

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

DOI 10.15593/2409-5125/2017.01.07
УДК 332.1

С.В. Жуковский¹, А.А. Сурков², А.В. Кычкин²

¹Бюро Экосевен,

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет

АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Представлен обзор актуальных аспектов устойчивого развития высокотехнологичной городской среды – интеллектуального города SmartCity. В качестве основных рассматриваются подходы, направленные на мониторинг потребностей населения, повышение эффективности использования ресурсов, снижение воздействия на окружающую среду, организацию доступной городской инфраструктуры, ориентацию на устойчивое развитие в будущем. Данные подходы, проецируемые на организационные и технологические решения, в том числе переход на «зеленые стандарты» в строительстве; BIM-анализ при проектировании и строительстве; энергомониторинг и энергомоделирование зданий, сооружений и инженерной инфраструктуры, возобновляемую энергетику, способствуют системному развитию мегаполисов и их устойчивому развитию. Проведен обзор наиболее популярных систем сертификации экологического строительства – BREEAM, LEED и DGNB. SmartCity требует обеспечения высокой доступности экологических и энергоэффективных зданий для широкого числа жителей, проектируемых с учетом ведущих мировых стандартов. Проектирование и строительство таких зданий должно учитывать особенности территории и традиций города, эффективно использовать территории, максимально полно обеспечивать благоприятность окружающей среды и условий жизни населения, необходим учет климатических данных на участке застройки. Важным фактором является рациональное применение энергосберегающих решений, способствующих утилизации отходящих тепловых потоков, снижению тепловых потерь через ограждающие конструкции, оптимизации водопотребления, использованию энергии солнца в системах отопления, пассивному охлаждению. Необходим масштабный мониторинг параметров зданий, инженерных систем и окружающей среды с целью последующей оптимизации режимов работы энергообеспечивающего оборудования и других потребителей.

Ключевые слова: зеленые технологии, умный город, энергомониторинг, энергомоделирование, информационная модель здания, возобновляемая энергетика.

Жуковский С.В., Сурков А.А., Кычкин А.В. Аспекты устойчивого развития высокотехнологичной городской среды // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 1. – С. 80–92. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.07

Zhukovsky S., Surkov A., Kychkin A. Topical aspects of sustainable development of high-tech urban environment. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 1. Pp. 80-92. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.07

Введение. Устойчивое развитие высокотехнологичной городской среды представляет собой актуальную научно-практическую проблему, на решение которой должно быть направлено все внимание администрации, жителей, институтов развития, инженерных служб, инфраструктурных компаний и операторов с целью повышения качества жизни и эффективности взаимодействия с окружающей средой. Практика последних двух десятилетий показывает становление концепции устойчивого развития урбанизированных территорий [1].

За прошедшие несколько лет было предложено множество направлений развития городской среды. Например, концепция «Город для людей, а не люди для города», согласно которой современный город обладает интеллектом и представляет собой сервис для создания качественно нового уровня жизни граждан, при этом основная ценность такого города – это человеческий капитал и устойчивое развитие.

Современные мегаполисы ориентируются на то, чтобы быть интеллектуальными, построенными в соответствии с развитой законодательной базой, лучшими мировыми практиками и обеспечивающими высокие показатели качества жизни населения [2]. Концепция SmartCity подразумевает постоянный мониторинг потребностей, пожеланий и особенностей своих клиентов – жителей, гостей, инвесторов, бизнеса.

«Устойчивое развитие» высокотехнологичной городской среды SmartCity охватывает пять составляющих:

1. Мониторинг потребностей населения, включающий в себя контроль безопасного питьевого водоснабжения, учет обеспеченности жильем, доступности качественных услуг в области здравоохранения и образования и др.
2. Повышение эффективности использования ресурсов. На основе развития инженерной инфраструктуры в таких областях, как потребление воды, газа, тепловой и электрической энергии, утилизация бытовых и промышленных отходов, использование возобновляемых источников энергии, интеллектуального освещения, активно-адаптивных энергетических сетей и др. [3–5].
3. Снижение воздействия на окружающую среду за счет ограничения выбросов загрязняющих веществ, а также мониторинг и утилизация тепловой энергии [6].
4. Организация доступной городской инфраструктуры, обеспечивающей равный доступ жителей к зонам зеленых насаждений, услугам общественного транспорта и качественному, рационально построенному жилью.
5. Ориентация на устойчивое развитие в будущем, оснащение экологически чистых рабочих мест, инвестиции в защиту окружающей среды.

