

Инновационные концепции использования естественного света как существенного компонента формирования архитектурного пространства

Н.А. САПРЫКИНА

МАРХИ (государственная академия), Москва
E-mail: nas@markhi.ru

Аннотация

Статья посвящена актуальному направлению исследования потенциальных возможностей естественного света как существенного компонента жизненного пространства. Цель статьи – в выявлении инновационных концепций использования свойств естественного света для формирования интерактивно связанного со средой обитания архитектурного пространства. Отмечается, что естественный свет, являясь необычайно мощным инструментом организации архитектурных объектов, привлекает учёных и проектировщиков в различных областях деятельности. Представлены результаты обзора архитектурных исследований и разработок, проводимых в некоторых областях деятельности в связи с рассматриваемой проблемой. Установлено, что инновационные концепции моделирования естественного света могут внедряться при создании соответствующих объектов архитектуры. Полученные результаты могут быть полезны для теории и практики формирования пространства обитания, открывая совершенно новые возможности в архитектуре.

Ключевые слова: световая среда, искусственный солнечный свет, энергетический потенциал, естественный свет.

1. Введение

Актуальность. Известно, что естественный свет не только обеспечивает зрительную работоспособность человека, но и выполняет психологические, биологические и эстетические функции. Являясь материалом для созидания, он играет главную роль в формировании пространства обитания, меняя архитектуру, пропорции и характер эмоционального воздействия. В зависимости от его каче-

ства впечатление может быть самым разнообразным и оказывать глубокое воздействие на восприятие и обогащение нашего понимания окружающей среды.

Немаловажны особенности света для пространственной организации и оптимизации световой среды архитектурных объектов – формообразование и пространство в архитектуре проявляются только при наличии света. Необходимо отметить экологический аспект естественного освещения вследствие его существенно большей энергоэффективности по сравнению с искусственным освещением, что может являться решающим показателем оптимизации будущих возможностей архитектуры.

Проблема организации обитаемого пространства, используя естественный свет, всегда интересовала архитекторов. Достаточно вспомнить такие шедевры архитектурного творчества как здание центральной городской библиотеки Выборга, построенной в 1933–1935 гг. по проекту финского архитектора А. Аалто. В главном читальном зале библиотеки отсутствуют традиционные окна (поверхность стен была оставлена для подвесных книжных полок). Естественное рассеянное освещение, которое не даёт теней, поступает в залы через круглые окна на крыше.

Другой известный пример – здание штаб-квартиры компании «Джонсон Вакс» (1936–1939 гг.) в Расине (Висконсин, США), в котором американским архитектором Ф.Л. Райтом конструктивная основа центрального зала компании решена в виде древовидных расширяющихся кверху колонн. Освещение осуществляется через прозрачные стеклянные трубки, дающие ровный успокаивающий свет всему помещению. Позже, через 13 лет, рядом с этим зданием был построен комплекс исследовательского центра, где

наружное остекление башни-лаборатории выполнено из гнутых стеклянных трубок, создающих рассеянным мягким светом чрезвычайно приятный эстетический эффект.

В настоящее время естественный свет, являясь необычайно мощным инструментом организации архитектурного пространства, привлекает учёных и проектировщиков в разных областях.

В связи с этим *цель* статьи заключается в выявлении инновационных направлений использования естественного света как важной составляющей архитектурного пространства, интерактивно связанного со средой обитания. Это обусловлено тем, что многофункциональность и комплексность способов использования естественного света, а также широта приёмов его «проявления» требует рассмотрения соответствующих концепций в некоторых аспектах.

Метод. В связи с актуальностью этой проблемы проведён обзор существующих архитектурных решений по использованию естественного света при формировании архитектурной среды обитания в контексте некоторых выявленных направлений исследований и разработок, проводимых в различных областях деятельности. Кроме того, представлены результаты проведённого исследования – выявленные концепции использования естественного света при организации световой среды архитектурных объектов.

2. Концентрация и транспортировка естественного света

В соответствии с требованием времени к формированию пространственной среды обитания в практике проектирования и строительства архитектурных объектов в последнее время возникают самые разные предложения по *сбору естественного света* для изменения восприятия пространства в течение суток и по мере смены сезонов.

