми энергоэффективными технологиями освещения. Вертикальное выращивание используется в местах с недостатком естественного освещения или при малой площади для выращивания, например – в больших городах. Вертикальные фермы рассматриваются как жизнеспособная альтернатива выращиванию в теплицах в условиях городской среды. Высокая интенсивность освещения в вертикальных фермах создает значительное количество тепла, которое необходимо охлаждать; чем меньше тепла выделяется источником света, тем ниже затраты на охлаждение и лучше экологический контроль. Помимо интенсивности освещения и светового спектра в вертикальных фермах не менее важно, чтобы распределение света или его равномерность на полках были организованы как можно лучше, чтобы гарантировать равномерную производительность между полками и внутри. На качество урожая влияет оптимальный световой спектр (30% в синей области, 20% в зеленой и 50% в красной) и интенсивность освещения (150–220 Вт/м<sup>2</sup>). Требования к интенсивности варьируются в зависимости от стадии развития растения. Интенсивность освещения также может влиять на продолжительность цикла роста листьев.

Используя технологию «контролируемого экологического сельского хозяйства» (controlled ecological agriculture - CEA), производители могут выращивать сельскохозяйственные культуры высокой плотности на объектах с низким «следом» земли. Термин «сельское хозяйство с контролируемой средой» (CEA) охватывает множество систем, использующих технологический подход к сельскому хозяйству. CEA может варьироваться от простых теневых конструкций и теплиц до полностью закрытых или вертикальных ферм. Самые передовые системы представляют собой полностью автоматизированные системы с контролируемым освещением, водоснабжением и вентиляцией. Системы CEA предназначены для обеспечения оптимальных условий выращивания сельскохозяйственных культур и предотвращения поражения болезнями и вредителями. В закрытых системах с искусственным освещением сельскохозяйственные культуры можно выращивать на гидропонике, при которой корни омываются богатой питательными веществами водой, или на аэропонике, при которой корни регулярно опрыскиваются водой с питательными веществами.

В Москве, в здании бывшей табачной фабрики, «РусЭко» построила вертикальную ферму. Площадь самой фермы 2,3 га, а посевной 6,8 га. Здесь выращивают шпинат, рукколу, горох, редис и др. (рис. 2).<sup>3</sup>



Рис. 2. «Вертикальная» ферма в Москве

<sup>3</sup> Научно-производственный комплекс «Интеграл», 2022. URL: <https://integral-russia.ru/2019/11/18/krupnejshaya-v-mire-vertikalnaya-ferma-ruseko-dlya-proizvodstva-salatov-i-zeleni-otkrylas-v-moskve/?ysclid=ldu7jhbgl0285029427> (дата обращения: 22.12.2022).

Примером вертикальной фермы является ферма в Лондоне «Растущий под землей» (Growing Underground), где стойки с растениями укладываются вертикально друг на друга, а освещение расположено на небольшом расстоянии от растений (рис. 3)<sup>4</sup>.



Рис. 3. Пример вертикальной фермы «Растущий под землей» (Growing Underground)

Эта теплица находится под землей на глубине 33-х метров, поэтому контроль климата внутри более эффективен, чем в такой же наземной теплице. Здесь не используются энергоемкие системы отопления, вентиляции и кондиционирования. В вертикальных фермах «Растущий под землей» солнечный свет отсутствует, и искусственный свет является единственным источником света.

Светильники для многослойных видов выращивания должны иметь низкий профиль и не могут излучать инфракрасную энергию, потому что они установлены непосредственно над культурой или в непосредственной близости от нее. Производители имеют полный контроль над спектром и интенсивностью освещения с единственным источником.

### **«Умные» стеклянные фермы**

Тепличные конструкции «Венло» («Venlo») – это максимальное использование солнечного света, облегченный каркас и новая запатентованная система крепления конька. В теплице «Венло» в качестве материала покрытия используется закаленное стекло, которое обладает светопропускной способностью более 90% и высокой прочностью (рис. 4)<sup>5</sup>.