В своих исследованиях мы хотим выделить ключевую составляющую устойчивого развития города SmartCity – интеграция технологий повышения энергоэффективности и предотвращения изменений климата, что соответствует стратегии международных организаций ISO, UNIDO и направлению «Альтернативная энергетика» рабочей группы ПНИПУ [7–9].

Организация устойчивого развития высокотехнологичной городской среды на основе «зеленых» стандартов. В мировом масштабе города производят более 70 % объемов выбросов «парниковых» газов в атмосферу. Именно города являются главными объектами деятельности по противодействию изменения климата и обеспечению устойчивого развития городской среды. Кроме того, как правило, порядка 60–80 % суммарного энергопотребления страны прямо или опосредованно приходится на города. Следовательно, вопросы планирования застройки, мониторинга объектов городов и управления ими определяют параметры устойчивости их функционирования, качество жизни и источники доходов жителей.

Инструментами для управления данной составляющей могут стать:

- 1) переход на «зеленые стандарты» в строительстве;
- 2) применение BIM-анализа при проектировании и строительстве;
- 3) проведение энергомониторинга и энергомоделирования зданий, сооружений и инженерной инфраструктуры [10, 11];
- 4) использование возобновляемых источников энергии [12–15].

Каждый из этих инструментов вносит значительный вклад в создание комфортной городской среды SmartCity с благоприятной для проживания окружающей средой и движения города по пути устойчивого развития. При этом каждый житель будет понимать, как формируется тариф на те или иные услуги ЖКХ, сколько он потребляет энергии, тепла и других ресурсов, какой будет эффект при внедрении альтернативных источников энергии и какие именно источники энергии следует использовать в данном конкретном случае.

Термин «экологическое строительство» появился в 70–80-х гг. XX в., он предполагает возведение и эксплуатацию зданий с минимальным негативным воздействием на окружающую среду. Возникновению данного направления способствовало накопление экологических проблем в городах, а также продвижение стратегии энергоресурсосбережения, оптимального управления ресурсами, затрачиваемыми на строительство зданий. Для перехода от традиционного строительства к «зеленому» были разработаны «зеленые» стандарты, основанные на принципах устойчивого развития: безопасные и благоприятные условия для жизнедеятельности людей, приемлемый уровень воздействия на окружающую среду и учет широкого чис-

ла интересов. Разработка и внедрение стандартов «зеленого» строительства способствует расширению сфер бизнеса, высокотехнологичного производства, инноваций и информационно-телекоммуникационных технологий, улучшает состояние окружающей среды.

Наиболее популярны три системы сертификации экологического строительства – BREEAM, LEED и DGNB. Сегодня этим международным стандартам соответствуют сертифицированные проекты более чем в ста странах мира. BREEAM имеет 556 638 выданных и 2 260 029 зарегистрированных сертификатов в мире, только 60 выдано в России для новых и существующих зданий. Сопоставимое число проектов проходят регистрацию или рассматривают возможность сертификации. LEED имеет 99 902 сертификата в мире [16]. Рассмотрим структуру стандартов более подробно.

Стандарт BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) разработан в 1990 г. компанией BRE Global (Великобритания). Стандарт BREEAM поддерживает основные отраслевые решения крупнейших представителей строительной промышленности в рамках UKGBC – Совета по устойчивому развитию. В зависимости от специализации сертифицируемых зданий и сооружений выделяют несколько видов стандарта BREEAM (рис. 1):

- BREEAM New Construction,
- BREEAM International New Construction,
- BREEAM In-Use,
- BREEAM Refurbishment,
- BREEAM Communities [17].

