

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

«УМНОЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО»: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

УДК: 711

DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-6

Спиридонов Владимир Юрьевич

кандидат архитектуры,
советник Российской академии архитектуры и строительных наук;
ведущий архитектор,
Девелоперская компания «Древо».
SPIN-код: 7151-8644
Россия, Самара, e-mail: sv-abyss@mail.ru

Аннотация

Рассматриваются вопросы совершенствования методологических основ градостроительной деятельности в части включения требований «умного» планирования и управления устойчивым развитием территорий. Определяются понятия «умное градостроительство», градоинформационная платформа, «цифровой близнец» территории и «киберфизическая градостроительная система». Приводится краткая характеристика мирового опыта распространения «умных» технологий в сфере градостроительства и показателей их внедрения. Определяются перспективные задачи этого направления, связанные с эволюцией теории и практики градостроительства. Предлагается концепция «умного градостроительства», направленная на обеспечение комфортных, безопасных и благоустроенных условий проживания. Она включает особенности и принципы целеполагания, планирования и реализации устойчивого развития территорий на базе информационно-коммуникационных технологий, теоретическую модель градоинформационной платформы, учитывающую методы ее автоматизации, особенности внедрения, а также характеристики назначения слоев «цифрового близнеца» градостроительного объекта.

Ключевые слова:

«умное градостроительство», градостроительное планирование, управление устойчивым развитием, «цифровой близнец» территории, градоинформационная платформа, «киберфизическая градостроительная система»

SMART URBAN PLANNING: MODERN TECHNOLOGIES FOR ENSURING SUSTAINABLE TERRITORIAL DEVELOPMENT

УДК: 711

DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-6

Spiridonov Vladimir Yu.

PhD. (Architecture),
Adviser to the Russian Academy of Architecture and Civil Engineering
Lead Architect,
«Drevo» Real Estate Development Company.
SPIN-код: 7151-8644
Russia, Samara, e-mail: sv-abyss@mail.ru

Abstract

The paper considers issues in improving the methodological foundations of urban planning based on the requirements of "smart" planning and managing sustainable development of territories. The concepts of "smart urban planning", "urban planning information platform", "digital twin" of a territory and "cyber physical urban development system" are defined. A brief review of the world experience in adopting "smart" technologies for urban development is given. The paper sets out long-term problems associated with theoretical and practical development in the field. Finally, the authors propose the concept of "smart urban planning", aimed at providing comfortable and safe living conditions. It includes fundamental principles of goal-setting, planning and adopting sustainable territorial development using information and communication technologies; and a theoretical model of the urban planning information platform based on automation methods, adaptation conditions, as well as describing the "digital twin" layers of an urban development object.

Keywords:

"smart urban planning", urban planning and managing sustainable development of territories, "digital twin" of a territory, "urban planning information platform", "cyber physical urban development system".

Введение

Инновационный технологический прогресс, модернизация и цифровизация городских и региональных ресурсов и их систем является основой успешного социального и экономического развития, конкурентоспособности и сотрудничества городов-лидеров и регионов. Градостроительство как одна из ведущих сфер планирования и управления городским и региональным пространством должна перейти на модель «умных» технологий, что закреплено нормативно в законодательстве многих развитых и развивающихся стран. Решение этих задач является одним из приоритетов работы Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (UNECE), Organization for International Economic Relations (OIER), Международной организации по стандартизации (ISO) и других международных содружеств и организаций. Реализация международных программ и проектов устойчивого развития «умных» городов и сообществ, «умных» регионов, в том числе проекта «Объединенные «умные» города», подчинено необходимости совершенствования основ теории градостроительства [1]. Эти изменения должны ориентироваться на задачи «умного» планирования и управления развитием территорий с учетом имплементации мировых приоритетов [2], а также требований по формированию комфортной, безопасной и благоустроенной среды для жителей этих городов и регионов [3].

Эволюция теории градостроительства уже несколько десятилетий неразрывно связана с развитием теории систем [4, 5]. Сегодня она опирается на закономерности и принципы целеполагания, планирования и реализации устойчивого развития территориально-пространственных сложных систем [6]. Такие сложные системы характеризуются стохастичностью, в связи с чем все большее значение приобретают исследования и концепты в области прогнозирования их вероятностного развития [7, 8]. В этом контексте информатизация и цифровизация напрямую влияют не только на практику, но и на совершенствование методологических основ современной градостроительной деятельности.