Среди примеров этого направления можно выделить проведение модернизации фасада 130-метровой башни «Eggho», построенной в 1988 г. в парижском деловом квартале Дефанс, и реконструкции её вестибюля, что позволило обеспечить попадание в него естественного света. Разработка проекта трансформации дневного и ноч-

ного обликов вестибюля проводилась архитектурной студией *Hubert & Roy* при участии специализирующейся в области светодизайна студии *Concepto* [1]. Решение вестибюля, благодаря наличию стеклянной крыши, позволяет поступающему естественному свету изменять восприятие его пространства в течение суток – путём проекции на стены и пол теней от расположенных сверху специальных элементов (рис. 1). Применяемое дихроичное стекло (отражает одну и пропускает другую часть спектра падающего излучения) окрашивает проходящий через него свет, меняя его цвет в заданных пределах в зависимости от угла падения солнечных лучей. Это обеспечивается за счёт отклонения определённых лучей с помощью подвешенных внутри металлической решётчатой конструкции зеркальных панелей, что позволяет направлять цветные лучи на внутреннюю стену. Предложенная система освещения, как «ловушка» света, позволяет усилить впечатление от воспринимаемого пространства вестибюля и управлять естественным светом круглосуточно сколь угодно долго.

Возможность *транспортировки естественного света* с целью его доставки на платформы подземки предусмотрена в крупном транспортном пересадочном узле «*Fulton Center*» в самом центре нижнего Манхэттена, объединяющем сразу 11 линий метро (авторы проекта – бюро *Grimshaw Architects* совместно с инженерно-проектной компанией *Arup*). Застеклённый прямоугольный объём пересадочного узла площадью около 34000 м² вмещает просторный атриум высотой около 34 м с залом ожидания в центре и торговыми точками по краям. Завершает конструкцию стальной купол с расположенным под углом светопроемом, под которым находится лифтовая стойка, окружённая лестницами. На внутренних стенах купола находится сложная, закреплённая на перекрещивающихся стальных тросах, сетчатая структура, высотой более 21 м и диаметром около 15 м. (разработчик – бюро *James Carpenter Design Associates*). Это устройство, «*Sky Reflector-Net*», с площадью поверхности около 800 м², состоит из множества (около 1000) ромбовидных панелей из перфорированного алюминия, которые отражают естественный свет, позволяя ему проникать не толь-

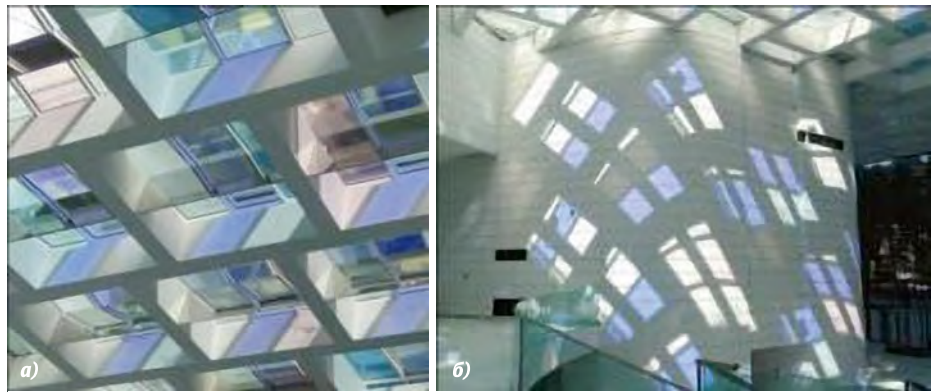


Рис. 1 – Ловушка света в вестибюле башни «*Eggho*» (Париж):

а – решётчатая конструкция зеркальных потолочных панелей; *б* – цветные световые пятна на внутренней стене, обращённого на север помещения, в которое прямой солнечный свет никогда не попадает



Рис. 2. Ловушка света в транспортном пересадочном узле «*Fulton Center*» (Нью-Йорк): *а* – общий вид здания узла; *б* – внутреннее пространство с сетчатой структурой купола

ко в сам атриум, но и (через отверстие в полу) на нижний уровень платформ (рис. 2) [2].

В данном случае представляет профессиональный интерес процесс создания подвижной конструкции инженерами, которым требовалось сначала понять, как она будет работать в зависимости от давления, температуры воздуха, работы системы кондиционирования и других факторов. При этом с помощью специального программного обеспечения было промоделировано поведение объекта в 815 ситуациях, как стандартных (жара, холод, временные изменения), так и форс-мажорных, а также при пожаре. Определив таким образом оптимальную форму конструкции, инженеры изучили и просчитали распределение уровней естественного (верхнего) и искус-

ственного освещения в зависимости от внешних условий. Необходимо отметить, что полностью электрическое освещение в пересадочном узле использовано лишь в пешеходных переходах, где применена тоже своеобразная сетка, но из люминесцентных ламп [2].