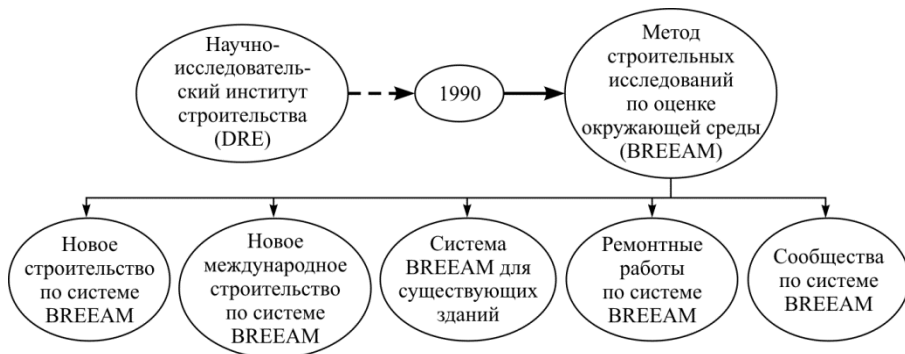


Рис. 1. Классификация стандарта BREEAM

Сегодня BREEAM интерпретируется как международная рейтинговая система оценки зданий и сооружений, общее число зарегистрированных для оценки проектов превышает 1 млн.

Сертификация зданий по BREEAM позволяет решить следующие задачи:

- минимизация негативного влияния зданий на окружающую среду при их строительстве и эксплуатации;
- улучшение эксплуатационных характеристик зданий, в том числе за счет высокого качества современных средств управления, непрерывного мониторинга и оптимизации работы всех систем;
- повышение доходности строительного проекта за счет повышения арендной платы и снижения издержек при его эксплуатации;
- продвижение на рынок философии «зеленых» зданий и привлечение общественного внимания.

В стандарте BREEAM разработана методика присуждения баллов по нескольким разделам, касающимся различных аспектов безопасности жизнедеятельности. На рис. 2 представлена диаграмма, демонстрирующая процентное соотношение баллов, присужденных разделам.

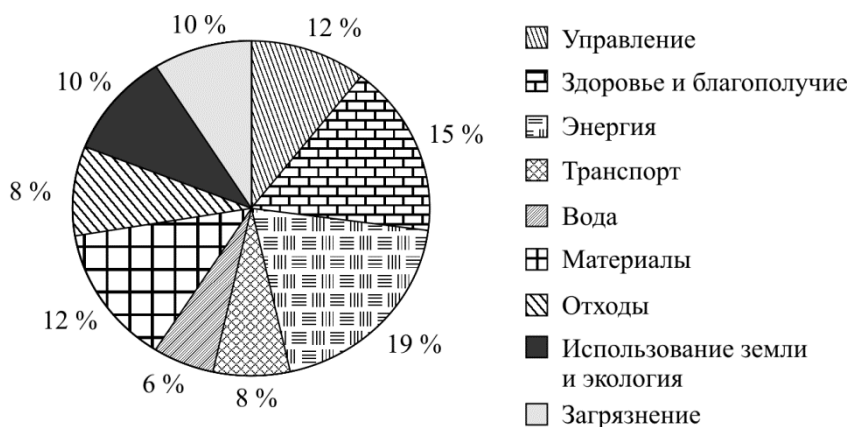


Рис. 2. Распределение баллов в рейтинговой системе BREEAM [18]

Анализ и оценка «экологичности» здания осуществляется в два этапа:

- 1) стадия проектирования – получение промежуточного сертификата;
- 2) послестроительная стадия – выдается окончательный сертификат BREEAM.

Исходя из количества набранных баллов зданию присваивается определенный рейтинговый уровень:

Уровень	Количество набранных баллов, %
Сертифицируемый	≥ 30
Хороший	≥ 45
Очень хороший	≥ 55
Отличный	≥ 70
Выдающийся	≥ 85

Английская система сертификации отличается гибкостью, объективна и приспособлена к местным нормам и практикам строительства. BREEAM сосредоточен на использовании возобновляемой энергии, местоположении и утилизации отслуживших свой срок элементов здания, однако уклон в энергетике незначительный. Большое внимание в экостандарте уделяется сокращению выбросов парниковых газов, использованию возобновляемых источников энергии, восстановлению нарушенных, экологически неблагоприятных территорий, комфорту и микроклимату внутри объекта, безопасности жизнедеятельности.

Преимущества сертификации по стандартам BREEAM для инвесторов, застройщиков и проектировщиков:

1. Создание образа компании, строящей объекты с минимальным воздействием на окружающую среду.
2. Гарантия, что здание строилось по технологиям в соответствии с принципами устойчивого развития территорий.
3. Непрерывный поиск инновационных решений и инструментов, оказывающих приемлемый уровень воздействия на окружающую среду.
4. Прозрачные и ясные критерии оценки.
5. Эффективный механизм повышения качества жилой среды, снижения потребления ресурсов.