Приобретенный за последнее десятилетие мировой опыт внедрения и использования технологий «умного» планирования и управления развитием территорий позволяет провести анализ его апробации с учетом успешности [9], а также определить перспективы развития теории градостроительства. Такая теория должна базироваться на усовершенствованном терминологическом аппарате, структуре новых принципом и методов, должна использовать инновационные концепции, методики и модели.

Методика проведенного исследования базируется на использовании закономерностей и принципов теории градостроительства и теории систем к формированию «умного градостроительства» в системе планирования и управления развитием территорий, привлекаются некоторые принципы системного, цивилизационного, стратегического подходов, а также методы сравнительного анализа.

Степень изученности проблемы

К настоящему времени накоплено много успешных практик цифровизации городского и регионального пространства, прогрессивных технологий в градостроительстве, а также смежных видах деятельности. Эти практики ориентированы на безопасность, комфортность, экологичность и здоровье населения, идентичность и разнообразие, современность и актуальность среды жизнедеятельности, эффективность управления при активном участии жителей, бизнеса и научного сообщества [10].

В результате проведенного исследования установлено, что внедрение указанных практик направлено на достижение международных показателей «умных» устойчивых городов и регионов, выступающих критериями целеполагания и оценки качества их реализации. Структура таких показателей представлена Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций и Международным союзом электросвязи (UNECE – ITU, 2015) [11]. К шкале оценки «умных» технологий и практик, а также IQ городов и регионов относятся их сертификация по международным стандартам ISO 37120:2014 и 37151:2015 (международный реестр WCCD), признание статуса «SmartCity» включением в перечень Международного клуба устойчивых и умных городов (ISSCC), рейтинги Forbes, PwC, JuniperResearch, EasyPark, IESE и др. [12]. Критерием оценки часто устанавливаются «умные» технологии в градостроительной сфере, как например в IESE Cities in Motion Index, 2019 [13]. Согласно мировым рейтингам, лидерами «умного» развития являются Сингапур (1 место присвоено JuniperResearch), Лондон (Великобритания, 1 место согласно версии IESE), Нью-Йорк (США, 1 место по версии PwC), Барселона (Каталония, Испания, 1 место – Forbes), Копенгаген (Дания, 1 место – EasyPark). В числе «умных» городов также отмечены Осло (Норвегия), Бостон (США), Цюрих (Швейцария), Стокгольм (Швеция), Шанхай (Китай), Амстердам (Нидерланды), Ницца (Франция), Париж (Франция), Рейкьявик (Исландия), Мельбурн (Австралия), Женева (Швейцария), Сан-Франциско (США), Токио (Япония), Вена (Австрия), Берлин (Германия), другие города.

Анализ мировых «смарт-практик» показывает, что успешные модели цифровизации в сфере территориального и пространственного развития городов и регионов ориентированы на внедрение технологий «цифрового близнеца», геоинформационной платформы и создания «киберфизической системы». При этом наиболее прогрессивными цифровыми моделями управления развитием городов сегодня выступают модели городов: Сингапура (VirtualSingapore), Амаравати (Индия), Бостона (США), Ньюкасла (Великобритания), Хельсинки (Финляндия, Хельсинки 3D+), Роттердама (Нидерланды), Ренна (Франция, 3DExperienceCity), Антверпена (Бельгия), Стокгольма (Швеция, OpenCitiesPlanner), Джайпура (Индия) и ряда других городов.

Теме использования цифровых моделей планирования и управления территориально-пространственными ресурсами и системами посвящено большое количество научно-исследовательских работ. Однако вопрос внедрения таких моделей остается открытым и недостаточно изученным. Его отличительной особенностью является индивидуальная уникальность каждой территории как градостроительной системы [14].

Непосредственно концепция цифровой модели города или региона связана с моделированием вероятностного развития территориально-пространственной структуры и ее элементов и апробированием влияния этих изменений на градостроительную систему в кратчайшие сроки без дополнительных рисков, связанных с проведением экспериментов на реальном объекте. При этом цифровая модель может быть направлена, во-первых, на анализ и систематизацию полученных Больших данных, во-вторых, на ситуационное моделирование поведения системы при изменении данных ее подсистем или элементов, в-третьих, на цифровое «умное» моделирование перспективного развития градостроительной системы, ее подсистем и элементов [15].