Примером создания «искусственного солнечного света» для имитации реалистичного естественного освещения в закрытых пространствах (комнатах без окон, музеях, станциях метро) может служить уникальное устройство «*CoeLux*» – разработка П. Ди Трапани из Университета Инсабрии (Италия). Оно выглядит как обычный световой люк и предназначено для воссоздания реалистичного «солнечного света» в закрытых пространствах. Сложная оптическая система, которая точно имитирует сол-

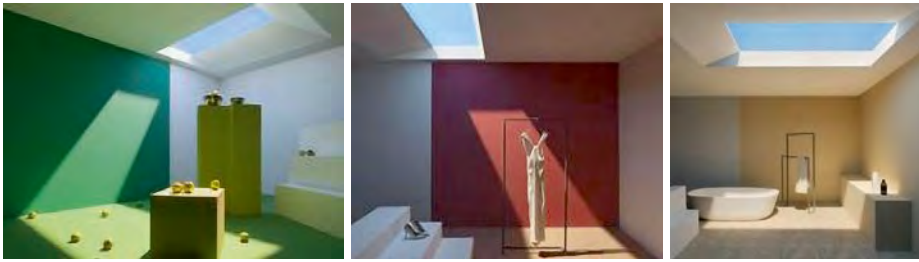


Рис. 3. Устройство имитации солнечного света «CoeLux»: примеры решения интерьеров

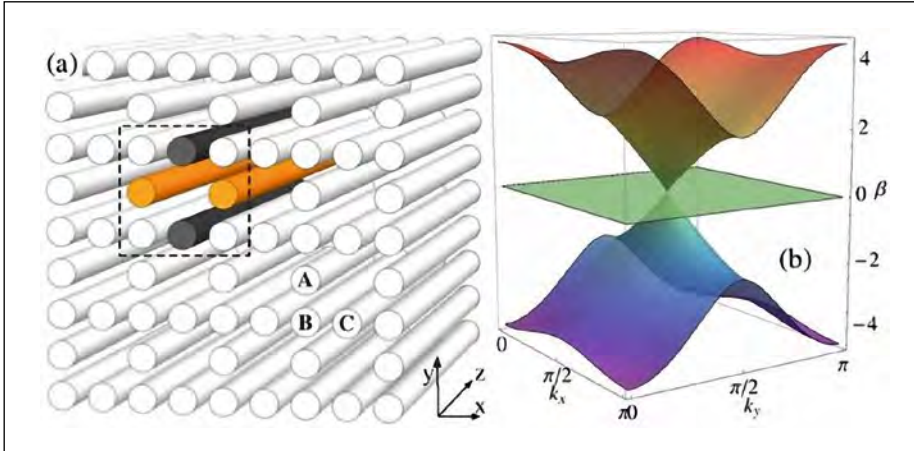


Рис. 4. Модель и диаграмма блокировки естественного света в двумерной ловушке



Рис. 5. Комплекс «Лувр Абу-Даби» (ОАЭ): а – общий вид; б, в, г – варианты решения внутреннего пространства

нче и его лучи, использует светодиоды с высоким качеством цветопередачи. Специальный механизм визуализации имеет интерфейс, рассчитанной на имитацию неба и падающего в окно солнечного света (рис. 3) [3]. «CoeLux» не только обеспечивает искусственное дневное освещение за-

крытых пространств, но и может быть запрограммирована на эмуляцию трёх сценариев освещения в зависимости от географического расположения (например, обеспечение тёплого света, типичного для северных регионов, или экваториального, вертикального типа освещения прохладных оттенков

и с более резкими тенями). При этом устройство имеет небольшую толщину и может встраиваться в любой подвесной потолок.

Привычные приёмы использования и преобразования естественного света учёные стремятся дополнять новыми способами его сбора. Так, физиками из Чили и Германии разработана двумерная оптическая ловушка света, основанная на использовании способности электромагнитных колебаний интерферировать друг с другом. Она представляет собой двумерный вариант кристаллической структуры перовскита – одного из самых твёрдых материалов на земле. Метод, в котором свет блокируется только в двух измерениях и может свободно распространяться в третьем, имеет преимущества перед другими способами. Он значительно проще: требует материалов с небольшим показателем преломления (рис. 4) [4].