Стекло теплица обычно используется для посадки высококачественных цветов, фруктов и овощей, исследовательских агро-центров, эко-ресторанов, цветочных рынков, туристических выставок и т. д. Применение стекла с системой затенения позволяет защитить растения от ультрафиолетовых лучей, которые могут повредить их. В данном случае стекло выступает в качестве защитного экрана с функцией затемнения и охлаждения.

<sup>4</sup> Стивен Дринг и Ричард Баллард: лондонская «Growing Underground» – первая в мире подземная городская ферма зелёной продукции // Музей дизайна интерьера и необычной мебели. 2022. URL: <https://museum-design.ru/growing-underground-the-first-in-the-world-underground-urban-green-farm-production/> (дата обращения: 22.12.2022).

<sup>5</sup> Тепличные конструкции Venlo // Venlo Projecten. 2022. URL: <http://www.venlo.ru/index.php?page=1> (дата обращения: 22.12.2022).



Рис. 4. Теплицы типа «Венло» («Venlo»)

Искусственное освещение в теплицах необходимо для увеличения скорости фотосинтеза в зимний период, когда солнечная активность намного снижена в сравнении с летним периодом. Среди существующих на данный момент видов освещения для теплиц, используемыми являются следующие лампы: люминесцентные (в современных теплицах используются редко), натриевые (наиболее распространенный вид тепличного освещения), металлогалогенные, ультрафиолетовые и светодиодные. Использование какого-либо типа ламп зависит от многих факторов, таких как: материал, из которого построена ферма, виды выращиваемых растений и многое другое. В некоторых городских фермах комбинируют металлогалогенные, светодиодные и люминесцентные разновидности, чтобы добиться максимально полноценного развития растений.

Также, важным фактором является выбор цвета лучей световых потоков, использование одного цвета пригодно только для выращивания цветов. Влияние красного и синего цвета улучшает процесс фотосинтеза, стимулирует обменные процессы. Желтые и зеленые лучи используются на этапе рассады, роста побегов. Оранжевые лучи способны ускорить плодоношение, созревание плодов, однако, использование оранжевых или красных лучей должно быть дозированным. Переизбыток световых лучей может привести к гибели растений, стать причиной деформации культур.

На данный момент все большую популярность и распространения получают теплицы с освещением от светодиодных ламп. Выбор данного типа ламп является современным экологически чистым решением при проектировании освещения теплиц. Светодиодные лампы высокоэффективны, имеют срок эксплуатации до 15 лет, а также они не реагируют на перепады температур, влажности и устойчивы к механическим повреждениям, что положительно выделяет их среди всех типов ламп.

Высокоэффективные светодиодные фитооблучатели дали дополнительный толчок для развития «системы искусственного выращивания растений». В отличие от традиционных источников света, светодиод (полупроводниковый источник оптического излучения) имеет возможность управления спектром освещения, что дает возможность создания такой системы освещения растений, которая меняет не только уровень освещенности, но и спектр освещения. Немаловажным фактором, повлиявшим на ускоренное развитие направления полной светокультуры, является появление более дешевых и мощных

микропроцессоров, и, как следствие, удешевление вычислительной мощности. Вследствие этого появилась возможность создавать недорогие «умные» системы освещения.

«Умная» система освещения в сочетании с интернетом может улучшить управление системами светодиодного освещения и освободить выращивание сельскохозяйственных культур от ограничений и воздействия солнечного света. С помощью этой технологии фермеры могут полностью выращивать свои культуры в закрытых помещениях и снизить угрозу их поражения вредителями и болезнями. Эта эволюция не только приведет к прогрессу в повышении уровня современного сельскохозяйственного производства, но также откроет его безграничный рыночный потенциал. Примером применения системы «умного» освещения в России является проект фуд-корта «Парник», где использована данная технология на небольшой территории. При входе в «Парник» сразу заметны полки с растениями, здесь выращиваются пять видов салатов, базилик, руккола, мята, ромашка, чабрец, шалфей, анис, помидоры, перцы и многое другое. Этими ингредиентами пользуются для приготовления еды в самом заведении.