В связи с уникальностью каждой градостроительной системы и индивидуальностью особенностей управления их развитием на сегодняшний день отсутствует единое понимание терминов «цифровой близнец» города или региона [16–18], геоинформационная (градо-информационная) платформа [19-21], «киберфизическая система» градостроительного пространства [22–24].

Вариант теоретической модели «умного градостроительства»

В рамках проведенного исследования предлагаются следующие агрегированные определения этих терминов с учетом обобщения существующей информации и специфики градостроительной деятельности:

- «цифровой близнец» – это интерактивная цифровая модель градостроительного объекта, внедренная в систему планирования и управления его развитием на базе комплексной аналитической градоинформационной компьютерной платформы;
- «градоинформационная платформа» – AI-платформа управления базами Больших пространственных данных с функциями автоматизированной информационно-аналитической поддержки осуществления полномочий в области имущественной и градостроительной (в том числе социальной и экологической) деятельности;
- «киберфизическая градостроительная система» – это комплексная распределительная система взаимосвязей вычислительных и физических элементов (ресурсов) урбанизированного объекта, которая постоянно получает данные из окружающей среды (посредством InternetofThings, IoT) и использует их для дальнейшей оптимизации процессов градостроительного планирования и управления развитием города или региона.

Теория градостроительства рассматривается как учение о научных и проектно-творческих основах планировки, застройки и архитектуры городов [25]. Раздел теории и практики градостроительства, посвященный вопросам развития методологических положений «киберфизической градостроительной системы», градоинформационной платформы, «цифрового близнеца» города и региона, их взаимосвязей, следует рассматривать как «умное градостроительство».

Авторами предлагается концепция «умного градостроительства». Она включает приоритетные целевые установки, принципы «умного» планирования и управления устойчивым развитием территорий, теоретическую модель градоинформационной платформы.

Целью «умного градостроительства» выступает обеспечение технологического прогресса в градостроительной сфере с учетом: повышения эффективности градостроительного планирования и управления развитием территории, прозрачности управленческих решений; внедрения инновационных технологий реализации комфортной, безопасной и благоустроенной среды жизнедеятельности населения; повышения удовлетворенности жителей архитектурно-художественным качеством городской и сельской среды; внедрения новых механизмов формирования уникального и узнаваемого облика города и региона, его привлекательности; оптимизации расходов на строительство и содержание объектов градостроительной и архитектурной деятельности, оперативного выявления и предупреждения нарушений в градостроительной сфере.

В соответствии с указанной целью основными задачами «умного градостроительства» определяются: повышение эффективности и прозрачности принятия управленческих решений по обеспечению жизнедеятельности и развития градостроительного объекта, его инфраструктур, использования пространственных ресурсов; синхронизация работы различных служб; получение достоверной и целостной информации о развитии градостроительной системы; эффективный учет объектов градостроительной деятельности и оптимизация градостроительных изменений; систематизация исходной информации для градостроительного и архитектурного моделирования; проектирование освоения территорий на основе интеллектуального анализа Больших пространственных данных; улучшение качества разработки документов градостроительного зонирования и градостроительных регламентов; сокращение сроков и упрощение порядка процедур в сфере строительства; 3D и 2D-моделирование и визуализация с учетом существующей архитектурно-планировочной среды; виртуализация планируемых предложений по ревитализации, реорганизации и реновации существующих планировочных элементов; выявление и прогнозирование возникновения ЧС техногенного и природного характера в области

градостроительства; прогнозирование влияния иных факторов на социальное и экологическое состояние жителей и уровень их удовлетворенности качеством городской среды; внедрение и продвижение BIM-технологий в строительстве; снижение сроков и затрат на капитальное строительство за счет цифровизации процессов жизненного цикла объектов; внедрение элементов информационных систем контроля за строительством объектов, в том числе видео- и фотоконтроля, а также эффективных механизмов проверки исполнения застройщиком своих обязательств; организация процесса контролируемого доступа к реестровым данным и обеспечение защиты информации от несанкционированного доступа; обеспечение оперативного предоставления общедоступной информации максимально широкому кругу пользователей в соответствии с законодательством.

