

УДК 628.97

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-2-134-157

*А.Т. ОВЧАРОВ, А.С. КОСТАРЕВА,  
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ В НАРУЖНОМ ОСВЕЩЕНИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭСТЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СВЕТОВОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДА**

Рассмотрены инженерно-технические решения, реализующие главные концептуальные направления развития наружного освещения: безопасность, световой комфорт, эстетика архитектуры городского пространства, энергоэффективность. Представлены новации в области наружного освещения в роли факторов воздействия и трансформации планировочной структуры города и ее отдельных элементов: улично-дорожной сети, пешеходных путей и пространств, ландшафтно-рекреационных зон. Описаны основные требования, принципы и приемы организации наружного освещения в пространстве важнейших элементов городской структуры, способствующие решению стратегических проблем освещения: создание комфортной световой среды и благоустройства, удовлетворение нравственных и эстетических потребностей, повышение благополучия жителей и гостей города. Сформулированы концептуальные решения наружного освещения в контексте современных тенденций развития городского пространства.

**Ключевые слова:** наружное освещение; световая среда; качество световой среды; световое благоустройство; комфортная световая среда.

**Для цитирования:** Овчаров А.Т., Костарева А.С. Концептуальные решения в наружном освещении на современном этапе технических и эстетических возможностей светового благоустройства города // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 2. С. 134–157. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-2-134-157

*A.T. OVCHAROV, A.S. KOSTAREVA,  
Tomsk State University of Architecture and Building*

## **ENGINEERING AND AESTHETIC SOLUTIONS OF MODERN DEVELOPMENT OF OUTDOOR LIGHTING**

The article describes engineering and technical solutions that determine the development of modern outdoor lighting: safety, light comfort, aesthetics of urban space architecture, energy efficiency. Outdoor lighting innovations affect the city planning structure and its elements, such as road network, pedestrian paths and spaces, landscape and recreational areas. The article describes the basic requirements, principles and techniques for organizing outdoor lighting in the city structure that contribute to solving strategic lighting problems such as creation of the comfort lighting zones and amenities, satisfaction of ethical and aesthetic needs and well-being of residents and visitors. The outdoor lighting concepts are formulated in the context of modern trends in the urban development.

**Keywords:** outdoor lighting; light environment; light environment quality; lighting services; comfort light zone.

**For citation:** Ovcharov A.T., Kostareva A.S. Kontseptual'nye resheniya v naruzhnom osveshchenii na sovremennom etape tekhnicheskikh i esteticheskikh vozmozhnostei svetovogo blagoustroystva goroda [Engineering and aesthetic solutions of

modern development of outdoor lighting]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 2. Pp. 134–157.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-2-134-157

Города – одно из самых великих творений и достижений человечества, планировочная структура и инженерно-техническая инфраструктура которых развивались синхронно с цивилизацией. Историю города можно проследить по динамике эволюции планировочной структуры, отражающей эпохи становления и трансформации городского пространства.

Трансформацию планировочной структуры современных городов отражают изменения её элементов:

*Каркас* – устойчивая во времени основа, пространственно-планировочная организация систем: главные оси и узлы транспортных инфраструктур с тяготеющими к ним территориями. Каркас фиксирует геометрию плана и предопределяет тенденции территориального развития города. Развивается каркас за счёт поглощения ткани.

*Ткань* – территории города, занятые жилой, общественной и промышленной застройкой. Ткань менее устойчива по своей пространственной организации.

*Плазма* – дизайнерские элементы заполнения архитектурных пространств: малые архитектурные формы и осветительные установки (ОУ) наружного освещения (НО). В структуре городского пространства ОУ – наиболее влиятельный элемент [1]. Плазма – изменчивый элемент в системе жизнеобеспечения и инженерной инфраструктуры, трансформации которого неразрывно сопровождают развитие планировочной структуры города. Структура и дизайн ОУ, стиль, архитектура и мобильность осветительных систем отражают временной этап эволюции городского пространства [2].

На всех исторических этапах от Афин и Древнего Рима до настоящего времени НО занимало важнейшее место в обеспечении общественной безопасности, являлось приоритетной государственной задачей и выступало одним из наиболее влиятельных факторов трансформации планировочной структуры городов. С XVIII в. НО в статусе научной проблемы развивалось на базе выдающихся изобретений человечества, и при его организации всегда приоритетами были безопасность, экономичность и надежность [3].

Бурное развитие инфраструктуры и планировочных элементов городской структуры повлекло изменение критериев оценки качества жизни в условиях активизации города в вечернее время и стимулировало развитие НО как обязательного условия безопасности и комфорта. Уровень НО становится общепризнанным индикатором роста качества жизни. Достаточное количество и высокое качество света стали неотъемлемыми компонентами комфортной городской среды и критериями проектирования общественных пространств. Поэтому новые подходы к организации НО, обеспечивающего насыщенность и качество световой визуальной среды, сопровождают эволюционные трансформации планировочных решений в городском пространстве.

Архитектурно-композиционную целостность пространства обеспечивают архитектурно-градостроительный, функциональный, светотехнический и зрительный (эмоционально-эстетический) компоненты. Два первых представляют

константную урбанистическую основу среды, два других – изменяющиеся факторы, которые и вносят специфику, отличающую искусственную световую среду от дневной. Системы искусственного освещения модифицируются во времени гораздо быстрее, чем константная объемно-пространственная структура среды, и обладают характерной кинетикой, светораспределением и спектром. Они тесно связаны с присутствием человека, без которого понятие «среда» и ее зрительные оценки в условиях нестабильной адаптации теряют смысл [4, 5].

Освещение выступает доминирующим фактором в планировочных решениях и благоустройстве важнейших элементов генерального плана города: улично-дорожная сеть, пешеходные пространства, ландшафтно-рекреационные зоны и архитектурные объекты [4]. Для городов России актуально создание концепции единой цветоцветовой среды, объединяющей все действующие виды освещения: утилитарное и декоративное НО, архитектурно-художественное освещение фасадов зданий, световая реклама и информация. Сложность интеграции разнородных видов освещения в единую световую среду усугубляется противоречивыми критериями нормирования и оценок. В этой связи задача объединения систем НО должна быть подчинена функциональным и эксплуатационным критериям оптимальности, среди которых определяющими выступают световой комфорт и энергосбережение.

### **Освещение дорог, магистралей**

Улично-дорожная сеть (УДС) охватывает магистральные улицы общегородского и районного значения различных категорий и все прочие дороги, проезды на территории города, пешеходные пути и пространства, переходы через проезжую часть улицы, велосипедные дорожки и иные объекты.

Городские магистрали с прилегающими к ним территориями являются наиболее стабильными элементами городского плана, но в условиях нарастающей урбанизации они непрерывно совершенствуются. В первой половине XX в. общество приспособляло город для транспортного движения. С 1980-х гг. велись активные поиски оптимальных пропорций пешеходного и транспортного движения в городах, и по сей день городские территории постоянно реконструируются. Иницируют развитие УДС эволюционные процессы урбанизации, вследствие которых возрастают нагрузки на историческую часть города, возникают проблемы пропускной способности элементов транспортной структуры, активно осваиваются промышленностью или жильем территории города со слабой обеспеченностью транспортом, развивается велосипедное движение и т. д.

Освещение УДС – сложная и ответственная градостроительная задача, конечные цели которой – безопасность и комфорт для всех участников дорожного движения. Достигаются эти утилитарные цели системой НО, обеспечивающего хорошую видимость, различимость и контрастность объекта наблюдения на фоне окружения. Благоприятные условия для участников движения формируются комплексом количественных и качественных параметров освещения в соответствии с требованиями нормативных документов<sup>1</sup>: яркость

<sup>1</sup> СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 (утв. Приказом Минстроя России от 07.11.2016 № 777/пр).