Совершенно очевидно, что рассмотренные тенденции концентрации и транспортировки естественного света были бы совершенно невозможны без применения параметрического подхода к формированию архитектурного пространства как системы концептуальных, технологических и эстетических составляющих.

3. Защита от солнечного излучения и управление естественным светом

Ещё одним аспектом моделирования естественного света в разных областях деятельности является защита от солнечного излучения. Эта проблема широко освещается в публикациях о практических и теоретических разработках в области теневого систем солнцезащиты [5, 6] и др. Представляют интерес разработки, использующие новые приёмы работы со светом, использующие инновационные подходы, проявляющиеся в двух формах: статической и динамической.

Примером статического подхода служит комплекс «Лувр Абу-Даби» (ОАЭ), разработанный лауреатом Притцкеровской премии архитектором Ж. Нувелем, который открылся в ноябре 2017 г. В этом городе-комплексе, с выставочной площадью около 8000 м², 55 музейных зданий накрыты парящим куполом. Сложный рисунок купола как результат геометрического дизайна, повторяющегося в разных

объёмах и ракурсах, образуется восемь оригинальными слоями (четырьмя внешними и четырьмя внутренними), расположенными в определённом порядке, что придаёт куполу изысканную сетчатую структуру, в которой выражается характерная для природы этой страны постоянная борьба тени и света. Кружевной геометрический купол «Лувра Абу-Даби» производит впечатление переплетённых пальмовых листьев, традиционно используемых в этой стране как кровельный материал, производя эффект «дождя света». Внутри огромного «плавающего» купола дождь из светлых узоров освещает микрогород – небольшие галереи, озёра и ландшафты (рис. 5) [7]. Купол накрывает две трети музея, создавая затенение и уменьшая потребление энергии. Кроме того, через музейный комплекс проходит подземный водный канал, превращающий пространство в освежающий оазис.

Примером динамического приёма при управлении естественным светом могут служить офисные башни «Al Bahr» в Абу-Даби, в которых также предусмотрена система солнцезащиты. Полностью остеклённые здания имеют подвижный фасад, состоящий из 2000 динамичных панелей, которые могут полностью закрывать или открывать участки фасада. Панели снабжены фотоэлектрическими элементами, реагирующими на солнечный свет и аккумулирующими солнечную энергию (рис. 6) [8]. Это позволяет уменьшать температуру помещений и снабжать здания электроэнергией.

Подвижным фасадом обладает также арт-центр в Шанхае, построенный по проекту бюро *Foster + Partners* и студии *Heatherwick Studio*. Особенностью комплекса является постоянно меняющийся, динамичный фасад, который в соответствии с требуемым освещением внутреннего пространства может трансформироваться и существенно менять вид здания путём движения множества бронзовых труб, расположенных в три ряда и прикрывающих собой основной объём здания (рис. 7) [9].

Защита от солнечного излучения и управление дневным светом вызывает необходимость разработки и внедрения в процесс проектирования кинематических приёмов образования и функционирования архитектурных объектов. Это связано с тем, что природные изменения и характер чело-