Семена растений высаживаются в базальтовые пробки, которые предварительно вымачивают в воде. Эти пробки располагают в пластиковые горшочки для многократного использования, создавая мини-грядки – «кассеты». Под каждую кассету поступает питательный раствор. Установки гидропоники работают здесь по технологии «периодического подтопления».

На освещение городских ферм влияет их расположение в условиях городской среды. Фермы могут быть расположены:

- на территории парковых зон, включенных в существующий ландшафт парков и скверов;
- в условиях центральной плотной застройки, где фермы выступают в качестве зеленого оазиса в городском пространстве;
- в периферийных областях с низкой плотностью застройки, где являются центрами культурного притяжения.

Если рассматривать городские фермы с точки зрения урбанистики и светового дизайна, стоит отметить проект устойчивого развития сельского хозяйства в Нидерландах, разработанный Вагенингенским университетом совместно с ГРОУ/Рубен Хамлинк (GROW/Ruben Hamelink) и Даан Роозегаарде (Daan Roosegaarde). Проект Роозегаарде (рис. 5<sup>6</sup>) демонстрирует применение системы светодиодов, которую обычно применяют в городских фермах вертикального типа, в условиях традиционного сельского хозяйства.



<sup>6</sup> Архитектурная студия «STUDIO ROOSEGAARDE»: официальный сайт. URL: <https://www.studioroosegaarde.net> (дата обращения: 22.12.2022).

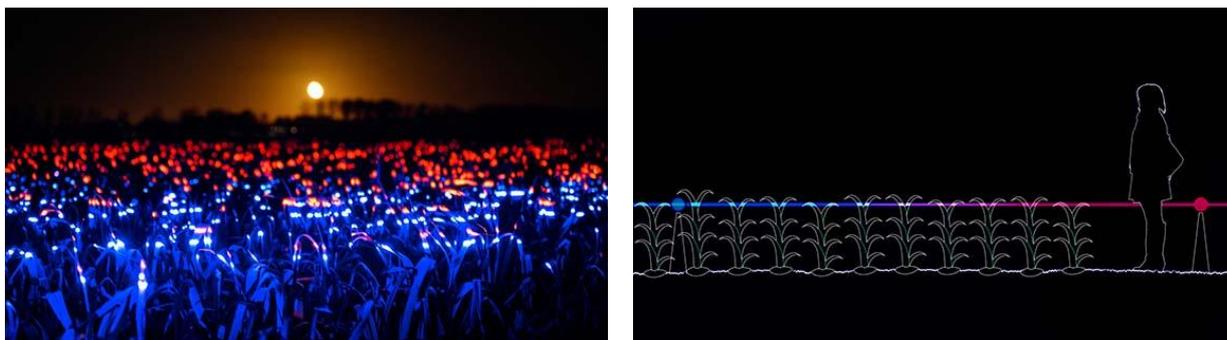


Рис. 5. Проект Роозегаарде

Этот метод демонстрирует потенциал использования светодиодов в фермах открытого уличного типа. В проекте использование комбинации световых лучей синего, красного и фиолетового цвета повышает рост растений, благоприятно сказывается на этапе прорастания, а также позволяет сократить использование пестицидов до 50%. Проект Роозегаарде – пример светового дизайна, где светодиодная технология использована в качестве дополнения к естественному свету для сельскохозяйственных культур. Инсталляция, сочетающая естественную красоту растений, с футуристическим светодиодным полем, выделяет проект среди классических ферм городского формата.

Интересным примером решения освещения растений является проект Жана Нувеля (Jean Nouvel) – башня Один Центральный парк (One Central Park) в Сиднее (рис. 6)<sup>7</sup>.