(освещенность) полотна дороги, равномерность распределения яркости, слепящее действие светильников [6].

Помимо утилитарного предназначения ОУ НО выступают в роли неотъемлемых элементов архитектуры и дизайна города, определяющих эстетику и художественный облик улиц, имеют большое композиционное значение в формировании структуры города. Четкий ритм вертикалей, уходящих в перспективу, создает иллюзию движения и композицию архитектурных форм городского пространства, ритмический акцент планировочной структуры города (рис. 1). Вертикальный ритм осветительных опор на горизонтальном поле улицы представляет собой инженерно-техническую живопись на полотне городского пространства. В темное время улица предстает перед наблюдателем в стройном световом декоре осветительных опор НО подобно архитектурно-художественному произведению.



Рис. 1. Ритм осветительных опор

Осветительные опоры НО в крупных городах сооружались из долговечных материалов: чугун, сталь, бронза, натуральный камень, бетон – в расчете на длительный срок эксплуатации. Поэтому нередко осветительные опоры являются частью архитектурного наследия и представляют историческую и художественную ценность. По ним порой с точностью до нескольких лет можно определить дату, когда была сделана фотография или написана картина (рис. 2).



Рис. 2. Осветительные опоры:

*а* – светильник по проекту Ц.А. Кавоса; *б* – фонарь у вокзала Тернбридж Уэст в Лондоне; *в* – фонарь в Санкт-Петербурге

Дизайн опор освещения зависит от технического прогресса, социальных нужд и развития культуры. XXI в. открыл человечеству новые технологические возможности, материалы и источники света, которые кардинально повлияли на дизайн современных опор уличного освещения. Появились осветительные системы разнообразных форм и размеров: конусообразные, цилиндрические, граненые, высокомащтабовые с подвижной короной, световодные и т. д. (рис. 3).



Рис. 3. Современные опоры освещения

Современные опоры освещения преимущественно изготавливаются из металла (сталь, алюминий) со специальным декоративным и защитным покрытием. Опоры НО вандалоустойчивы и надежно защищены от негативного воздействия атмосферных осадков, при этом остаются эстетически привлекательными архитектурными элементами улицы. Изысканный дизайн осветительной системы в целом и каждой световой точки в частности формирует вид улиц и магистралей города высокого эстетического уровня.

Высокая энергетическая эффективность – главное условие развития и расширения городских сетей НО. Перспективы наружного освещения ориентированы на дальнейшее увеличение выработки и потребления световой энергии, что неизбежно влечет за собой рост потребления электроэнергии (ЭЭ). В такой ситуации единственное рациональное решение – переход к энергосберегающей технике и технологиям. Наиболее эффективны в контексте энергосбережения мероприятия, связанные с применением источников света (ИС) и световых приборов с высокой световой отдачей и использованием автоматизированных систем управления наружным освещением (АСУНО), позволяющих оптимизировать режим эксплуатации ОУ. Широкое внедрение светодиодов в масштабе РФ имеет потенциал энергосбережения в сетях НО не менее 60 %. Рациональное использование световой энергии с помощью АСУНО позволяет регулировать освещенность в диапазоне 100–20 % от номинальной без нарушения комфортности световой среды и получать экономию ЭЭ до 50 % от уровня базового варианта.

До недавнего времени города были залиты светом желтого оттенка, поскольку повсеместно в НО использовались натриевые лампы высокого давления (НЛВД). На определенном историческом этапе НЛВД были непревзойденными по световой отдаче и общепризнанными ИС для НО, несмотря на

неудовлетворительное качество создаваемой ими световой среды. Монохромный с желтым оттенком свет, заливающий город, психологически является неблагоприятным, создаваемая гомогенная визуальная среда противоречит положениям видеоэкологии. Тем не менее рекордная по тем временам световая отдача укрепляла позиции НЛВД в качестве источника света для НО. Этап господства НЛВД в НО длился порядка трех десятилетий, пока во втором десятилетии XXI в. уверенно не заявили о себе светодиоды. В настоящее время светодиоды и осветительные приборы на их основе превосходили по энергетической эффективности все существующие разрядные лампы, рассматриваются как достойная альтернатива в качестве ИС для НО и постепенно вытесняют разрядные лампы. Совершенствование ИС обеспечило снижение средней мощности светильника в системе НО почти в 4 раза и составляет сегодня около 100 Вт (таблица). В качестве дополнительных и существенных преимуществ светодиодов следует отметить высокое качество создаваемой световой среды и широкий диапазон управляемости по мощности светового потока. Последнее обстоятельство особо значимо, т. к. открывает перспективы повышения энергетической эффективности НО при внедрении АСУНО.

#### Сравнительная таблица характеристик современных источников света

Источник света	Характеристики источников света		
	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы $\tau \cdot 10^{-3}$ , ч	Средняя мощность в системе наружного освещения $P$ , Вт
ДРЛ	62	15–20	400
МГЛ	120	12–15	150
ДНаТ	160	27	150
LED	210	50–100	100

*Примечание.* ДРЛ – дуговая ртутная люминесцентная лампа высокого давления (ВД); МГЛ – металлогалогенная лампа ВД; ДНаТ – дуговая натриевая трубчатая лампа ВД; LED – светодиодная лампа/светильник.

Для тенденции замены разрядных ламп светодиодами, кроме технических преимуществ, есть основания общественно-политического характера. Во-первых, в общественно-политической и экономической жизни российского общества первостепенное значение приобрели задачи энергосбережения в освещении, отраженные в федеральном законе<sup>2</sup>. В результате предпочтение отдается ИС с наибольшей энергетической эффективностью. В этом отношении на текущий момент светодиодной технике нет альтернативы. Во-вторых, международные соглашения по линии Организации Объединенных Наций, ориентированные на решение проблем экологического порядка на планете. Киотский протокол 1997 г.<sup>3</sup>, а затем в его развитие Парижское соглашение по климату

<sup>2</sup> ФЗ от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

<sup>3</sup> Международное соглашение, дополнительный документ к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, принятое в Киото (Япония) в декабре 1992 г.

2015 г.<sup>4</sup> ставят перед мировым сообществом задачи максимальной экономии энергоресурсов, уменьшения выбросов парниковых газов, снижения техногенного воздействия на окружающую среду. Действенным инструментом решения проблем экологического порядка является перевод всех сфер деятельности общества на энергосберегающие технику и технологии. И, в-третьих, не менее радикальным международным соглашением является Минаматская конвенция по ртути 2013 г.<sup>5</sup>, предусматривающая запрет производства, экспорта и импорта ртутьсодержащих продуктов к 2020 г. Россия подписала Минаматскую конвенцию по ртути<sup>6</sup>. К 2030 г. власти РФ обязуются свернуть производство, продажу и использование ртутьсодержащих приборов, в том числе ИС. Эти обстоятельства еще в большей мере усиливают безальтернативность светодиодного освещения.

Прогресс в области генерации световой энергии позволил значительно повысить световую отдачу источников света и поднять до высокого уровня энергетическую эффективность НО. Дальнейший рост эффективности требовал принципиально новых решений, направленных на рациональное использование световой энергии. Эти решения лежат в области электронных информационных систем, яркими представителями которых являются системы интеллектуального управления наружным освещением.

Арсенал разработок АСУНО разнообразен по функциональным возможностям: от контроля и управления светильниками до превращения сетей НО в единую городскую информационно-аналитическую систему. Далее приведен краткий обзор разработок современных систем.