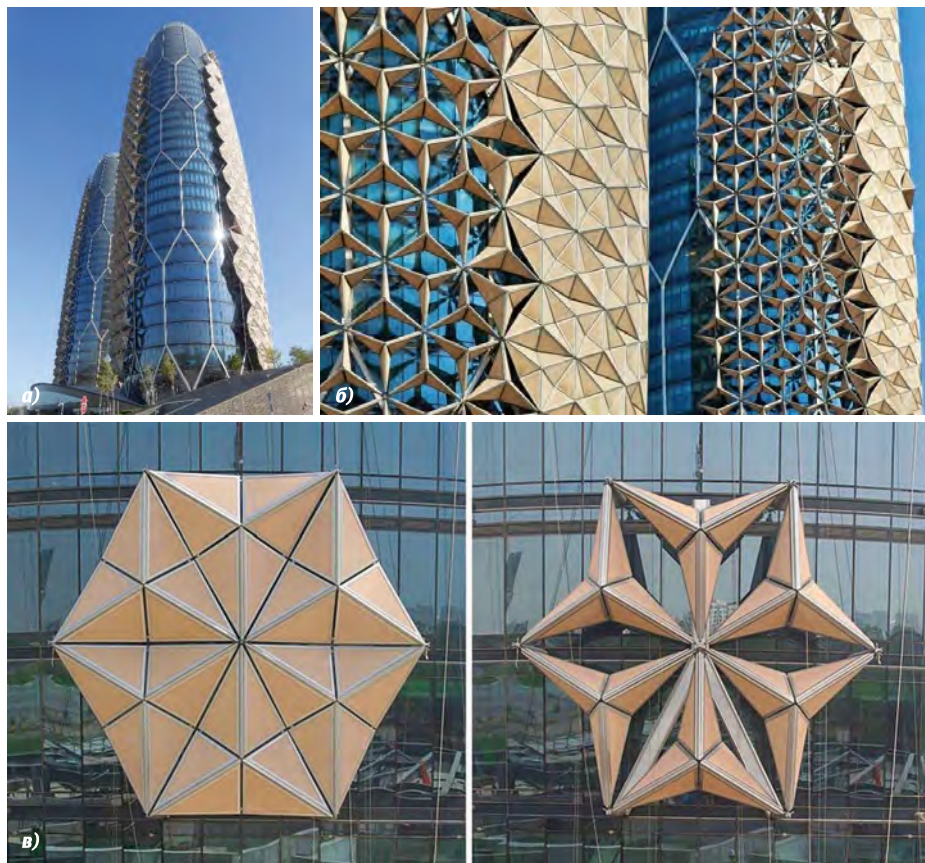


Рис. 6. Система солнцезащиты в офисных башнях «Al Bahr» в Абу-Даби: а – общий вид; б – видоизменение солнцезащитных устройств; в – схема трансформации панелей



Рис. 7. Динамичный фасад арт-центра в Шанхае (КНР): общий вид (варианты трансформации)

веческой деятельности определяют противоречие статичной и динамичной составляющих среды обитания под действием постоянно меняющихся факторов социально-культурного и природного окружения.

4. Организация световой среды архитектурных объектов

Инновационные подходы к формированию пространства обитания непосредственно связаны с *моделированием естественного света* при организации световой среды архитектурных объектов. Это проявляется в творческих изысканиях швейцарского архи-

тектора П. Цумтора. В 2010 г. архитектор-философ П. Цумтор получил за проект терм в Вальсе первую премию на престижном конкурсе «*Daylight Award*» (по разряду «Архитектура») ¹.

Термы в Вальсе, как считают специалисты, стали своего рода размыш-

¹ Надо отметить, что идея оценивать архитектурные произведения в контексте моделирования света принадлежит швейцарскому фонду *VELUX STIFTUNG*, с 1980 г. поддерживающего и финансирующего проекты, связанные с изучением естественного света и оптимальных возможностей его использования в медицине и архитектуре [10].



Рис. 8. Термы в Вальсе (Швейцария):
а – интерьер бассейна; б – интерьер комнаты отдыха

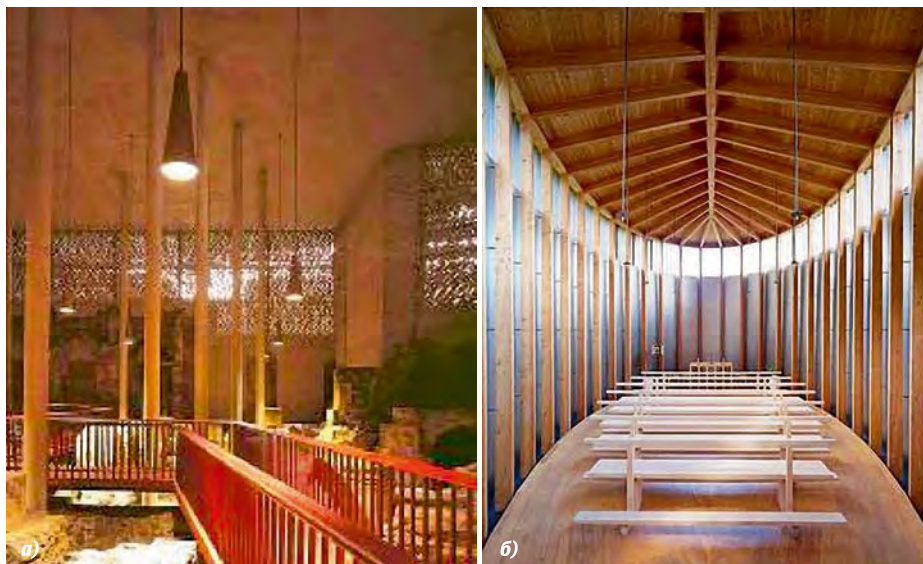


Рис. 9. Архитектура естественного света П. Цумтора:
а – музей Кёльнского диоцеза «Колумба»; б – часовня Святого Бенедикта в Зумвитге