Принципами «умного» планирования и управления устойчивым развитием территорий в данном исследовании рассматриваются: «умное градостроительство» для всех жителей; «умные» градостроительные технологии для решения городских и сельских задач; сопричастность, участие жителей в «умном» градостроительном планировании и управлении; «умное» градостроительное развитие городов и регионов совместно с бизнесом и научным сообществом на партнерских взаимовыгодных условиях; цифровые технологии для создания полноценных благоприятных и комфортных условий проживания людей; информирование и визуализация градостроительной политики, направленной на развитие территорий; «умное градостроительство» для оптимизации и гармонизации среды жизнедеятельности людей; искусственный интеллект для решения градостроительных задач; принципы регламентации и принципы контролируемости.

Предлагаемая теоретическая модель градоинформационной платформы включает структуры методов автоматизации, особенностей ее внедрения, а также характеристики назначения слоев «цифрового близнеца» градостроительного объекта.

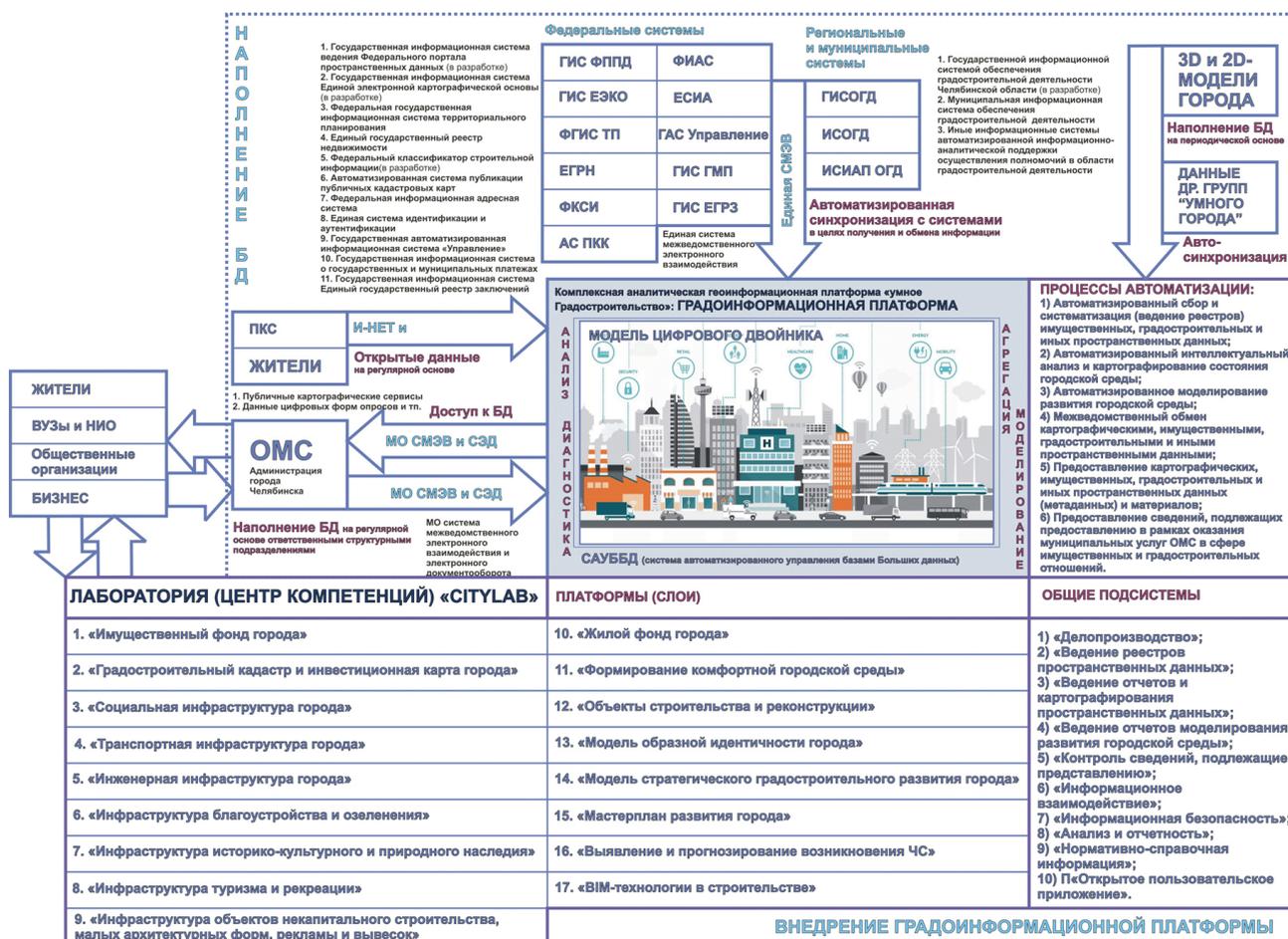
Согласно назначению, объектом автоматизации градоинформационной платформы должны выступать следующие процессы: автоматизированный сбор и систематизация (ведение реестров) имущественных, градостроительных и иных пространственных данных; автоматизированный интеллектуальный анализ и картографирование состояния среды жизнедеятельности с учетом имущественных, градостроительных и иных пространственных данных; автоматизированное моделирование развития городской и сельской среды с учетом анализа и агрегации пространственных данных; межведомственный обмен пространственными данными; предоставление пространственных данных (метаданных) и материалов, а также сведений, подлежащих предоставлению в рамках оказания услуг населению.