Система автоматического регулирования НО Twilight отслеживает активность передвижения пешеходов, велосипедистов и автомобилей, автоматически регулируя уровень освещенности и оптимизируя затраты ЭЭ на освещение [7]. Дистанционная сетевая система IntelligentCity (Philips) с программным обеспечением CityTouch LightWave позволяет операторам контролировать сети НО общественных мест, управлять ими, хранить, визуализировать и анализировать производительность светильников [8].

Комплексная интегрированная система управления НО на базе платформы Unilight позволяет эффективно управлять освещением, получать и передавать актуальные данные, улучшая городскую среду и обеспечивая безопасность. Светильники с функцией беспроводного управления позволяют собирать и анализировать информацию, отправлять аналитические сводки о состоянии города в административные службы, регулировать НО в зависимости от интенсивности транспортного движения, контролировать и передавать информацию о состоянии и параметрах светильников, определять геопозицию каждого из них с помощью GPS и ГЛОНАСС. Специальные датчики, установленные на опорах освещения, способны определять уровень шума,

<sup>4</sup> Соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, регулирующее меры по снижению углекислого газа в атмосфере с 2020 г.

<sup>5</sup> Межгосударственный договор, направленный на защиту здоровья людей и окружающей среды от антропогенных выбросов и высвобождений ртути и её соединений.

<sup>6</sup> Распоряжение Правительства РФ от 07.07.2014 № 1242-р 07.07.2014 «О подписании Минаматской конвенции по ртути».

загрязнения воздуха и загруженность дорог, что позволяет городским властям принимать оперативные решения. Система обладает актуальным для уличного освещения видеонаблюдением, включенным в световые приборы и фиксирующим транспортные происшествия и состояние дорожного полотна. Это передовое решение для «умного городского пространства» сокращает энергопотребление и является залогом устойчивого развития «зеленых городов» будущего [9]. Проект SenCity (Финляндия) [10] развивает интеллектуальное освещение: интерактивное освещение и оказание компьютерно-информационных услуг; обеспечение безопасного дорожного движения в жилых районах; интеллектуальное освещение и услуги для детей и молодежи; оснащённое датчиками присутствия освещение велосипедных дорожек и пространства за пределами дорог [11]. «Умные» опоры [12] отслеживают посылку, наблюдают за местонахождением ребенка или помогают найти свободное парковочное место. При этом все опоры объединены в единую информационную систему и связываются между собой при помощи базовой станции. В такой системе при выходе из строя одной опоры остальные «общаются» между собой в ее обход и сообщают о поломке оператору. Каждая световая точка (опора со светильником) представляет собой мини-компьютер, способный собирать, обрабатывать и передавать данные, а также интегрироваться в другие IT-системы городской среды. Интеллектуальные системы НО позволяют удаленно контролировать все функции освещения, управлять которым можно из любой точки земного шара с помощью компьютера или мобильных устройств [13].

В 2018 г. Signify впервые предложила использование технологии Li-Fi. Это технология, в которой коммуникация осуществляется при помощи видимого света в комбинации со световыми системами [14]. Технология Li-Fi по принципу действия аналогична технологии Wi-Fi, но вместо радиоволн для передачи данных используется световое излучение [15]. Уличные светильники в городе XXI в. оснащаются модулями Wi-Fi и датчиками, способными отслеживать текущую ситуацию: определять уровень влажности, шума и загрязнения воздуха, реагировать на погодные условия и предупреждать о катаклизмах. Информацию ОУ передают в муниципальные органы, которые могут оперативно отреагировать на ситуацию и принимать соответствующие решения. Компания Signify объявила о создании комплексной интегрированной системы НО для российского рынка [9].

Современный уровень техники и технологий освещения и электронных средств управления позволяет обеспечить город в темное время суток комфортной и энергетически эффективной световой средой, восприятие которой физиологически и психологически способно создать у человека ощущение благополучия и удовлетворения. Потенциал энергосбережения от внедрения современных технических решений по усовершенствованию систем НО составляет не менее 60 %. Высокий уровень энергоэффективности НО формирует основу для его интенсивного развития на всей территории городского поселения.

### **Организация и освещение велосипедных дорожек**

Изменение общественного мнения и отношения к здоровому образу жизни и экологическим проблемам привело большую часть населения горо-



дов мира к предпочтению велосипедного способа передвижения. Горожане пересаживаются с автомобилей на велосипеды, и эта тенденция приобретает массовость, игнорировать которую невозможно. Существует прямая связь между развитой велосипедной инфраструктурой и большей активностью людей. Правильно спроектированные дорожки поощряют физическую активность населения, что ведет к его общему оздоровлению. В г. Ванкувере (Канада) после строительства двухкилометровой велосипедной дорожки Комокс-Хелмен (рис. 4) жители ближайших к ней кварталов достигали рекомендуемого уровня ежедневной физической активности в два раза чаще [16]. Организация велосипедного движения и обеспечение его безопасности в общей транспортной структуре российских городов – явление новое и социально важное. Оно неизбежно влияет на планировочную структуру города и инженерную инфраструктуру и представляет собой важный для современного общества элемент благоустройства транспортных и пешеходных пространств города.



Рис. 4. Велосипедная дорожка Комокс-Хелмен

В североευропейских городах велосипедная инфраструктура является равноправной подсистемой городского транспорта на всех стадиях функцио-

нирования городской планировочной системы [17]. Впервые велосипеды появились в середине XIX в. в Голландии и быстро стали основным видом транспорта. К 1920 г. их доля в транспортном потоке составила 75 %. Велопешеходные дорожки появились и активно развивались в послевоенной Швеции. Руководство по городскому планированию, разработанное Техническим университетом Чалмерса (Швеция, Гётеборг), предусматривало разделение моторизованных и велопешеходных потоков и оказало значительное влияние на планировочную структуру североευропейских городов [18]. Пешеходы и велосипедисты при этом считались гомогенной группой, и дорожки для них предлагалось строить по одинаковым принципам или совмещать. Поэтому на настоящий момент больше всего совмещенных велопешеходных тротуаров наблюдается именно в Швеции и Финляндии.

Существует четыре основных типа расположения велосипедных дорожек в транспортно-пешеходной инфраструктуре: с односторонним движением вдоль улицы, с двусторонним движением, изолированные, совмещенные с тротуаром. Дорожки с односторонним движением распространены в Дании и Нидерландах, где они приподняты в уровне над проезжей частью, в США размещаются в одном уровне с проезжей частью, однако отделены от нее буферной зоной (например, парковочной). Дорожки с двусторонним движением закладывают в случае, если у дороги есть много примыкающих с одной стороны улиц второстепенного значения, вдоль улиц с односторонним движением и с наибольшим количеством достопримечательностей, расположенных с одной стороны. Изолированные дорожки не связаны с автодорогой, часто рядом проходит тротуар. Совмещенные дорожки не обособлены, по ним могут передвигаться велосипедисты и пешеходы [19].

Для нормального функционирования велодорожек необходимы дополнительные благоустроенные территории и организация специальных функций наружного освещения.

Освещенность велосипедных дорожек, расположенных вдоль проезжей части, должна соответствовать нормам освещения дорог. Освещение их в ландшафтно-рекреационных зонах и вдали от централизованного уличного освещения носит рекомендательный характер. Однако в районе потенциально опасных участков – перекрестков, подземных переходов и т. д. – и при приближении к ним на расстояние не менее 60 м велосипедные дорожки должны быть освещены. В темное время суток расстояние видимости для велосипедиста должно составлять не менее 10–30 м, что обеспечивается искусственным освещением со средней яркостью проезжей части 0,15–0,25 кд/м<sup>2</sup> или средней освещенностью 3,4–3,9 лк вдоль оси велосипедной дорожки. Отдельная велосипедная инфраструктура вдали от централизованного уличного освещения может освещаться посредством светильников наружного освещения (рис. 5, а); катафотов, встроенных в покрытие (рис. 5, б); столбиков со встроенным светильником (рис. 5, в).