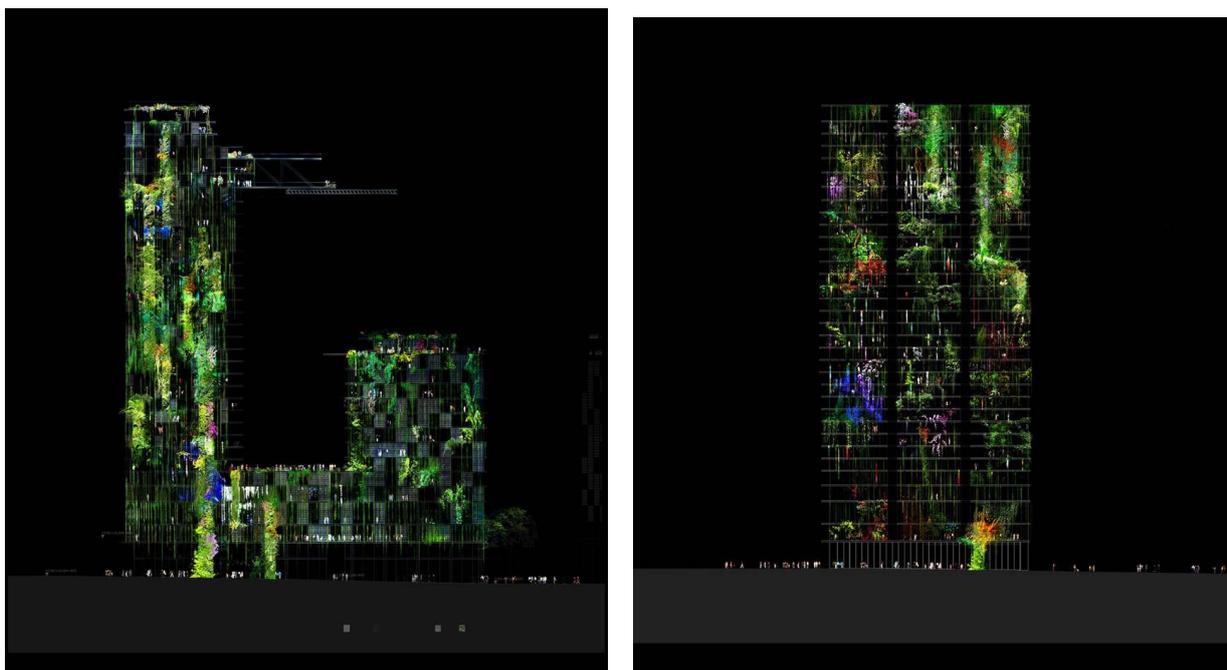


Рис. 6. Проект Жана Нувеля (Jean Nouvel) – башня Один Центральный парк (One Central Park) в Сиднее

Находящиеся внутри вертикальные сады Патрика Бланка (рис. 7) освещены при помощи управляемых зеркал, расположенных в центральной части здания. Благодаря отражению

<sup>7</sup> One Central Park / Ateliers Jean Nouvel // ArchDaily, 2014 URL: [https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (дата обращения: 22.12.2022).

от них солнечного света, днём получается обеспечить необходимый уровень освещения на всех фасадах комплекса. При отсутствии солнечного света используются современные светодиодные лампы, которые создают различные цветовые эффекты на плоскостях здания. Зелень и выступающие из плоскости фасадов «зеленые объемы» глубиной 600 мм обеспечивают затенение. Второй знаковый элемент проекта – 320 отражателей на 40-метровом консольном выступе кровли более высокой башни, на которые направляют солнечные лучи установленные на крыше более низкой части 40 гелиостатов. Благодаря этому атриум между двумя объемами, зона с бассейном и окружающий башню парк круглый год получают достаточно солнца (всего 200 Вт/м<sup>2</sup> прямой солнечной радиации), хотя и находятся в тени своего небоскреба.



Рис. 7. Вертикальные сады Патрика Бланка. Освещение при помощи управляемых зеркал, расположенных в центральной части здания, позволяющие обеспечить необходимый уровень освещения на всех фасадах комплекса отражая солнечный свет

В полнолуние гелиостаты перенаправляют свет луны в парк, а в обычные ночи отражатели подсвечиваются светодиодами, превращаясь в «городскую люстру». Затемнение фасада в общей сложности уменьшает тепловое воздействие солнца на интерьеры на 20–40%, что дает в сочетании с другими эко-элементами сокращение потребления энергии на 26% по сравнению со средними показателями по штату Новый Южный Уэльс, где расположен Сидней.