Вариант структуры градоинформационной платформы

Внедрение градоинформационной платформы может осуществляться общими подсистемами и слоями «цифрового близнеца» территории (см. рисунок). В рамках данного исследования структура слоев включает: имущественный фонд города или региона; градостроительный кадастр и инвестиционная карта; социальная, транспортная и инженерная инфраструктура; инфраструктура благоустройства и озеленения; историко-культурного и природного наследия; туризма и рекреации; объекты некапитального строительства, малых архитектурных форм, рекламы и вывесок; объекты строительства и реконструкции; слои доступной среды проживания; модели образной идентичности; стратегического градостроительного развития; мастер-план развития градостроительного объекта; градостроительные модели выявления и прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций; BIM-технологии в строительстве.

Приведенные далее характеристики назначения слоев сформулированы с учетом анализа опыта внедрения и использования «умных» технологий в сфере градостроительства, представленного на публичных интернет-ресурсах.

1. Слой «Имущественный фонд» включает адресный и имущественный реестр, техническую информацию об объектах недвижимости; финансовую индексацию имущественного комплекса; площадку моделирования развития структуры имущественного фонда территории.
2. Слой «Градостроительный кадастр и инвестиционная карта» включает реестр перспективных к освоению земельных участков (включая информацию об обеспеченности, в том числе плановой, этих участков инженерной и транспортной инфраструктурой), градостроительный регламент, предложения по градостроительному развитию; площадку моделирования развития инвестиционной структуры территории.
3. Слой «Социальная инфраструктура» охватывает реестр объектов социальной инфраструктуры, включающий картограммы и данные по обеспеченности жителей этими объектами, их загруженности и доступности; площадку моделирования развития каркаса социальной инфраструктуры.
4. Слой «Транспортная инфраструктура» содержит реестр объектов транспортной инфраструктуры, включающий картограммы транспортных потоков, технические и расчетные показатели; площадку моделирования развития транспортного каркаса.
5. Слой «Инженерная инфраструктура» – реестр соответствующих объектов, включающий картограммы и данные по их обеспеченности, загруженности и доступности; данные инвестиционных программ и планов энергоресурсных и энергоснабжающих организаций; площадку моделирования развития каркаса инженерной инфраструктуры.