Существуют и нестандартные современные способы освещения. В Нидерландах (Эйндховен) и Польше (Лидзбарк-Варминьски) велосипедные дорожки светящиеся (рис. 6). Инновация заключается в том, что в поверхность велодорожки вкраплены тысячи фосфоресцентных камешков, которые по-

глощают солнечную энергию днём и светятся ночью. В польском городе Лидзбарк-Варминьски велодорожка сделана из специального синтетического материала, покрытого люминофором, и работает по тому же принципу [20].



Рис. 5. Освещение велосипедной дорожки:

*а* – светильники наружного освещения; *б* – встроенные катафоты; *в* – столбики со встроенными светильниками

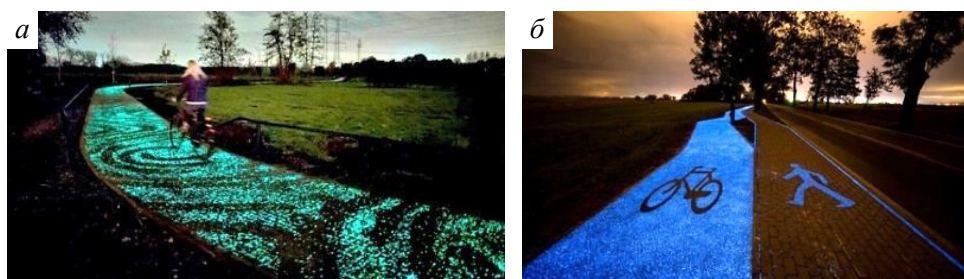


Рис. 6. Светящиеся велосипедные дорожки:

*а* – в Эйндховене (Нидерланды); *б* – в Лидзбарк-Варминьски (Польша)

В 2016 г. в г. Альметьевске (Татарстан, Россия) созданы дорожки Smart Track общей протяженностью 10 км, которые оборудованы специальными световыми датчиками, обозначающими направление и предельно допустимую скорость движения (рис. 7) [21]. Кроме того, они реагируют на движение велосипедиста за 20 м до перекрестка и включают дополнительную подсветку на проезжей части. Система Smart Track позволила снизить уровень ДТП, связанных с велосипедистами. В 2017 г. на территории квартала Мишино в Химках (г. Москва) открылась первая подобная велодорожка [21], а общая протяженность велодорожек в Москве превысила 200 км.



Рис. 7. Световые датчики вдоль велосипедной дорожки

### Освещение пешеходных переходов

Пешеходные переходы – неотъемлемый элемент УДС, место пересечения пешеходных и транспортных потоков, требующее в целях безопасности жесткого регламента для всех участников движения и специального освещения<sup>7</sup>. По статистике наезды на пешехода в тёмное время суток составляют 39,5 % всех ДТП, что превышает дневной показатель примерно на 10 %, а риск получить смертельные травмы в тёмное время для пешеходов повышается на 43,9 %. Именно на темное время суток приходится более 69 % от всех погибших пешеходов.

Ввиду нарастающей статистики ДТП на пешеходных переходах в национальные стандарты<sup>8</sup> введено требование дополнительного специального освещения безопасности. С помощью специальных светильников в зоне переходов повышается уровень освещенности, обеспечивающий высокую различимость, видимость и контраст пешехода на освещенном фоне улицы. С помощью светильников, размещенных в зоне пешеходного перехода, повышается вертикальная освещенность, формирующая световой коридор для пешеходов (рис. 8).



Рис. 8. Специальное освещение пешеходных переходов

Для большей безопасности нерегулируемые переходы целесообразно оборудовать специальными светильниками, свет которых отличается по цветности от общего уличного освещения для создания эффекта дополнительного сигнального действия за счет цветового контраста, например, использование светильников холодно-белого света, резко контрастирующего с тепло-белым светом ОУ НО. Для водителей видимость и различимость наибольшая, когда пешеходы предстают в качестве светлых объектов на темном фоне (положительный контраст). Соответственно, светильник должен быть расположен между водителем и пешеходом так, чтобы направление светового потока совпадало с направлением движения автомобиля. Светильники необходимо располагать на высоте от 50 до 100 % стандартной опоры НО. Средняя вертикальная освещенность на переходах, обеспечивающая положительный контраст на фоне дороги при нормированном уровне освещенности, должна составлять 40 лк в направлении движения над осью перехода. Нижний предел

<sup>7</sup> СП 52.13330.2016, п. 7.5.2.

<sup>8</sup> ГОСТ Р 55844–2013, ГОСТ 32944–2014.



освещенности – 5 лк во всех точках дополнительно освещаемой зоны. Максимум освещенности должен приходиться на пешехода, находящегося в середине перехода. Чтобы избежать ослепления водителей встречного направления, яркость светильников в их сторону необходимо ограничить или экранировать. Комплекс перечисленных требований предполагает использование специальных светильников с характерной кривой силы света (КСС) (рис. 9).

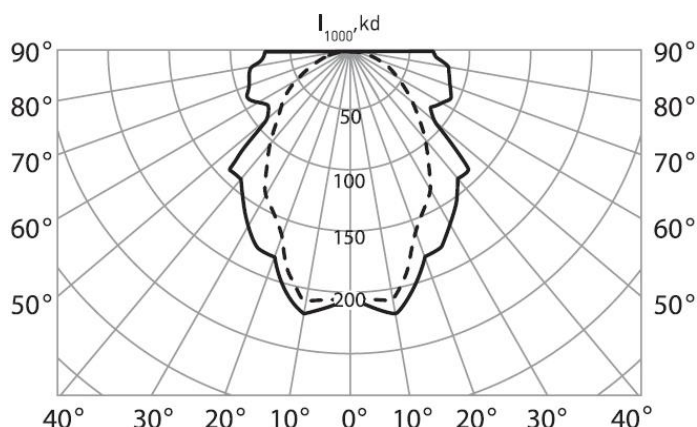


Рис. 9. Характерная КСС специальных светильников для пешеходных переходов

Несмотря на понимание, что проезжая часть – место повышенной опасности, горожанам требуются новые, порой неожиданные способы донесения информации о дорожных угрозах с учетом реалий времени. Например, размещение сигнальной системы «светофор под ногами» [22] в начале пешеходного перехода (рис. 10, а). Апробация такой системы в Москве, Альметьевске, Грозном получила положительный отклик как со стороны жителей, так и со стороны местных властей, отмечающих снижение количества опасных дорожных ситуаций. В Москве первый «светофор под ногами» был установлен в 2015 г. [22].

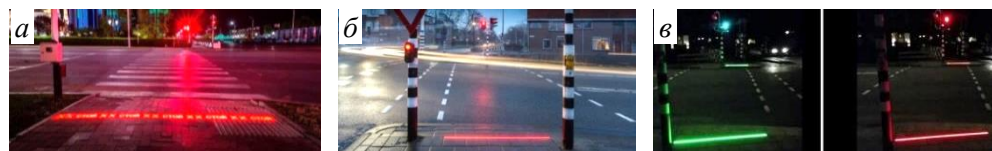


Рис. 10. Система «светофор под ногами» (а); +Lightlines (б, в)

В различных частях мира с 2018 г. используется (г. Бодегравен, Нидерланды) или тестируется (г. Аугсбург, Германия; г. Сидней, Австралия) аналог системы «светофор под ногами» – система +Lightlines (светящиеся линии) в качестве последнего предупреждения перед пешеходным переходом через дорогу [23]. На полотне дороги непосредственно перед переходом отображается яркая, светодиодная световая полоса зеленого или красного цвета, в зависимости от сигнала пешеходного светофора (рис. 10, б, в).