Рис. 10. Павильон
«Солнечный цикл»
(Нью-Йорк)



лением над взаимоотношениями воды и камня, света и тени (рис. 8) [11]. А вот свет в здании музея Кёльнского диоцеза «Колумба» играет решающую роль – «он выхватывает пространство во времени и транслирует его людям, предлагая самим определиться со временем». Сюда же можно отнести и знаковое для П. Цумтора сооружение – часовню Святого Бенедикта в Зумвитге (Граубюнден, Швейцария) (рис. 9) [10, 11].

Тенденция использования бионических приёмов потребления максимального количества солнечной энергии

в течение всего светового дня проявляется в проекте «Солнечный цикл», разработанном архитектурной студией *Paolo Venturella & MenoMenoPiu Architects* для парка аттракционов «*Freshkills park*» (Нью-Йорк, США). Объект является одновременно масштабной солнечной батареей и многоцелевым павильоном для проведения концертов, спортивных мероприятий, лекций и т.п. Форма структуры здания, направленная на траекторию движения солнца, собирает его лучи под всевозможными углами (рис. 10) [12]. «Солнечный цикл» (как энергети-

чески самообеспечивающийся павильон) содержит две поверхности, «интегрированные» друг в друга. Первая, фотоэлектрическая, поверхность всегда находится на солнце, а вторая, зеркальная, отражает всё «окружающее», умножает зрелищность ландшафта и естественный свет, распределяя его под закрытой частью павильона.

Наряду с известными и достаточно подробно разработанными способами сбора и концентрации естественного света наиболее эффективное решение гарантируют световодные системы [13, 14]. Такие системы собирают свет посредством светозаборников, установленных на крыше и стенах, и передают его во внутренние помещения через полые трубы с зеркальными поверхностями.

Применение в архитектуре и конструктивных системах принципов строения биологических структур является предметом исследований и проектирования объектов архитектуры многими творческими группами, характеризующимися использованием в своей деятельности способов вычислительного проектирования. Развивающееся прогрессивное направление в развитии архитектуры, применяющее новые экологически чистые информационные технологии при создании проектных предложений, связано с новым отношением к ценности окружающей среды, к сохранению и сбережению энергии.

5. Энергетический потенциал естественного света

Наряду с рассмотренными приёмами моделирования естественного света представляют профессиональный интерес *потенциальные возможности управления использованием* энергии солнечного излучения. Так, по известной легенде, Архимед почти полностью сжёг римский флот, атаковавший в 212 г. до н.э. его родные Сиракузы. Для этого он использовал массив вогнутых зеркал из полированной меди [15]. С другой стороны, архитекторы всегда учитывали и учитывают мощь солнечного освещения зданий. А неучёт этого чреват форс-мажорными ситуациями. Так, новый небоскрёб, «Уоки-токи», в финансовом районе Лондона (архитектор *R. Vinoly*) благодаря своей конфигурации отражает солнечный свет настолько интенсивно, что способен расплавлять даже пласти-

ковые детали рядом припаркованных автомобилей (рис. 11) [16].

Грамотное отношение к использованию солнечной энергии проявлено при создании построенной в 1970 г. солнечной печи в Фон-Ромё-Одейо (Восточные Пиренеи, Франция) как экологичного источника высоких температур. Зеркальное сооружение имеет диаметр 54 м и состоит из 10000 вогнутых зеркал, которые отражают и фокусируют солнечные лучи на площадку в 40 см по диагонали. Массив зеркал действует как параболический отражатель, концентрируя свет в своём фокусе. Мощность печи – 1 МВт. При этом напротив параболического зеркала установлены гелиостаты – специальные 63 зеркальные плиты со 180 секциями. У каждого гелиостата своя «точка ответственности» – сектор параболы, на который отражается собираемый свет. В вогнутом зеркале лучи солнца собираются в точку фокуса – в этом месте температура достигает 3500 °С, но температуру в огромной солнечной печи можно регулировать перемещением зеркал под разными углами. Чтобы максимально собирать солнечную энергию, гелиостаты движутся вслед за солнцем (рис. 12) [17].