На основе изученного материала, выявлены следующие приемы, позволяющие усилить визуальный световой эффект городской фермы:

- использование панелей и зеркал нестандартного цвета, включенных в вертикальные пустоты, придавая индивидуальность и световые акценты общественным пространствам;
- белые элементы фасада работают, с одной стороны, как тень от солнца, с другой стороны, они представляют собой устройство перенаправления дневного света, которое обеспечивает более глубокое проникновение дневного света. Эта двойная функциональность приводит к уменьшению количества компонентов и, следовательно, к снижению затрат на климатизацию;
- основные материалы фасада зданий – сетчатые оболочки с использованием тентовых покрытий. Выбор материала обусловлен следующими факторами:
  - малый вес, лёгкость конструкции (облегчает вес относительно аналога из стекла - 1% от веса стекла);
  - небольшая стоимость – в два раза меньше аналога из стекла;
  - способность укрывать большие территории без дополнительных укрепляющих опор (конструкции освобождены от громоздких структур);
  - большие возможности в проектировании формы мембраны (большая гибкость панелей); имеет лучшие качества температурной изоляции и пропускает больше ультрафиолета, что для растений чрезвычайно важно;
  - негорючесть;
  - благодаря гладкой поверхности – самоочищение во время дождя;
- использование ламелей для формирования фасада, чтобы отклонять прямые солнечные лучи и перенаправлять дневной свет;
- принцип многослойного освещения – это средство, с помощью которого можно создавать «максимумы» и «минимумы» в плане освещения, чтобы добавить пространству эмоций, драматизма или красоты. Это определенно важный инструмент, который следует использовать на открытом воздухе.

В России использование светодиодных фотоизлучателей пока что не получило широкого распространения, чаще всего используются натриевые и люминесцентные лампы. На данный момент самым крупным комплексом в России, использующим светодиодное освещение, является «Агро-Инвест» в Калужской области (рис. 8)<sup>8</sup>.



Рис. 8. Блок по выращиванию огурцов в комплексе «Агро-Инвест» в Калужской области

<sup>8</sup> Официальный интернет-магазин семян «Гавриш», 2022. URL: <https://gavrihshop.ru/articles/svetodioidnoe-led-osveshchenie-dlya-povysheniya-urozhaynosti-v-teplicah> (дата обращения: 22.12.2022).

«Агро-Инвест» реализовал крупнейший в мире проект по оснащению теплиц светодиодной подсветкой. Специалисты корпорации Philips Lighting спроектировали уникальный и, без преувеличения, самый масштабный по мировым меркам проект LED-освещения, имитирующего естественное солнечное освещение. Проект позволяет как снизить издержки на энергопотребление, так и гарантировать круглосуточное вызревание каждой образовавшейся завязи. Светодиоды используют не более 10% от потребления электроэнергии традиционными натриевыми светильниками, у них высокий КПД (95%), низкая пульсация, высокая безопасность и долгий срок службы. Возможность использования разных спектров освещения дает бóльшую урожайность. Также LED-освещение не даёт перегрева теплицы, в отличие от натриевых ламп.

В перспективе только светодиодные светильники способны обеспечить нужное излучение для городских ферм, не имеющих возможности занимать большие площади городского пространства и вынужденные располагать растения компактно.

## Выводы

Городские фермы на крышах домов используют солнце вместе с дополнительным светодиодным освещением. Некоторые подземные фермы успешно выращивают продукцию, полагаясь исключительно на светодиодное освещение. Дополнительное светодиодное освещение позволяет создавать необходимый световой сценарий для правильного круглогодичного роста растений без применения пестицидов, помогает адаптировать условия под физиологию растений и дает возможность регулировать их рост, цветение, интенсивность окраски, вкус и витаминный состав. Светодиодное освещение в городской и сельской архитектуре может сыграть важную роль в увеличении производства продуктов питания в мировом масштабе. Чем больше светодиодов используется на городских фермах по всему миру, тем больше крупных мегаполисов может реструктурировать свои системы питания, чтобы сделать поставки свежих продуктов более доступными и экологичными.