Приведенные примеры освещения велодорожек и пешеходных переходов демонстрируют инновационные технологии и подтверждают, что сегодня в авангарде стоят интеллектуальные системы освещения, предоставляющие комплекс преимуществ в области информативности, гибкости управления, энергосбережения, снижения затрат на обслуживание и реализации экологически безопасных решений. Интеллектуальное освещение – будущее наружного освещения [24].

### **Освещение пешеходных путей и пространств**

*Пешеходные пространства* – тротуары, площади, скверы, дворы и прочие территории города, предназначенные для передвижения пешком, для отдыха и т. д. Комфортные пешеходные пространства создают возможность для общения, здорового образа жизни, обеспечивают безопасность горожан, способствуют развитию бизнеса и формируют общественную среду.

Свет в городском пространстве обеспечивает безопасность и комфорт, решает эстетические, дизайнерские задачи, выступает средством художественной интерпретации городской среды. Красиво освещенные пешеходные зоны города привлекают больше людей, способствуя развитию коммерческой инфраструктуры. В отечественной (Москва, Санкт-Петербург) и мировой практике формирование комфортной, психологически благоприятной, безопасной световой среды является приоритетным направлением развития наружного освещения городов.

В 60–70-х гг. XX в. развитие автомобильного транспорта, захватившего обширные участки городского пространства, привело к осложнению пешеходных коммуникаций и сказалось на качестве и количестве пешеходных и ландшафтно-рекреационных пространств. В 70–80-е гг. XX в. постепенно возрождаются пешеходные пути, старые плотно застроенные кварталы превращаются в пешеходные улицы. В планировочных решениях городов меняются приоритеты, территории благоустраиваются, преимущества отдаются пешеходам, город будущего должен быть комфортен для пешехода. Основная общемировая тенденция развития современных городов – трансформация городской планировки в пользу пешеходов. Ниже приведен краткий обзор показательных примеров преобразований городских пространств в пользу пешеходов из мировой и отечественной практики [25].

Улица Ноордвал (Гаага, Нидерланды) – ранее пустующее пространство преобразовали в очередной канал, а саму улицу сделали удобной для пешеходов (рис. 11, а).

Клайд-Уоррен-парк (Даллас, Техас) (США, 2012 г.) возник в результате трансформации пространства: над шоссе Вудэлла Роджерса создана новая зелёная зона, появились городской и детский парки, ботанический сад, павильоны, читальный зал, рестораны, фонтан, сцена в центре парка, беговые дорожки и игровые зоны (рис. 11, б).

Пласа-де-ла-Энкарнасьон (Севилья, Испания) – площадь для пешеходного движения, украшенная самой большой деревянной конструкцией в мире – Metropol Parasol (2011 г.). Территория площади насыщена объектами торговли и культуры (рис. 12, а).

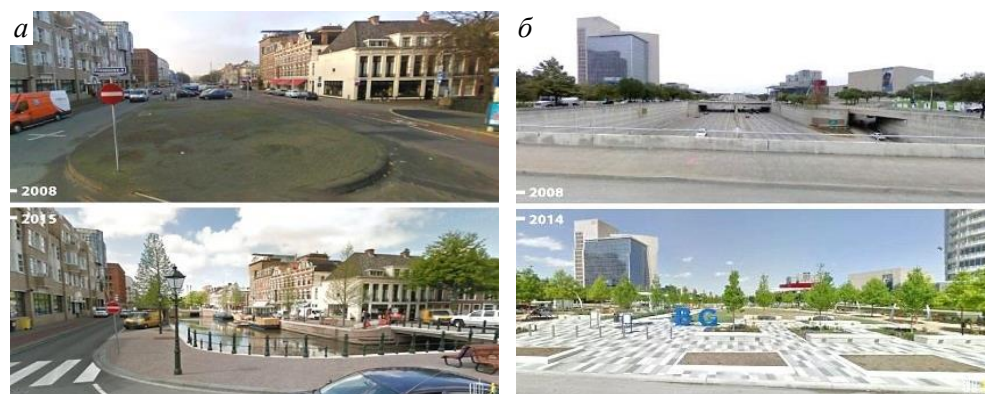


Рис. 11. Улица Ноордвал, Гаага, Нидерланды (а); Клайд-Уоррен-парк, Даллас, Техас (б)

Амстердамштраат (Антверпен, Бельгия) – улица, которую освободили от автомобилей, вместо парковок сделали велодорожку, установили соответствующие знаки и по центру расположили зеленую зону (рис. 12, б).

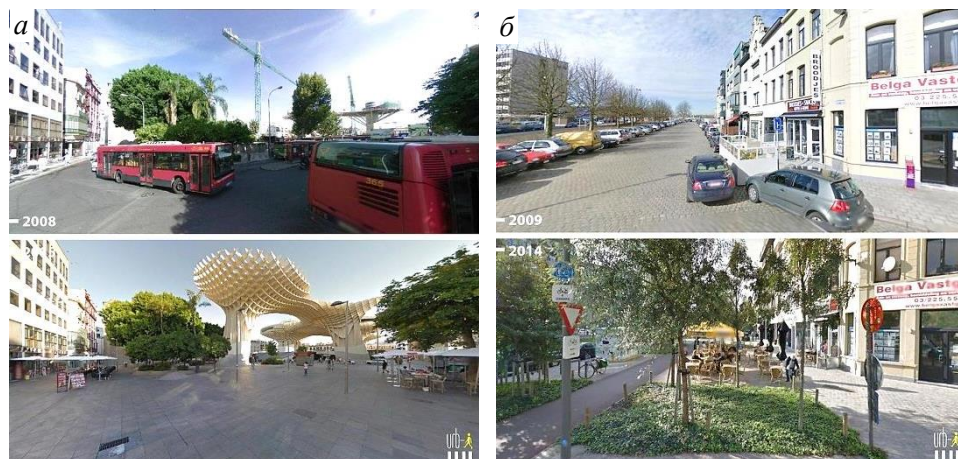


Рис. 12. Пласа-де-ла-Энкарнасьон, Севилья, Испания (а); Амстердамштраат, Антверпен, Бельгия (б)

Улица Арбат в Москве (Россия) превращена в пешеходную улицу, общественное пространство. Оживление пешеходного движения стимулировало быстрое развитие коммерческой инфраструктуры, насыщение улицы деловыми центрами, объектами торговли, культуры, развлечений (рис. 13).

Пешеходные улицы предъявляют высокие требования к качеству световой среды, визуальному и психологическому комфорту, эстетике осветительных систем. С позиций видеоэкологии любое нарушение гармонии в визуально воспринимаемой световой среде вызывает дискомфорт. В пешеходных зонах нормируется горизонтальная и полугоризонтальная освещенность, обеспечивающая видимость и распознавание лиц прохожих, четкое различение препятствий и возможность обзора и оценки ситуационной обстановки в окружающем

пространстве. Основные объекты пешеходных пространств классифицируются и нормируются в соответствии с СП 52.13330.2016, п. 7.5.4.



Рис. 13. Арбат, Москва:  
а – день; б – вечер

С позиций психологического благополучия в пешеходных зонах необычайно важен свет с высоким качеством цветопередачи. Цветовой контраст белого света позволяет улучшить видимость. Белый свет рекомендован для зон, в которых прохожие часто пользуются периферическим зрением. Светодиодное освещение для пешеходных зон обеспечивает в полной мере достижение световой среды высокого качества и является предпочтительным. Распространенный повсеместно свет с желтым оттенком натриевых ламп, создающих однородную монохромную световую среду, с позиций психологии и видео-экологии признан неблагоприятным, отрицательно действующим на человека, его психику, провоцирует правонарушения.