Пример модели градоинформационной платформы

6. Слой «Инфраструктура благоустройства и озеленения» – реестр таких объектов, площадку моделирования развития зеленого каркаса градостроительной системы с учетом структуры взаимосвязей.
7. Слой «Инфраструктура историко-культурного и природного наследия» – реестр объектов, их охранные и защитные зоны, в том числе объединенных охранных зон объектов культурного наследия, зон регулирования застройки и хозяйственной деятельности, зон охраняемого природного ландшафта, а также иных охранных зон (например, исторически ценных градоформирующих объектов, достопримечательных мест); площадку моделирования комплексной ревитализации исторической среды.
8. Слой «Инфраструктура туризма и рекреации» – реестр объектов имиджевой составляющей города или региона, конгрессно-делового, культурно-развлекательного, событийного, промышленного туризма, объектов рекреации; площадку моделирования территориального развития туристско-рекреационного комплекса.
9. Слой «Инфраструктура объектов некапитального строительства, малых архитектурных форм, рекламы и вывесок» – реестры общегородских объектов этой категории; площадку моделирования схем их размещения.
10. Слой «Доступная среда» – реестр зон и объектов, доступных для маломобильных групп населения; площадку моделирования развития структуры таких зон и объектов.
11. Слой «Объекты строительства и реконструкции» – реестр строящихся и реконструируемых объектов с учетом их технических и архитектурно-художественных характеристик; 3D-визуализацию объектов в окружающей застройке (на базе 3D-карты); площадку информационных систем контроля за строительством объектов (в том числе видео- и фотоконтроля); 3D-виртуализацию рассматриваемых или планируемых к строительству объектов.
12. Слой «Модель образной идентичности» города или региона – реестр уникальных архитектурно-художественных и пространственных элементов и объектов историко-культурного и материального наследия, системы открытых пространств и общественных мест, зон и территорий с повышенными архитектурно-художественными требованиями; 3D-визуализация панорам и перспектив; площадку моделирования формирования уникального и узнаваемого облика города или региона.
13. Слой «Модель стратегического градостроительного развития» – реестр объектов стратегического назначения и объектов жизнеобеспечения, зон партнерских взаимоотношений, социальных и экономических пространственных кластеров; площадку моделирования такого развития.
14. Слой «Мастерплан развития» города или региона – площадка 3D и 2D-моделей развития территории по каждому из перечисленных слоев, ориентированных на население (непрофессионального человека); аналитическая площадка нереализованных градостроительных проектов.

15. Слой «Выявление и прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций» – площадка технических показателей и картограммы экологического состояния урбанизированной и природной среды; площадка прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера в области градостроительства; реестр и картограмма ранее произошедших чрезвычайных ситуаций.
16. Слой «BIM-технологии в строительстве» – площадка внедрения и продвижения BIM-технологий в строительстве.

Заключение

Исследованием установлено, что накопленный опыт внедрения и использования «умных» технологий в сфере пространственного планирования и управления развитием территорий требует пересмотра положений общей теории и практики градостроительства и формирования нового раздела – «умное градостроительство». Он должен включать систему прогрессивного терминологического аппарата, актуальных концепций, теоретических моделей, принципов, методик и методов. Этот раздел градостроительства обязан быть основан на новейших инновационных принципах целеполагания, прогнозирования и реализации устойчивого развития территорий на базе информационно-коммуникационных технологий.

«Умное градостроительство» должно быть направлено на изучение вопросов развития методологических и методических положений «киберфизической градостроительной системы», градоинформационной платформы, «цифрового близнеца» города и региона, а также их взаимосвязей. Эти инновационные направления наиболее перспективны в теории и практике градостроительства и смежных областях знаний.