Светодиоды открывают новые возможности роста городского сельского хозяйства. Сочетание цветных светодиодов, предназначенных для стимулирования роста растений и преобразования энергии, и интеллектуальных решений для светодиодных драйверов освещения гарантирует, что все решения для садоводства будут экологически чистыми во всех смыслах этого слова.

## Источники иллюстраций

Рис. 1а, рис. 1б, рис. 1в. URL: <https://www.archdaily.com/976252/agrotopia-research-center-for-urban-food-production-van-bergen-kolpa-architects> (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 2. URL: <https://integral-russia.ru/2019/11/18/krupnejshaya-v-mire-vertikalnaya-ferma-ruseko-dlya-proizvodstva-salatov-i-zeleni-otkrylas-v-moskve/?ysclid=ldu7jhbgl0285029427> (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 3. URL: <https://museum-design.ru/growing-underground-the-first-in-the-world-underground-urban-green-farm-production/> (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 4. URL: <http://www.venlo.ru/index.php?page=1> (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 5а, рис. 5б, рис. 5в, рис. 5г. URL: <https://www.studioroosegaard.net/project/grow> (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 6а, рис. 6б, рис. 6в. URL: [https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 7. URL: [https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (дата обращения: 22.12.2022).

Рис. 8. URL: <https://gavrishshop.ru/articles/svetodiодное-led-osveshchenie-dlya-povysheniya-urozhaynosti-v-teplicah> (дата обращения: 22.12.2022).

**Список источников**

1. Долгих П.П. Современные LED-Фитоизлучатели для тепличных технологий / П.П. Долгих, Г.Н. Хусенов // Эпоха науки №14. 2018. июнь. С. 173-180. DOI 10.1555/2409-3203-2018-0-14-173-180
2. Ефимов А.В. Формообразующее действие полихромии в архитектуре. Москва: Стройиздат, 1985. С. 168.
3. Жук П. М. Интеллектуальные строительные материалы в комплексном благоустройстве территорий / П.М. Жук, Ф.Н. Коршаков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. № 3(88). С. 87-96.
4. Колесникова Т.Н. Основы архитектурного формирования растениеводческих предприятий защищенного грунта: дис. на звание док. Архитектуры. 05.23.21 / Колесникова Татьяна Николаевна. Москва, 2007. С. 223-237.
5. Коршаков Ф.Н. Оценка экологической устойчивости сельских населенных мест: состояние вопроса, методология / Ф.Н. Коршаков, П.М. Жук // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. № 3(56). С. 247–262. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2021/3kvart21/PDF/16\\_korshakov.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2021/3kvart21/PDF/16_korshakov.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-3-247-262
6. Новиков В.А. Архитектурное проектирование сельских населенных мест / В.А. Новиков, Н.В. Новикова. Москва: Полиграфия МАРХИ, 2017. С. 198-203.
7. Пустоветов Г.И. Архитектура сельских поселений в новых социально-экономических условиях (жилые и производственные здания и сооружения): дис. на звание док. Архитектуры. 05.23.21 / Пустоветов Геннадий Иванович. Москва, 2003. С. 161-181.
8. Султанова А. Инновационные технологии и их влияние на архитектуру предприятий растениеводства // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. № 1(42). С. 163-177. URL: [http://marhi.ru/AMIT/2018/1kvart18/12\\_sultanova/index.php](http://marhi.ru/AMIT/2018/1kvart18/12_sultanova/index.php)
9. Тимофеев Н. От фитооблучателя к «Виртуальному агроному» // Современная светотехника, 2020. № 5. С. 50-54.
10. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. Москва: «Архитектура-С», 2006. С. 25-45., С. 94-107.