Особая роль в организации пешеходных зон принадлежит дизайну осветительных опор и светильников, несущих на себе функции благоустройства, формирующих перспективу и эстетику пешеходных пространств. Форма и стиль осветительных опор и непосредственно светильников должны соответствовать архитектурно-планировочным и дизайнерским решениям, статусу территории, например классические массивные чугунные фонари на Арбате (рис. 13), воплощающие историческое наследие улицы. Подобная стилистика ОУ подходит в основном для центральных улиц с обилием исторических зданий и других объектов (рис. 14).



Рис. 14. Классические чугунные фонари



Для освещения современных пешеходных улиц в основном применяются ОУ лаконичного дизайна (рис. 15, а). При организации освещения широких или разделенных зелеными насаждениями пешеходных путей применяются торшерные опоры с двумя или более разнонаправленными светильниками (рис. 15, б, в); прилегающих к проезжей части тротуаров – опоры освещения с разнонаправленными и различными по высоте светильниками (один – для дороги, другой – для пешеходной зоны) (см. рис. 1, в). В ряде случаев, когда невозможно или нежелательно применять опоры освещения, используются подвесные светильники на тросах (рис. 15, г), настенные (рис. 15, д), светильники, встроенные в грунт, брусчатку или асфальт (рис. 15, е).



Рис. 15. Устройства для освещения пешеходных улиц

При освещении пешеходных зон с развлекательной инфраструктурой все чаще применяются более смелые, интересные и художественные подходы (рис. 16).



Рис. 16. Современные осветительные установки

В развитии и урбанизации современных городов освещению отводится важная роль в гуманизации общественных пространств. Забота об экологии среды, психологическом комфорте, возможности взаимодействия с городом и другими людьми мотивирует человека на саморазвитие его гуманистических, интеллектуальных и нравственных качеств [26], воздействует на мировоззрение и нравственные ценности людей [27].

Ниже приведены примеры, отражающие некоторые основные тенденции в развитии НО общественных пространств.

В г. Лионе (Франция) реализован проект, который соединил в себе свет, искусство и природу [26]. На улице l'Annonciade была создана уютная атмосфера гостеприимного интерьера (рис. 17), в котором каждый горожанин чувствует себя желанным посетителем.



Рис. 17. Улица l'Annonciade, Лион, Франция

В г. Тулузе (Франция, 2009 г.) применена технология, позволяющая уличным фонарям улавливать человеческое тепло и реагировать на него. Светильники удваивали освещенность, реагируя на приближающегося пешехода, а спустя 10 с освещение возвращалось в исходное состояние [28]. Помимо экономии электроэнергии, данная технология борется со световым загрязнением и превращает пешеходов в активных участников жизни города.

В г. Роттердаме (Нидерланды) создана социальная световая скульптура (проект Broken Light) (рис. 18), кардинально изменившая атмосферу и отношение жителей к улице Atjehstraat, которая до этого имела репутацию небезопасного места [26].



Рис. 18. Проект Broken Light, Роттердам, Нидерланды

Широкую известность приобрел проект Marling (автор U. Naque) (рис. 19), реализованный в Эйндховене (Нидерланды) в 2012 г. Данный перформанс визуализировал живые голоса жителей и создавал видимые образы городской коллаборации при помощи проецирования. Помимо зрелищного эффекта проект решал социальную задачу нахождения новых способов взаимных коммуникаций и участия людей в преобразовании окружающей среды [Там же].



Рис. 19. Проект Marling, Эйндховен, Нидерланды

В г. Тайбэе (Тайвань, Китай, 2015 г.) создана инсталляция Treasure Hill, предполагающая активное взаимодействие: жители выступают одновременно участниками, авторами и зрителями уникального светового шоу, управляя цветом и направлением световых потоков с помощью специального программного обеспечения. На сегодняшний день в мировой практике активно развиваются формы интерактивных световых событий [26].

#### **Освещение ландшафтно-рекреационных зон**

Уровень комфортности пешеходной среды во многом зависит от степени интеграции и качества публичных пространств и ландшафтно-рекреационных территорий. Городские парки, скверы, бульвары, аллеи и набережные – рукотворные зеленые оазисы городских пространств превращаются в благоустроенные и активные общественные пространства с обширным комплексом функций. Здесь в безопасной, эстетически благоприятной и функционально приспособленной среде горожане с удовольствием отдыхают, занимаются спортом, общаются в дневное и вечернее время. Искусственное освещение становится организующим фактором для таких территорий, элементом благоустройства и общественной безопасности. Большое значение как эстетическая составляющая приобретает декоративное освещение, предусматривающее различные приемы архитектурного освещения малых архитектурных форм и ландшафтных объектов, декоративных эффектов уникальных световых сценариев в зависимости от времени года и суток.

В качестве примера удачного решения средового дизайна можно привести проект «умного» освещения парка «Покровский» в г. Хотьково, Московская область (2016 г., Philips Lighting), предусматривающий декоративное освещение всех тематических зон парка. Проект реализован на базе современных светодиодных светильников с системой управления различными световыми сценариями (рис. 20).

Уникальный пример решения средового дизайна – парк Победы на Центральной набережной в Волгограде, традиционное и излюбленное место отдыха горожан и гостей города. Проведена полная реконструкция и модернизация си-



стем освещения парка (2009 г.), и реализована концепция освещения по новой технологии Urban Scene (преображение), когда привычные городские объекты выступают декорациями, а свет основным «актером». Освещение парка имеет три режима работы: повседневный, вечерний и праздничный. В повседневном режиме осуществляется функциональное освещение аллей парка и подсветка крон деревьев, в вечернем – подсвечиваются только деревья, а в праздничном режиме функциональное освещение выключается, и парк расцвечивается декоративной геометрией света. Впервые на территории России в парке использованы гобо-проекторы, позволяющие при смене гобо-трафарета менять сценарии и световые декорации (рис. 21).



Рис. 20. Освещение парка «Покровский», г. Хотьково, Московская область



Рис. 21. Освещение парка Победы, г. Волгоград

### Комплексная искусственная световая среда города

Современные достижения в области светотехники, средств и технологий управления НО и световой архитектуры открывают перспективы формирования единой комфортной световой среды в пространстве города. Такая концепция НО провозглашена Международной организацией по освещению LUCI, объединяющей мэрии 50 крупных городов мира. Членами LUCI являются крупнейшие светотехнические компании, с ней сотрудничает Профессиональная ассоциация световых дизайнеров (PLDA) (Professional Lighting Design Association). Москва является пока единственным представителем России в составе этой организации.

В России координацию развития городского освещения и распространения передового зарубежного и российского опыта осуществляет некоммерческое партнерство «Росгорсвет», организованное в 2004 г. Партнерством сформулированы основные принципы организации современного освещения городов [29].

На современном этапе «световой урбанизм» на градостроительном уровне представляет собой масштабную работу света в пределах целого горо-

да, в частности создание его светового генплана, световых каркасов [30]. Световой генеральный план города – раздел комплексного благоустройства территории, обобщающая схема светопланировочной структуры. Например, в Англии, Нидерландах, Франции, Скандинавских странах даже малые города имеют единую концепцию освещения. Яркий пример – французский г. Лион, один из самых интересно освещённых городов в Европе.

Для городов России создание подобной концепции, согласующей между собой все действующие виды освещения, включая архитектурно-художественное, при соблюдении требований энергетической эффективности является насущной проблемой [29]. Показательным примером практического решения задач светового благоустройства города в целом может быть признана концепция НО Москвы. В ее основу положен принцип гармоничного использования всех средств освещения для повышения уровня комфорта и безопасности световой среды города, улучшения его архитектурно-художественных качеств в вечерне-ночное время.