Стандарт LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design – «Руководство в энергоэффективном и экологическом проектировании»). Разработан Американским советом по экологическому строительству (USGBC). Система LEED в большей степени оценивает энергоэффективность зданий, чем BREEAM. LEED отличается от других систем негибкой структурой и жестко регламентирует применение американских стандартов систем сертификации и материалов, не учитывая местные особенности и нормативные документы.

Стандарт LEED имеет главной целью – эффективное использование существующих источников энергии, соответствие здания требованиям стандарта энергоэффективности потребительских товаров Energy Star является главным условием для получения сертификата.

Сегодня примерно 278,7 млн м² застроенных площадей были спроектированы по системе LEED.

Первая редакция LEED была опубликована в 1998 г., неоднократно актуализировалась, чтобы учитывать при ранжировании новые «зеленые технологии», используемые в строительстве.

В настоящий момент последней и действующей версий LEED является стандарт LEED v4, включающий в себя девять категорий:

- 1) интегрированный процесс,
- 2) расположение и транспорт,
- 3) экологическое землепользование,
- 4) водозффективность,
- 5) энергия и атмосфера,
- 6) материалы и ресурсы,
- 7) качество внутреннего воздуха,
- 8) инновации,
- 9) региональный приоритет.

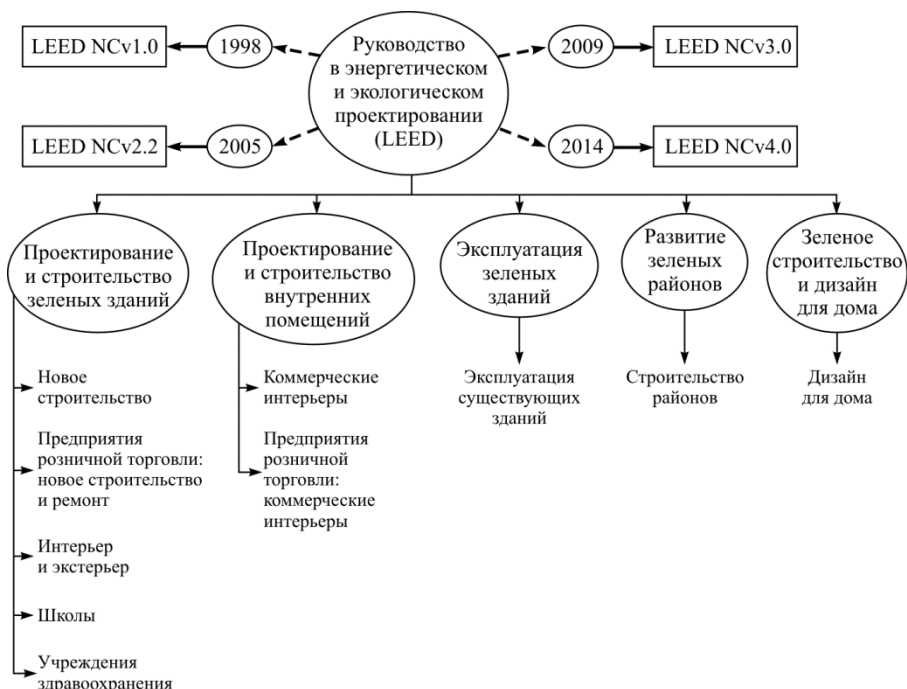


Рис. 3. Стандарт LEED

Каждая из обозначенных категорий содержит разное количество требований, которые должны быть выполнены для того, чтобы достичь даже самый низкий уровень рейтинговой системы. LEED в отличие от BREEAM предусматривает четыре уровня сертификации, каждый из которых присваивается исходя из суммы баллов, набранных проектом, претендующим на получение сертификата [19]:

Уровень	Количество набранных баллов, %
Certified (дипломированный)	40–49
Silver (серебряный)	50–59
Gold (золотой)	60–79
Platinum (платиновый)	≥ 80

Существует перечень обязательных требований системы LEED (табл. 1), предъявляемых ко всем проектам. В случае невыполнения хотя бы одного из них проект теряет возможность получения «зеленого» сертификата.