Иллюстрацией потенциальных возможностей использования солнечной энергии является созданный фирмой *Sanyo*, связанной 50-летней историей взаимоотношений человека с экологически чистыми видами энергии, крупнейший памятник солнечной энергии – «Солнечный ковчег» в Гифу (Япония). Огромная фотогальваническая система (заявленная максимальная мощность – 630 кВт) объединена с современным научным центром. В здании действуют «Музей солнечной энергии» и «Солнечная лаборатория», которая проводит симпозиумы и форумы для обсуждения проблем и обмена идеями (в сотрудничестве с Фондом науки Японии и международными организациями).

Общая длина конструкции – 315 м, высота – 31,6 м в центре и 37,1 м по краям, ширина – 13,7 м внизу и 4,6 м вверху, вес – 3000 т. Количество фотогальванических элементов – 5046, в тёмное время суток на фасаде включается 77200 красных, синих и зелёных светодиодов с компьютерным управлением. В комплексе действуют системы очистки воды и воздуха (перерабатывается 95 т углерода

Рис. 11. Небоскрёб «Уоки-токи» (Лондон)



Рис. 12. Солнечная печь в Пиренеях (Франция)



Рис. 13. Памятник солнечной энергии «Солнечный ковчег» (Япония):
а – фасад;
б – общий вид



в год). «Солнечный ковчег» окружён своеобразным аквапарком, включающим в себя фонтаны и два водоёма, в каждом из которых имеется водопад (рис. 13) [18]. Внутреннее освещение комплекса осуществляется светильниками «Solight» (уникальные изделия, снабжённые компактным двигателем, управляемым посредством небольшой солнечной батареи), которые автоматически изменяют направление излучения в соответствии с движением Солнца по небосводу, который используется как источник естественного света в связи с отсут-

ствием окон в ресторанах и других помещениях.

Поэтому важно отметить необходимость пересмотра привычных средств архитектуры с учётом достижений в других областях науки и техники, особенно по повышению комфортности и безопасности среды обитания, а также экономии финансовых затрат и энергоресурсов.

6. Заключение

Типология архитектуры пополняется новыми видами архитектурных

объектов, являющихся научно-технологическими знаменателями эпохи. Инновационные направления использования естественного света как важного компонента среды обитания в настоящей статье-обзоре представлены в контексте рассмотренных в ней концепций.

Концентрация и транспортировка естественного света (п. 2) связаны со сбором естественного света для изменения восприятия пространства в течение суток и по мере смены сезонов. Появляется также возможность естественного освещения подземных пространств. Изобретаются всё новые и новые способы сбора естественного света и создания «искусственного солнечного света» для устройства имитации реалистичного естественного освещения в закрытых помещениях.

Современные приёмы работы со светом в разных областях деятельности проявляются в *солнцезащите и управлении естественным светом* (п. 3), которые связаны с применением новых кинематических приёмов образования и функционирования архитектурных объектов, использующих инновационные подходы к работе со светом и проявляющихся в двух формах: статической и динамической. Это свидетельствует о необходимости пересмотра привычных средств архитектуры и расширения использования достижений в других областях науки и техники.

Альтернативные подходы к *организации световой среды архитектурных объектов* (п. 4) проявляются в творческих изысканиях современных архитекторов-«исследователей света, звука и пространства». Возникновение концепции «живого света» и тенденции использования *бионических* приёмов потребления максимального количества солнечной энергии в течение всего светового дня проявляется в разработках при создании архитектурных объектов, что связано с новым отношением к ценности окружающей среды, сохранению и сбережению энергии, повышению комфортности и безопасности обитания.

Представляет профессиональный интерес *энергетический потенциал естественного света* (п. 5) и возможности управления последним. Грамотное отношение к использованию естественного излучения было бы невозможно без соответствующих тех-

нических средств и развития высоких технологий, без применения экологических принципов в архитектуре.