**References**

1. Dolgikh P.P., Khusenov G.N. *Sovremennyye LED-Fitoizluchayeteli dlya teplichnykh tekhnologiy* [Modern LED-phytophysis for greenhouse technologies]. Epokha nauki, no. 14, 2018, June, pp. 173-180. DOI 10.1555/2409-3203-2018-0-14-173-180
2. Yefimov A.V. *Formoobrazuyushcheye deystviye polikhromii v arkhitekture* [Formative action of polychromy in architecture]. Moscow, 1985, p. 168.
3. Zhuk P.M., Korshakov F.N. *Intellektual'nyye stroitel'nyye materialy v kompleksnom blagoustroystve territoriy* [Intelligent building materials in the complex improvement of territories]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura, 2022, no. 3(88), pp. 87-96.

4. Kolesnikova T.N. *Osnovy arkhitekturnogo formirovaniya rasteniyevodcheskikh predpriyatij zashchishchennogo grunta* [Fundamentals of the architectural formation of crop enterprises in protected ground (Cand. Dis.)]. Moscow, 2007.
5. Korshakov F., Zhuk P. Rural Settlements Environmental Sustainability Assessment: State of the Problem, Methodology. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2021, no. 3(56), pp. 247–262. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2021/3kvart21/PDF/16\\_korshakov.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2021/3kvart21/PDF/16_korshakov.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-3-247-262
6. Novikov V.A., Novikova N.V. *ArkhitECTurnoye proyektirovaniye sel'skikh naseleennykh mest* [Architectural design of rural settlements]. Moscow, 2017, pp. 198-203.
7. Pustovetov G.I. *ArkhitECTura sel'skikh poseleniy v novykh sotsial'no-ekonomicheskikh usloviyakh (zhilyye i proizvodstvennyye zdaniya i sooruzheniya)* [Architecture of rural settlements in the new socio-economic conditions (residential and industrial buildings and structures) (Cand. Dis.)]. Moscow, 2003, pp. 161-181.
8. Sultanova A. Innovative Technologies and their Influence on Architectural Design of Plant Growing Buildings. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2018, no. 1(42), pp. 163-177. Available at: [http://marhi.ru/eng/AMIT/2018/1kvart18/12\\_sultanova/index.php](http://marhi.ru/eng/AMIT/2018/1kvart18/12_sultanova/index.php)
9. Timofeyev N. *Ot fitoobluchatelya k «Virtual'nomu agronomu»* [From phytoirradiator to "Virtual Agronomist"]. *Lightingmedia*, 2020, no.5, pp. 50-54.
10. Shchepetkov N.I. *Svetovoy dizayn goroda* [City light design]. Moscow, 2006, pp. 25-45., pp. 94-107.

## ОБ АВТОРАХ

### **Коршаков Федор Николаевич**

Кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура сельских населенных мест», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия; Член союза московских архитекторов  
[study@marhi.ru](mailto:study@marhi.ru)

### **Маркова Ольга Константиновна**

Кандидат архитектуры, доцент кафедры «Архитектура сельских населенных мест», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия; Член союза московских архитекторов  
[2036447@gmail.com](mailto:2036447@gmail.com)

### **Десятниченко Ксения Константиновна**

Магистрант кафедры «Архитектура сельских населенных мест», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия  
[xsu17@inbox.ru](mailto:xsu17@inbox.ru)

## ABOUT THE AUTHORS

### **Korshakov Fedor N.**

PhD in Architecture, Professor, Head of the Department «Architecture of Rural Settlements», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia; Member of the Union of Moscow Architects  
[study@marhi.ru](mailto:study@marhi.ru)

**Markova Olga K.**

PhD in Architecture, Associate Professor at the Department «Architecture of Rural Settlements», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia; Member of the Union of Moscow Architects

[2036447@gmail.com](mailto:2036447@gmail.com)

**Desyatnichenko Kseniya K.**

Master Student at the Department «Architecture of Rural Settlements», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

[xsu17@inbox.ru](mailto:xsu17@inbox.ru)