Представленная в данной работе концепция «умного градостроительства», включающая приоритетные целевые установки, принципы «умного» планирования и управления устойчивым развитием территорий, теоретическую модель градоинформационной платформы, может быть использована в реальном процессе градостроительной и управленческой деятельности устойчивого развития городов и регионов.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Batty, M. Big data, smart cities and city planning / M. Batty // *Dialogues in Human Geography*. – 2013. – Vol. 3. – P. 274-279. DOI: <https://doi.org/10.1177/2043820613513390>
2. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: резолюция ООН: принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года. – A/RES/70/1
3. Anthopoulos, L.G., Vakali, A. Urban Planning and Smart Cities: Interrelations and Reciprocities / L.G. Anthopoulos and A. Vakali // *FIA*. – 2012. – Vol. 7281. – P. 178–189
4. Яргина, З.Н. Основы теории градостроительства / З.Н. Яргина, Я.В. Косицкий, В.В. Владимиров, А.Э. Гутнов, Е.М. Микулина, В.А. Сосновский. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 12-23
5. Перцик, Е.Н. Районная планировка: территориальное планирование / Е.Н. Перцик. – М.: Гардарики, 2006. – С. 62-91
6. Спиридонов, В.Ю. Эволюция концепций архитектурно-планировочного развития систем расселения: автореф. дис. ... канд. архитектуры / В.Ю. Спиридонов. – Екатеринбург: УрГАХА, 2012. – С. 14-20
7. Мазаев, Г.В. Прогнозирование вероятностного развития градостроительных систем / Г.В. Мазаев. – Екатеринбург: Архитектон, 2005. – 112 с.
8. Моисеев, Ю.М. Пороги неопределенности в системе градостроительного планирования: дис. ... канд. архитектуры / Ю.М. Моисеев. – М.: МАРХИ, 2017. – С. 5-43
9. Технологии для умных городов: доклад фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» / Рук. пр. М.С. Липецкая. – СПб. – 110 с.
10. Видясова, Л.А. Концептуализация понятия «умный город»: социотехнический подход / Л.А. Видясова // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2017. – № 11. – С. 52-57
11. Показатели «умных» устойчивых городов: ЕЭК ООН. – МСЭ: ECE/HBP/2015/4. – С. 1-14
12. Спиридонов, В.Ю. Проблемы формирования градостроительства в Челябинске как механизма реализации приоритетного национального проекта "умный город" / В.Ю. Спиридонов // *Архитектура, градостроительство и дизайн: AUD*. – 2019. – № 22. – С. 3–11
13. *Cities in Motion Index: IESE*. – Navarra: Business School University of Navarra, 2019. – 100 p.
14. Колясников, В.А., Спиридонов, В.Ю. Современная теория и практика градостроительства: пространственное развитие расселения / В.А. Колясников, В.Ю. Спиридонов. – Екатеринбург: Архитектон, 2016. – С. 161-170
15. Спиридонов, В.Ю. "Цифровой двойник" города как механизм планирования и управления развитием Челябинска / В.Ю. Спиридонов // *Архитектура, градостроительство и дизайн: AUD*. – 2019. – № 22. – С. 21–28
16. Glaessgen, E., Stargel, D. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles / E. Glaessgen, D. Stargel / *Paper for the 53rd Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference: Special Session on the Digital Twin*. DOI:10.2514/6.2012-1818
17. Tao, F., Suia, F., Liub, A., Qia, Q., Zhanga, M., Songa, B., Guoa, Z., Luc, S.C.-Y., Need, A.Y.C. Digital twin-driven product design framework / F. Tao, F. Suia, A. Liub, Q. Qia, M. Zhanga, B. Songa, Z. Guoa, S.C.-Y. Luc, A.Y.C. Need // *International Journal of Production Research*. – 2019. – Vol. 57. – P. 3935–3953. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>

18. Кокорев, Д.С., Юрин, А.А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Д.С. Кокорев, А.А. Юрин // *Colloquium-journal: Technical science*. – 2019. – № 10. – С. 31-35
19. Guney, C. Rethinking GIS Towards The Vision Of Smart Cities Through CityGML / C. Guney // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. – 2016. – Vol. XLII-2/W1. – P. 121–129. DOI: doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W1-121-2016
20. Kocalar, A.C. Life Cycle Data Analysis for Smart Cities and Support with Geographic Information System: GIS / A.C. Kocalar // *International Journal of Humanities & Social Science Studies: IJHSS*. – 2018. – Vol. V. – P. 72-91. DOI: 10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-285-2017
21. Barcelona City Council Digital Plan: The Open Digitisation Programme from Barcelona City. – Barcelona: Council's Office for Technology and Digital Innovation, 2017. – 38 p.
22. Jabbar1, M.A., Samreen, S., Aluvalu, R., Reddy, K.K. Cyber Physical Systems for Smart Cities Development / M.A. Jabbar1, S. Samreen, R. Aluvalu, K.K. Reddy // *International Journal of Engineering and Technology*. – 2018. – Vol. 7. – P. 36-38. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.6.20229
23. Cassandras, C.G. Smart Cities as Cyber-Physical Social Systems / C.G. Cassandras // *Engineering*. Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company. – 2016. – Vol. 2. – P. 156–158. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.012>
24. Цветков, В.Я. Кибер физические системы / В.Я. Цветков // *Technical sciences. International journal of applied and fundamental research*. – 2017. – Vol. 6. – P. 64-65
25. Смоляр, И.М. Терминологический словарь по градостроительству / И.М. Смоляр. – М.: РО-ХОС, 2004. – С. 31