Таблица 1

Обязательные требования системы LEED

№ п/п	Требование LEED	Пояснение
1	Снижение загрязнения от строительной деятельности	Реализуется на ранних этапах строительства. Для объектов, изначально не планировавшихся к LEED, получение сертификата практически невозможно
2	Снижение водопотребления	Критерий устанавливает жесткие требования по использованию энергосберегающей сантехники
3	Ввод в эксплуатацию в здании систем энергосбережения	Реализуется на ранних этапах проектирования. Для объектов, изначально не планировавшихся к LEED, получение сертификата практически невозможно
4	Минимальные требования к энергоэффективности	Критерий предполагает соответствие требованиям американского стандарта энергоэффективности зданий (ASHRAE), содержащие жесткие нормы в отношении оборудования в системах ОВК, теплопроводности ограждающих конструкций, герметичности здания и систем
5	Управление кондиционированием	Критерий предъявляет требования по использованию фреонсодержащих хладагентов
6	Сбор и хранение вторичных ресурсов	Критерий предписывает организацию раздельного сбора отходов, обеспечение места для хранения вторсырья
7	Качество микроклимата	Критерий нормирует уровни воздухообмена в здании
8	Запрет на курение	—

Процедура сертификации по LEED происходит в несколько этапов:

1. Этап проектирования предполагает построение энергетической модели здания (энергомоделирование).

2. Этап строительства.

3. Этап эксплуатации – в течение десяти месяцев осуществляется непрерывный мониторинг здания, в том числе потребление различных ресурсов.

Стандарт DGNB. Международная система сертификации зеленых зданий DGNB была разработана и зарегистрирована в 2007 г. в Германии. Этот стандарт активно развивается и не уступает ведущим международным системам сертификации экологического строительства.

Принципиальным отличием системы сертификации DGNB от рейтинговых систем LEED и BREAAM является обязательное требование экономической эффективности. Специальный критерий LCC (Life Cycle Cost)

оценивает стоимость жизненного цикла здания, интегрирует затраты на строительство и эксплуатацию (в том числе энергетические издержки и затраты экологического ущерба) на протяжении всего срока службы объекта.

Экостандарт DGNB оценивает качество процессов и структур в здании (качество проекта, период строительства, эксплуатации, утилизации). В отличие от BREEAM и LEED менее акцентировано внимание на природоохранных требованиях и расположении здания. Данная система сконцентрирована на всем жизненном цикле здания, при этом требуется тщательная проработка проектной документации объекта [20].

При оценке зданий по DGNB анализу подвергаются следующие группы:

- экологические качественные параметры объекта (влияние на окружающую среду, использование ресурсов);
- экономические параметры (стоимость жизненного цикла и стабильность ценности объекта);
- социально-культурные параметры (здоровье и комфорт, функциональность и внешний вид объекта);
- технические параметры (эффективность оборудования и пр.);
- качество процессов (качество проектирования, строительства и эксплуатации);
- качество месторасположения (рассматривается отдельно).

Перечисленные аспекты неравномерно влияют на окончательную оценку. Экономические, экологические, социально-культурные и функциональные качества имеют равный вес (22,5 % каждый). Качество процесса обладает весом в 10 %, качество расположения не включено в итоговую оценку, но представлено отдельно [21].

В системе DGNB отсутствуют обязательные критерии для сертификации проекта, а получение сертификата зависит от общей оценки по всем критериям (табл. 2). Очевидно, что DGNB как одна из новейших систем сертификации вобрала в себя опыт других систем, и поэтому на сегодняшний день она является самой строгой.

В настоящее время DGNB, LEED v4 и BREEAM International NC 2016 учитывают критерии оценки жизненного цикла (LCA) и проведение анализа стоимости жизненного цикла (LCC).

Таблица 2

Рейтинги системы DGNB [22]

Общее количество баллов	Номинальное количество баллов	Рейтинг
От 50 %	35 %	Бронза
От 65 %	50 %	Серебро
От 80 %	65 %	Золото

Заключение. В результате проведенного исследования аспектов устойчивого развития высокотехнологичной городской среды выделим ключевые моменты:

1. SmartCity требует обеспечения высокой доступности экологичных и энергоэффективных зданий для широкого числа жителей, проектируемых с учетом ведущих мировых стандартов BREEAM, LEED и DGNB. Проектирование и строительство таких зданий должно учитывать особенности территории и традиции города, не использовать новые земельные ресурсы, эффективно восстанавливать загрязненные или неблагоприятные территории, максимально полно обеспечивать благоприятность окружающей среды и условий жизни населения, необходим учет климатических данных на участке застройки. Наиболее эффективным является повторное использование строительных элементов и материалов.