Рассмотренные направления в использовании естественного света как важного компонента существования свидетельствуют о широте приёмов его проявления и многообразии средств его преобразования и регулирования. В связи с этим необходимо отметить, что приведённые примеры использования естественного света при формировании архитектурной среды возникли благодаря активно развивающимся многим областям знаний. Полученные результаты могут быть полезны для теории и практики формирования пространства обитания, открывая совершенно новые возможности в архитектуре. Это ставит задачу дальнейшего исследования совершенно новых приёмов работы с этим феноменом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нарбони Р., Николас В. Ловушка света в вестибюле башни «Egho» в квартале Дефанс (Париж) // Светотехника. – 2014. – № 4. – С. 70–72.
2. Старостина А. Ловушка для света. URL: <http://www.archplatforma.ru/?act=1&wid=3587> (дата обращения: 28.02.2018).
3. Дизайнер разработал искусственный «солнечный свет» *Coelux*. URL: <http://www.sveto-tehnika.ru/ru/businessnews-3/pages/business/coelux> (дата обращения: 11.03.2018).
4. Создана двумерная ловушка для света. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2015/sozdana-dvumernaya-lovushka-dlya-sveta> (дата обращения: 09.03.2018).
5. Земцов В.А., Соловьёв А.К., Шмаров И.А. Яркостные параметры стандартного неба МКО в расчётах естественного освещения помещений и их применение в различных светоклиматических условиях России // Светотехника. – 2016. – № 6. – С. 55–61.
6. Дворецкий А.Т., Моргунова М.А., Сергейчук О.В., Спиридонов А.В. Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств // Светотехника. – 2016. – № 6. – С. 43–47.
7. «Дождь света» под куполом Лувра Абу-Даби. URL: <http://green-buildings.ru/ru/dozhd-sveta-pod-kupolom-luvra-abu-dabi> (дата обращения: 11.03.2018).
8. Buildings Shield Themselves From Sunlight In The Most Unusual Way. URL: http://corevertical.com/Page/Buildings_Shield_Themselves_From_Sunlight_In_The_Most_Unusual_Way (дата обращения: 13.03.2018).

9. В Шанхае построили культурный центр с подвижным фасадом. URL: <https://realt.onliner.by/2017/06/16/shanghai-4>.

10. *Цехмистер Т.И.* Петер Цумтор. URL: http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz22_priil/33/template_article-ar=K41-60-k49.htm (дата обращения: 12.03.2018)/

11. *Юркина О.* Архитектура как поэзия света. URL: <http://nashgazeta.ch/node/8419> (дата обращения: 11.03.2018).

12. Solar Loop – энергетически самообеспечивающийся павильон в нью-йоркском парке. URL: <https://econet.kz/articles/2975-solar-loop-energeticheskisamoobespechivayuschisya-pavilon-v-nyu-yorkskom-parke> (дата обращения 10.03.2018)

13. *Айзенберг Ю.Б., Бухман Г.Б., Коробко А.А., Пятигорский В.М.* Несколько не реализованных конструктивных решений оптических схем и осветительных систем с полыми световодами // Светотехника. – 2016. – № 3. – С. 4–11.

14. *Аладов А.В., Бирючинский С.Б., Валюхов В.П., Загжейм А.Л., Тальнишних Н.А., Черняков А.Е.* Динамически управляемая система освещения светодиодами с широким диапазоном цветовых температур (2800–10000 К) и высоким качеством цветопередачи (Ra > 90) // Светотехника. – 2016. – № 6. – С. 19–25.

15. Убийственное солнце: Зеркало Третьего Рейха. URL: http://paranormal-news.ru/news/ubijstvennoe_solnce_zerkalo_tretego_rejka/2013-04-03-6568?from=mirtesen (дата обращения: 11.03.2018).

16. Архитектура солнечного света. URL: <http://turupuru.ru/?p=23942> (дата обращения: 13.03.2018).

17. Солнечная печь в Пиренеях. Зелёный источник высоких температур. URL: <http://greenevolution.ru/multimedia/solnechnaya-pech-v-pirenyax-zelenyj-istochnik-vysokix-temperatur/> (дата обращения: 11.03.2018).

18. Sanyo Solar Ark – крупнейший в мире памятник энергии Солнца. URL: <http://www.membrana.ru/articles/technic/2004/02/27/213200.html> (дата обращения 11.03.2018).



Сапрыкина Наталья Алексеевна, доктор архитектуры, профессор. Окончила в 1970 г. МАРХИ. Зав. кафедрой «Основы архитектурного проектирования» МАРХИ

(ГА). Заслуженный архитектор РФ. Почётный член РААСН и член Московского союза архитекторов