REFERENCES

1. Batty, M. (2013) Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, Vol. 3. , pp. 274-279.
2. Transformation of our world: Sustainable development agenda till 2030: UN resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. A/RES/70/1
3. Anthopoulos, L.G., Vakali, A. (2012) Urban Planning and Smart Cities: Interrelations and Reciprocities. *FIA*, Vol. 7281, pp. 178–189
4. Yargina, Z.N. et al. (1986) Foundations of City Planning. Moscow: Stroyizdat, pp. 12-23 (in Russian)
5. Pertsik, E.N. (2006) District planning: territorial planning. Moscow: Gardariki, pp. 62-91 (in Russian)
6. Spiridonov, V.Yu. (2012) Evolution of the concepts of architectural planning development of settlement systems. Summary of PhD dissertation (Architecture). Ekaterinburg: UrGAHA, pp. 14-20 (in Russian)
7. Mazaev, G.V. (2005) Forecasting of likely development of town-planning systems. Ekaterinburg: Architecton. (in Russian)
8. Moiseyev, Yu.M. (2017) Thresholds of uncertainty in the system of town planning. PhD diss. (Architecture). Moscow: MARHI, pp. 5-43 (in Russian)
9. Lipetskaya, M.S. et al. (2017) Technologies for smart cities: the report of the foundation «Center of Strategic Developments"North-West"». Saint-Petersburg. (in Russian)
10. Vidyasova, L.A. (2017) Conceptualization of the notion «smart city»: socio-technical approach. *International Journal of Open Information Technologies*, No. 11, pp. 52-57 (in Russian)
11. The UNECE–ITU Smart Sustainable Cities Indicators. ITU: ECE/HBP/2015/4, pp. 1-14
12. Spiridonov, V.Yu. (2019) Issues in city planning evolution in Chelyabinsk as a mechanism of realisation of the priority national project "Smart City". *Architecture, Urban Planning and Design: AUD*, No. 22, pp. 3–11 (in Russian)
13. Cities in Motion Index IESE. (2019) Navarra: Business School University of Navarra, 2019.
14. Kolyasnikov, V.A., Spiridonov, V.Yu. (2016) The modern urban planning theory and practice: spatial development of settlement. Ekaterinburg: Architecton, pp. 161-170 (in Russian)
15. Spiridonov, V.Yu. (2019) "Digital twin" cities as a mechanism of planning and management of development of Chelyabinsk. *Architecture, Urban Planning and Design: AUD*, No. 22, pp. 21–28 (in Russian)
16. Glaessgen, E., Stargel, D. (2012) The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. Paper for the 53rd Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference: Special Session on the Digital Twin. American Institute of Aeronautics and Astronautics.
17. Tao, F., Suia, F., Liub, A., Qia, Q., Zhanga, M., Songa, B., Guoa, Z., Luc, S.C.-Y., Need, A.Y.C. (2019) Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research*, Vol. 57, pp. 3935–3953.
18. Kokorev, D.S., Yurin, A.A. (2019) Digital twins: concept, types and advantages to business. *Colloquium-journal: Technical science*, No. 10, pp. 31-35 (in Russian)
19. Guney, C. (2016) Rethinking GIS Towards The Vision Of Smart Cities Through CityGML. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2/W1, pp. 121–129.
20. Kocalar, A.C. (2018) Life Cycle Data Analysis for Smart Cities and Support with Geographic Information System: GIS. *International Journal of Humanities & Social Science Studies: IJHSS*, Vol. V, pp. 72-91.
21. Barcelona City Council Digital Plan: The Open Digitisation Programme from Barcelona City. (2017) Barcelona: Council's Office for Technology and Digital Innovation.
22. Jabbar, M.A., Samreen, S., Aluvalu, R., Reddy, K.K. (2018) Cyber Physical Systems for Smart Cities Development. *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 7, pp. 36-38.

23. Cassandras, C.G. (2016) Smart Cities as Cyber-Physical Social Systems. Engineering. Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company, Vol. 2, pp. 156–158.
24. Tsvetkov, V.Ya. (2017) Cyber physical systems. Technical sciences. International journal of applied and fundamental research, Vol. 6, pp. 64-65 (in Russian)
25. Smolyar, I.M. (2004) Terminological town-planning dictionary. Moscow: RO-HOS. (in Russian)



Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons "Attribution-ShareAlike" ("Атрибуция - на тех же условиях"). 4.0 Всемирная

Дата поступления: 16.07.2022