2. Необходимо рациональное применение энергосберегающих решений, способствующих утилизации отходящих тепловых потоков, снижению тепловых потерь через ограждающие конструкции, оптимизации водопотребления, использованию энергии солнца в системах отопления, пассивному охлаждению и т.д. Необходим масштабный мониторинг параметров зданий, инженерных систем и окружающей среды с целью последующей оптимизации режимов работы энергообеспечивающего оборудования и других потребителей.

3. Под базовым индикатором SmartCity целесообразно рассматривать экологичность, являющуюся отношением объема использования возобновляемой энергетики (энергии солнца, воды, грунта) к объему традиционных источников энергии.

Работа выполнена при поддержке внутривузовского гранта ПНИПУ, соглашение № 2016/ПИ-2 «Разработка методологии мониторинга и утилизации тепловых потоков, как низкопотенциального ресурса предприятия».

Библиографический список

1. McKinsey on Sustainability & Resource Productivity, 2012 // The McKinsey Quarterly. – 2013. – № 27. – URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/5974> (accessed 21 December 2016).
2. Франк Т., Кычкин А.В., Мусихина К.Г. Государственное управление проектами в области энергосбережения как база для эффективного внедрения «лучших практик» // Менеджмент в России и за рубежом. – 2014. – № 3. – С. 98–104.
3. Салихов Т.П., Худаяров М.Б. Энергомониторинг как инструмент повышения энергоэффективности жилых и общественных зданий // Энергосбережение и водоподготовка. – 2015. – № 5 (97). – С. 54–60.
4. Кычкин А.В. Синтез системы удаленного энергетического мониторинга производства // Металлург. – 2015. – № 9. – С. 20–27.
5. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А. Интеллектуальная система комплексного мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии // Промышленная энергетика. – 2014. – № 12. – С. 40–44.

6. Потапенко Е.А., Воробьев Н.Д., Потапенко А.Н. Мониторинг систем отопления в составе автоматизированной системы диспетчерского управления // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2003. – № 5-6. – С. 120–123.
7. ISO 50001:2011. Energy management systems – Requirements with guidance for use/International Organization for Standardization. – Geneva: Switzerland, 2011. – 22 p. – URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=51297 (accessed 22 December 2016).
8. Saygin D.W., Patel M.K., Gielen D.J. Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking. An Energy Policy Tool: Working Paper/Under the guidance of Pradeep Monga, United Nations Industrial Development Organization, Vienna International Centre, Austria, 2010. URL: <http://www.unido.org>. (accessed 22 December 2016).
9. Кычкин А.В., Чудинов А.В. Исследование полунатурной модели локального сегмента активно-адаптивной сети с ветрогенератором // Системы. Методы. Технологии. – 2015. – № 1(25). – С. 107–112.
10. Кычкин А.В. Программно-аппаратное обеспечение сетевого энергоучетного комплекса // Датчики и системы. – 2016. – № 7 (205). – С. 24–32.
11. Кычкин А.В. Долгосрочный энергомониторинг на базе программной платформы OpenJEVis // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1 (9). – С. 5–15.
12. Koutroulis E., Kalaitzakis K. Development of an integrated data acquisition system for renewable energy sources systems monitoring // Renewable Energy. – 2003. – No. 28(1). – P. 139–152.
13. Бутузов В.А. Анализ опыта разработок и эксплуатации гелиоустановок в Краснодарском крае // Энергетическая эффективность. – 2002. – № 34. – С. 17–21.
14. Терещенко А.Е. Альтернативные источники энергии: солнечная энергия // Социосфера: сб. конф. НИЦ. – 2016. – № 35. – С. 22–25.
15. Соломенцев К.Ю., Белый О.Ю., Севостьянова Е.П. Организационно-экономические проблемы и перспективы развития ветроэнергетики в России // Вестник ЮРГТУ. – 2011. – № 2. – С. 104–111.
16. Новости Центра зеленых стандартов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.greenstand.ru/gnews.html> / (дата обращения: 22.12.2016).
17. BREEAM / Что такое BREEAM? [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.breeam.org/> / (дата обращения: 22.12.2016).
18. Система стандартов BREEAM [Электронный ресурс] / Совет по экологическому строительству. – [Б. м.], 2016. – URL: <http://www.rugbc.org/ru/resources/standarty-zelenogo-stroitelstva/breeam.html> / (дата обращения: 22.12.2016).
19. Американский совет по экологическому строительству / LEED [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.usgbc.org/leed/> / (дата обращения: 22.12.2016).
20. DGNB / Система сертификации [Электронный ресурс]. – URL: http://www.dgnb-system.de/en/system/certification_system / (дата обращения: 22.12.2016).
21. Зеленая энциклопедия / DGNB [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenevolution.ru/enc/wiki/3124-2> / (дата обращения: 22.12.2016).
22. Арендатор.ру / Спецпроект Space / Немецкий формат российской экологии [Электронный ресурс]. – URL: <http://space.arendator.ru/actual/135/> / (дата обращения: 22.12.2016).