К примеру, в архитектурном освещении центральной части Москвы световым генпланом предусматривается преимущественное использование белого света, чтобы господствовала характерная для исторического центра полихромия архитектуры, а на периферии с преобладающей монотонно-серой застройкой должна доминировать полихромия разноспектрального света на фасадах объектов и в ландшафте пешеходных пространств. Для памятников архитектуры, сосредоточенных преимущественно в центре города, в системах архитектурного освещения рекомендуется широкое использование заливающего света, а в современной застройке и в пешеходно-рекреационных зонах на периферии – применение более современных по характеру приемов локального и встроенного освещения, светящихся фасадов, «световой графики» и «световой живописи».

Примером комплексного подхода к организации общей системы НО является световое благоустройство г. Астаны. В генеральном плане среди прочих аспектов свет включен в план развития города на уровне общегородской концепции [31]. При разработке градостроительного проекта единой световой среды Астаны ставилась стратегическая цель: изменение практики обособленного проектирования наружного утилитарного, архитектурного, ландшафтного, декоративного освещения и исключение образования дисгармоничных световых пространств. В 2018 г. принята концепция световой среды города, согласно которой в столице Казахстана должна быть создана система интеллектуального освещения, предусматривающего использование энергосберегающих технологий с возможностью реализации цветоцветовой динамики в городском пространстве за счет регулирования цветности излучения в системе RGB.

Создание единой концепции светового дизайна с учетом всех аспектов городского освещения, гармоничное использование всех взаимодействующих средств освещения позволит создать безопасную, визуально и психологически комфортную, гармоничную и благоприятную для пребывания человека вечерне-ночную среду города, усовершенствовать ее образность.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лейзерова А.В. Устойчивость «каркаса» и «ткани» исторических кварталов на примере г. Екатеринбурга // Современное строительство и архитектура. 2016. № 4. С. 10–17.
2. Щетков Н.И. Формирование световой среды вечернего города : автореф. дис. ... докт. архитектуры. М., 2004. 68 с.
3. Овчаров А.Т., Шабалин Е.В. Эволюция наружного освещения г. Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 1. С.104–127.
4. Щетков Н.И. Световой дизайн города. М. : Архитектура-С, 2006. 320 с.
5. Сизый С.Н. Современное состояние и перспективы развития светодизайна // Светотехника. 2018. № 3. С. 72–78.
6. Овчаров А.Т. Светодиодная светотехника в наружном освещении г. Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 1. С. 55–67.
7. Chintan Shah // Twilight. Условия доступа : <https://www.tvilight.com>
8. Световая система освещения в Щецине. 2019. Условия доступа : <http://www.lighting.philips.ru/cases/cases/road-and-street/szczecin-city>
9. Philips Lighting совместно с «АйТи Энергофинанс» представили комплексное решение для «умного города» в России. 2018. Условия доступа : <https://www.signify.com/ru-ru/about/news/press-release-archive/2018/20180404-philips-lighting-together-with-it-energy-finance-presented-a-comprehensive-solution-for-smart-city-in-russia>
10. Tarkka-Salin M., Juntunen E., Juntunen J. Piloting Intelligent Lighting and User-Oriented Services in Complex Smart City Environments // Proc. of eCAADe. 2016. P. 669–680.
11. Луусула А., Пухладжаними Х., Юнтунен Е. Проект SenCity: оценка восприятия интеллектуального освещения жителями «умных» городов // Светотехника. 2018. № 2. С. 22–27.
12. Антонов Р., Концева Н. Франкфурт задает тенденции развития // Современная светотехника. 2018. № 2 (52). С. 2–4.
13. Эволюция света: от лампы накаливания к smart-освещению. 2018. Условия доступа : <https://www.forbes.ru/article/361483-evolyuciya-sveta-ot-lampy-nakalivaniya-k-smart-osveshcheniyu>
14. Первая в России устойчивая сеть передачи данных с помощью света запущена в Университете ИТМО / под ред. Н. Блиникова. 2017. Условия доступа : <http://news.ifmo.ru/ru/science/photonics/news/6805/>
15. Philips Lighting introduces LiFi: broadband data through light. 2018. Условия доступа : <https://www.signify.com/global/our-company/news/press-release-archive/2018/20180316-philips-lighting-introduces-lifi-broadband-data-through-light>
16. Lawrence D., Franka Andy, Hongb Victor, Douglas Ngoa. Causal evaluation of urban greenway retrofit: A longitudinal study on physical activity and sedentary behavior // Preventive Medicine. 2019. № 123. P. 109–116.
17. Организация велосипедного движения в городе. 2018. Условия доступа : <http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=127>
18. Булатов Р.И. Экология. Социум. Экономика. Екатеринбург : Ридеро, 2015. 190 с.
19. Велодорожки – история появления, разновидности, знак. 2018. Условия доступа : <http://veloinsider.ru/veloturizm/velodorozhki-istoriya-poyavleniya-raznovidnosti-znak.html#istoriya-poyavleniya>
20. Маслухин Н. Как сделать велодорожки «умнее» и светлее. 2017. Условия доступа : <http://gosvopros.ru/territory/khozyaystvo/bicycle-track-glow/>
21. Smart Track // Институт урбанистики «Айра». 2018. Условия доступа : <https://www.aira.ru/produktsiya/smart-proekty/smart-track/>
22. Светофор под ногами // Институт урбанистики «Айра». 2018. Условия доступа : <https://aira.ru/produktsiya/smart-proekty/svetofor-pod-nogami/>
23. Светодиодное освещение пешеходных переходов. 2015. Условия доступа : <https://lednews.lighting/topic/103-светодиодное-освещение-пешеходных-переходов/>
24. Саназ Бозорг Ченани, Рами-Самули Ряснен, Эйно Тетри. Состояние и перспективы развития дорожного освещения // Светотехника. 2018. № 1. С. 15–22.
25. Варламов И. До и после: 41 трансформация общественных пространств. 2015. Условия доступа : <https://varlamov.ru/1459444.html>

26. Лекус Е.Ю. Гуманизация общественных пространств в ночном городе // Светотехника. 2018. № 6. С. 17–23.
27. Быстрынцева Н.В., Лекус Е.И., Матвеев Н.В. Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики // Светотехника. 2015. № 4. С. 65–66.
28. Burke J. Lights down as heat sensitive lampposts come to the streets of Toulouse // The Guardian. 2009.
29. Федорищев А.Ю. Концептуальные вопросы развития наружного освещения городов // Энергосбережение. 2008. № 4. С. 4–10.
30. Быстрынцева Н.В. Комплексный подход в создании световой среды вечернего города : автореф. дис. ... канд. архитектуры. М., 2015. 27 с.
31. Назаров Ю.В., Корнилова А.А., Тюрин С.М. Световое оформление города как художественная интерпретация архитектурной основы (на примере Астаны) // Светотехника. 2018. № 3. С. 17–23.