References

1. McKinsey on Sustainability & Resource Productivity, 2012. *The McKinsey Quarterly*, 2013, no. 27, available at: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/5974> (accessed 22 December 2016).
2. Frank T., Kychkin A.V., Musihina K.G. Gosudarstvennoe upravlenie proektami v oblasti energosberezheniya kak baza dlya effektivnogo vnedreniya «luchshih praktik» [State management of projects in the field of energy conservation as a basis for the effective implementation of "best practices"]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2014, no 3, pp. 98-104.
3. Salihov T.P., Hudayarov M.B. Energomonitring kak instrument povysheniya energoeffektivnosti zhilyh i obshchestvennyh zdaniy [Energomonitring as a tool to improve the energy efficiency of residential and public buildings]. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*, 2015, no. 5 (97), pp. 54-60.
4. Kychkin A. V. Sintez sistemy udalennogo energeticheskogo monitoringa proizvodstva [Synthesis of remote energy monitoring systems of production]. *Metallurgist*, 2015, no. 9, pp. 20-27.

5. Abramovich B.N., Sychev YU.A. Intellektual'naya sistema kompleksnogo monitoringa ispol'zovaniya energoresursov i kontrolya urovnya kachestva elektricheskoy energii v usloviyah raspredelennoj generacii na osnove al'ternativnyh i vozobnovlyаемых istochnikov energii [Intelligent system for comprehensive monitoring of energy use and the level of control of quality of electric energy in a distributed generation based on alternative and renewable energy sources]. *Promyshlennaya energetika*, 2014, no. 12, pp. 40-44.
6. Potapenko E.A., Vorob'ev N.D., Potapenko A.N. Monitoring sistem otopeniya v sostave avtomatizirovannoy sistemy dispetcherskogo upravleniya [Monitoring heating systems as part of the automated dispatch control system]. *Izvestiya VUZov. Problemy energetiki*, 2003, no. 5-6, pp. 120-123.
7. ISO 50001:2011. Energy management systems – Requirements with guidance for use/International Organization for Standardization. Geneva: Switzerland, 2011, 22 p., available at: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=51297 (accessed 22 December 2016).
8. Saygin D.W., Patel M.K., Gielen D.J. Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking. An Energy Policy Tool: Working Paper/Under the guidance of Pradeep Monga, United Nations Industrial Development Organization, Vienna International Centre, Austria, 2010, available at: <http://www.unido.org> (accessed 22 December 2016).
9. Kychkin A.V., CHudinov A.V. Issledovanie polunaturnoj modeli lokal'nogo segmenta aktivno-adaptivnoj seti s vetrogeneratorom [Research HIL local segment model is active-adaptive grid with wind turbine]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2015, no. 1(25), pp. 107-112.
10. Kychkin A.V. Programmno-apparatnoe obespechenie setevogo energouchetnogo kompleksa. [Software and hardware network energouchetnogo complex]. *Datchiki i system*, 2016, no. 7 (205), pp. 24-32.
11. Kychkin A.V. Dolgosrochnyj energomonitoring na baze programmnoj platformy OpenJEVis. [Long-term energy monitoring based software platform OpenJEVis]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika, informacionnye tekhnologii, sistemy upravleniya*, 2014, no. 1 (9), pp. 5-15.
12. Koutroulis E, Kalaitzakis K. Development of an integrated data acquisition system for renewable energy sources systems monitoring. *Renewable Energy*, 2003, no. 28 (1), 139-152 pp.
13. Butuzov V.A. Analiz opyta razrabotok i ekspluatatsii gelioustanovok v Krasnodarskom krae [Analysis of the experience of development and operation of solar power plants in the Krasnodar kray]. *Energeticheskaya effektivnost'*, 2002, no. 34, pp. 17-21.
14. Tereshchenko A.E. Al'ternativnye istochniki energii: solnechnaya energiya [Alternative sources of energy: solar energy]. *Sborniki konferencij NIC Sociosfera*, 2016, no. 35, pp. 22 –25.
15. Solomencev K.YU., Belyj O.YU., Sevost'yanova E.P. Organizacionno-ekonomicheskie problemy i perspektivy razvitiya vetroenergetiki v Rossii [Organizational and economic problems and prospects of development of wind energy in Russia]. *Vestnik YURGTU*, 2011, no. 2, pp. 104-111.
16. Green standards / News / green standards center, available at: <http://www.greenstand.ru/gsnews.html> (accessed 22 December 2016).
17. BREEAM / What is BREEAM, available at: <http://www.breeam.org> (accessed 22 December 2016).
18. BREEAM standards system // www.rugbc.org : sovet po ekologicheskomu stroitel'stvu.[B.m.], 2016, available at: <http://www.rugbc.org/ru/resources/standarty-zelenogo-stroitel'stva/breeam.html> (accessed 22 December 2016).
19. United States Green Building Council / LEED, available at: <http://www.usgbc.org/leed> (accessed 22 December 2016).
20. DGNB / certification system, available at: http://www.dgnb-system.de/en/system/certification_system (accessed 22 December 2016).
21. Green Encyclopedia / DGNB, available at: <http://greenevolution.ru/enc/wiki/3124-2> (accessed 22 December 2016).
22. Arendator.ru / Special Project Space / German format of Russian ecology, available at: <http://space.arendator.ru/actual/135> (accessed 22 December 2016).