## REFERENCES

1. Leizerova A.V. Ustoichivost' «karkasa» i «tkani» istoricheskikh kvartalov na primere g. Ekaterinburga [Stability of “frame” and “texture” of historical quarters in Ekaterinburg]. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura*. 2016. No. 4. Pp. 10–17. (rus)
2. Shchepetkov N.I. Formirovanie svetovoi sredy vechernego goroda: avtoref. dis. dokt. arkh. [Formation of light environment of the evening city. DSc Abstract]. Moscow. 2004. 68 p. (rus)
3. Ovcharov A.T., Shabalin E.V. Evolyutsiya naruzhnogo osveshcheniya g. Tomsk [Outdoor lighting development in Tomsk]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2018. No. 1. Pp. 104–127. (rus)
4. Shchepetkov N.I. Svetovoi dizain goroda [City lighting design]. Moscow: Arkhitektura-S, 2006. 320 p. (rus)
5. Sizyi S.N. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya svetodizaina [Current state and prospects of lighting design development]. *Svetotekhnika*. 2018. No. 3. Pp. 72–78. (rus)
6. Ovcharov A.T. Svetodiodnaya svetotekhnika v naruzhnom osveshchenii g. Tomsk [Light-emitting diode street lightning in tomsk]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. No. 1. Pp. 55–67. (rus)
7. Sait Twilight [Twilight company website]. Available: [www.twilight.com](http://www.twilight.com) (accessed February 3, 2019).
8. Svetovaya sistema osveshcheniya v Shetsine [Lighting system in Shetsin]. Available: [www.lighting.philips.ru/cases/cases/road-and-street/szczecin-city](http://www.lighting.philips.ru/cases/cases/road-and-street/szczecin-city) (accessed March 3, 2019). (rus)
9. Philips Lighting sovmestno s 'AiTi Energofinans' predstavili kompleksnoe reshenie dlya «umnogo goroda» v Rossii [Philips Lighting in collaboration with IT Energy Finance presented a comprehensive solution for a smart city in Russia]. Available: [www.signify.com/ru-ru/about/news/press-release-archive/2018/20180404-philips-lighting-together-with-it-energy-finance-presented-a-comprehensive-solution-for-smart-city-in-russia](http://www.signify.com/ru-ru/about/news/press-release-archive/2018/20180404-philips-lighting-together-with-it-energy-finance-presented-a-comprehensive-solution-for-smart-city-in-russia) (accessed March 3, 2019). (rus)
10. Tarkka-Salin M., Juntunen E., Juntunen J. Piloting intelligent lighting and user-oriented services in complex smart city environments. *Proc. of eCAADe*. 2016. V. 1. Pp. 669–680.
11. Luusula A., Pikhladzhaniemi Kh., Yuntunen E. Proekt SenCity: otsenka vospriyatiya intellektual'nogo osveshcheniya zhitelyami «umnykh» gorodov [SenCity project: assessment of intelligent lighting perception by residents of smart cities]. *Svetotekhnika*. 2018. No. 2. Pp. 22–27. (rus)
12. Antonov R., Koptseva N. Frankfurt zadaet tendentsii razvitiya [Frankfurt sets trends]. *Sovremennaya svetotekhnika*. 2018. No. 2. Pp. 2–4. (rus)
13. Evolyutsiya sveta: ot lampy nakalivaniya k smart-osveshcheniyu [Light evolution from incandescent bulbs to smart lighting]. Available: [www.forbes.ru/article/361483-evolyutsiya-sveta-ot-lampy-nakalivaniya-k-smart-osveshcheniyu](http://www.forbes.ru/article/361483-evolyutsiya-sveta-ot-lampy-nakalivaniya-k-smart-osveshcheniyu) (accessed February 5, 2019). (rus)
14. Pervaya v Rossii ustoichivaya set' peredachi dannykh s pomoshch'yu sveta zapushchena v Universitete ITMO [Russia's first sustainable data transmission network using light launched at ITMO University. Available: <http://news.ifmo.ru/ru/science/photonics/news/6805/> (accessed March 7, 2019). (rus)
15. Philips Lighting introduces LiFi: broadband data through light. Available: [www.signify.com/global/our-company/news/press-release-archive/2018/20180316-philips-lighting-introduces-lifi-broadband-data-through-ligh](http://www.signify.com/global/our-company/news/press-release-archive/2018/20180316-philips-lighting-introduces-lifi-broadband-data-through-ligh) (accessed March 7, 2019).

16. Lawrence D., Franka A., Hongb V., Douglas Ngoa Causal evaluation of urban greenway retrofit: a longitudinal study on physical activity and sedentary behavior. *Preventive Medicine*. 2019. No. 123. Pp. 109–116.
17. *Organizatsiya velosipednogo dvizheniya v gorode* [Organization of cycling in a city]. Available: [www.energsovet.ru/entech.php?idd=127](http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=127) (accessed March 20, 2019). (rus)
18. Bulatov R.I. *Ekologiya. Sotsium. Ekonomika* [Ecology. Society. Economy]. Ekaterinburg: Ridero, 2015. 190 p. (rus)
19. *Velodorozhki – istoriya poyavleniya, raznovidnosti, znak* [Cycle paths as history of appearance, species, sign]. Available: <http://veloinsider.ru/veloturizm/velodorozhki-istoriya-poyavleniya-raznovidnosti-znak.html#istoriya-poyavleniya> (accessed March 19, 2019). (rus)
20. *Kak sdelat' velodorozhki «umnee» i svetlee* [How to make bike lanes smarter and lighter]. Available: <http://gosvopros.ru/territory/khozyaystvo/bicycle-track-glow/> (accessed March 20, 2019). (rus)
21. *Smart track*. Available: [www.aira.ru/produktsiya/smart-proekty/smart-track/](http://www.aira.ru/produktsiya/smart-proekty/smart-track/) (accessed January 5, 2019). (rus)
22. *Sветофор под nogami* [Traffic light under your feet]. Available: <https://aira.ru/produktsiya/smart-proekty/sветофор-pod-nogami/> (accessed January 8, 2019) (rus)
23. *Svetodiodnoe osveshchenie peshekhodnykh perekhodov* [LED lighting for pedestrian crossings]. Available: <https://lednews.lighting/topic/103-светодиодное-освещение-пешеходных-переходов/> (accessed January 8, 2019). (rus)
24. Chenani S.-B., Rami-Samuli Ryasyanen R.-S., Tetri E. Sostoyanie i perspektivy razvitiya dorozhnogo osveshcheniya [State and prospects of development of road lighting]. *Svetotekhnika*. 2018. No. 1. Pp. 15–22. (rus)
25. *Do i posle: 41 transformatsiya obshchestvennykh prostranstv* [Before and after: 41 transformation of public spaces]. Available: <https://varlamov.ru/1459444.html> (accessed March 1, 2019). (rus)
26. Lekus E.Yu. Gumanizatsiya obshchestvennykh prostranstv v nochnom gorode [Humanization of public spaces in night city]. *Svetotekhnika*. 2018. No. 6. Pp. 17–23. (rus)
27. Bystryantseva N.V., Lekus E.I., Matveev N.V. Shkola otechestvennogo svetodizaina: strategii i taktiki [School of domestic lighting design: strategy and tactics]. *Svetotekhnika*. 2015. No. 4. Pp. 65–66. (rus)
28. Burke J. Lights down as heat sensitive lampposts come to the streets of Toulouse. *The Guardian*. 2009.
29. Fedorishchev A.Yu. Kontseptual'nye voprosy razvitiya naruzhnogo osveshcheniya gorodov [Conceptual issues of outdoor lighting development in cities]. *Energoberezhenie*. 2008. No. 4. Pp. 4–10. (rus)
30. Bystryantseva N.V. Kompleksnyi podkhod v sozdanii svetovoi sredy vechernego goroda: avtoref. dis. kand. arkh. [Integrated approach to creating the light environment in evening city. PhD Abstract]. Moscow, 2015. 27 p. (rus)
31. Nazarov Yu.V., Kornilova A.A., Tyurin S.M. Svetovoe oformlenie goroda kak khudozhestvennaya interpretatsiya arkhitekturnoi osnovy (na primere Astany) [Lighting design of city as artistic interpretation of architectural basis (the Astana case studies)]. *Svetotekhnika*. 2018. No. 3. Pp. 17–23. (rus)

#### Сведения об авторах

Овчаров Александр Тимофеевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, oat\_08@mail.ru

Костарева Анна Сергеевна, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kostareva00@gmail.com

#### Authors Details

Aleksandr T. Ovcharov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, oat\_08@mail.ru

Anna S. Kostareva, Undergraduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kostareva00@gmail.com