Получено 24.01.2017

S. Zhukovsky, A. Surkov, A. Kychkin

TOPICAL ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH URBAN ENVIRONMENT

A review of the topical aspects of sustainable development of high-tech urban environments in the case of SmartCity is presented in the article. The following main aspects are considered: monitoring of urban population demands, increase of resources efficiency, reduction of environmental impact, arrangement of accessible urban infrastructure and focus on sustainable development in the future. These approaches, realized by means of organizational and technological solutions, including transfer to the green standards in construction, BIM-analysis in design and construction, energy monitoring and energy simulation of buildings, facilities and civil engineering infrastructure, renewable energy favor consistent and sustainable development of megalopolises. A survey of the most popular green building certificate systems, such as BREEAM, LEED and DGNB is carried out. SmartCity requires high accessibility of environmentally friendly and energy efficient buildings designed in accordance with the most advanced international standards for the majority of the inhabitants. Such buildings must be designed and constructed with due regard to the territory peculiarities and city traditions, effectively use the territory, assure maximum environmental safety and favorable living conditions; the climatic conditions of the action area should be also taken into consideration. Rational application of energy-efficient solutions enabling utilization of exhaust heat fluxes, reduction of the heat losses through the walling, optimization of water consumption, use of solar energy in heating systems and passive cooling is also considered as an important factor. Large-scale monitoring of the parameters of buildings, engineering systems and the environment is necessary for ensuring further optimization of operating modes of energy supply equipment and other consumers. This work has been performed with the support of PNRPU interuniversity grant under the Agreement 2016/PI-2 "Development of a methodology for monitoring and utilization of the heat flows as low-grade resource of an enterprise".

Keywords: green technologies, smart city, energy monitoring, energy simulation, building information model (BIM), renewable energetics.

Жуковский Сергей Владимирович (Москва, Россия) – канд. экон. наук, директор «Бюро Экоseven», (125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, e-mail: s.zhukovskiy@buroecoseven.ru).

Сурков Александр Анатольевич (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: alex.a.surkov@gmail.com).

Кычкин Алексей Владимирович (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Zhukovsky Sergey (Moscow, Russian Federation) – Director of the "Bureau Ecoseven", Ph.D. (125319, Moscow, Leningradsky Prospect, 64, e-mail: s.zhukovskiy@buroecoseven.ru).

Surkov Alexander (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Protection Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: alex.a.surkov@gmail.com).

Kychkin Aleksey (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).