



Анализ лучших мировых практик развития 3D-кадастра с использованием цифровых информационных моделей и их имплементации в России

А.М. Тарарин¹, А.С. Сейтвелиева¹✉

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
✉ ainaocenka@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ Тарарин А.М., Сейтвелиева А.С. Анализ лучших мировых практик развития 3D-кадастра с использованием цифровых информационных моделей и их имплементации в России // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69. № 2. С. 108–123. DOI:10.30533/GiA-2025-017.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА 3D-кадастр, информационные модели объектов капитального строительства, международные отраслевые классы IFC, CityGML, IndoorGML и LandInfra/InfraGML

АННОТАЦИЯ В статье рассматриваются технические аспекты формирования трехмерного кадастра путем интеграции информационных моделей объектов капитального строительства (ИМ ОКС). Освещается положительный зарубежный опыт формирования 3D-кадастра с использованием цифровых информационных моделей объектов недвижимости. Приведены особенности ведения отечественного кадастра недвижимости в целях имплементации цифровых информационных моделей объектов недвижимости в российских условиях. Проанализированы основные международные стратегические документы в области кадастра недвижимости. Отмечено значение данных из ИМ ОКС, описаны их основные характеристики. Проанализировано содержание международных открытых стандартов, используемых для управления и обмена геопространственными данными. Уровень развития отечественного программного обеспечения в области технологий информационного моделирования объектов капитального строительства замедляет процессы интеграции информационных моделей в кадастровые информационные системы. Для кадастровой 3D-визуализации рассмотрены способы интеграции в целях создания кадастровых 3D-моделей: прямой или косвенный. При втором подходе сценарий развития отечественного кадастра показан через связывание кадастровой информации как правовой модели с физической моделью с подробным описанием элементов здания для определения трехмерных кадастровых границ, точным созданием трехмерных кадастровых моделей. При утверждении требований к содержанию

ИМ ОКС необходимо рассмотреть возможные пути межведомственного взаимодействия государственных органов в области градостроительства. На этапе утверждения требований к ИМ ОКС рассматривается интероперабельность в свете развития кадастровых систем, поскольку регистрация прав на недвижимость и постановка на кадастровый учет объекта недвижимости являются ключевыми составляющими управления недвижимостью.

1 Введение

Главными целями кадастра со времен его зарождения в Древнем мире были учет и налогообложение земельных участков. Основными показателями для этого в кадастре являются площадь земельных участков и описание их границ на плане. Постепенно в кадастре появлялась информация о строениях, расположенных на земельных участках, затем и о подземных сооружениях, но их описание традиционно проводилось в двухмерном виде. Два тысячелетия кадастр развивался в основном за счет совершенствования приборов и технологий, используемых в кадастровых съемках для получения плоских координат. И лишь в прошлом веке в мире произошли коренные изменения, послужившие предпосылками к созданию трехмерного кадастра недвижимости. С одной стороны, в связи с активной урбанизацией и развитием строительных технологий города начали расти не только вширь, но и ввысь, а также активно стало осваиваться подземное пространство. С другой стороны, век компьютеризации принес новые геоинформационные технологии, которые позволили создавать кадастровые информационные системы и трехмерные модели объектов. Таким образом, с одной стороны, возникли проблемы учета разных объектов недвижимости, расположенных в одной вертикальной плоскости на земле, над землей и под землей, и регистрации прав на них, с другой — появились технологии трехмерного моделирования, которые позволяют наилучшим образом описывать объекты окружающего мира и их взаимное расположение.

Многоуровневая застройка по вертикали вызывает массу споров практически во всем мире. Прежде всего, это связано с ведением достоверного кадастрового учета таких объектов капитального строительства, их корректным отображением в кадастровых информационных системах. В качестве одного из решений данной проблемы рабочей группой 3D Cadastres в составе Международной федерации геодезистов (*фр. Fédération Internationale des Géomètres, FIG, 1998*) была предложена концепция создания 3D-кадастра. Во всем мире было предпринято несколько попыток реализации 3D-кадастров, включая широкий спектр потенциальных решений и важных открытий, касающихся таких областей, как тип данных, моделирование данных, системная архитектура и визуализация [1–3]. В России в свете перехода на технологии информационного моделирования объектов капитального строительства очевидна и перспектива использования цифровых моделей в качестве основы формирования 3D-кадастра.

В условиях цифровой трансформации происходят глобальные изменения строительства и взаимосвязанных с ним отраслей экономики. Разработка эффективных методов и высокотехнологичных решений в строительстве для перехода в цифровую среду является одним из инструментов достижения стратегических целей и национальных задач, определенных указом президента Российской Федерации¹. В рамках Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период

¹ Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1305894187> (дата обращения: 12.08.2024).

до 2030 года с прогнозом до 2035 года² (далее — стратегия) определены пути совершенствования современных цифровых технологий при проектировании и строительстве. Одной из ключевых целей стратегии является создание и полноценное функционирование цифрового строительства, которое, в свою очередь, напрямую связано с геопространственной индустрией. В стратегии отмечена важная роль развития федеральной государственной информационной системы ведения Единого государственного реестра недвижимости (ФГИС ЕГРН) для строительного цикла через процедуры государственной регистрации прав на недвижимость и государственный кадастровый учет объекта капитального строительства. Проблема обусловлена необходимостью реализации ряда перечисленных положений нормативно-правовых актов в отношении обновления кадастра недвижимости.

К 2030 году прогнозируется вовлечение в оборот в целях жилищного строительства земельных участков общей площадью 210 тыс. гектаров. Для этого сфера строительства и сфера управления недвижимым имуществом должны взаимодействовать в едином цифровом пространстве.

Уровень наполненности цифровой среды строительства связан с внедрением технологий информационного моделирования. Информационные системы для органов государственной регистрации, кадастра и картографии имеют тенденцию развития в ключе формирования и ведения информационных моделей объектов капитального строительства (ИМ ОКС) благодаря реализации государственных программ.

В 2019 году на законодательном уровне закреплено понятие ИМ ОКС³. Весьма важно разграничить понятия «информационная модель объекта капитального строительства» и «цифровая информационная модель объекта капитального строительства» в контексте их применения в кадастре недвижимости. Цифровая информационная модель (трехмерная модель) входит в состав ИМ ОКС⁴. Последняя представляет собой объем данных, объединяющих физическую и функциональную информацию об объекте, в том числе в ней содержится цифровая информационная модель. Под информационным моделированием в строительстве следует понимать процесс, при котором на каждом этапе жизненного цикла объекта капитального строительства создается и поддерживается информационная модель, способная предоставлять уточненные сведения об этом объекте на определенный период времени.

Обзор зарубежного опыта кадастрового учета объектов недвижимости в трехмерном виде позволит изучить порядок формирования информационных моделей и возможности их интеграции в кадастровые информационные системы. История возникновения технологии информационного моделирования зданий (*англ.* Building Information Model, BIM) начинается с введения понятия «система описания здания» (*англ.* Building Description Systems) в 1974 году в журнале Американского института архитекторов⁵. Реконструкция аэропорта в Хитроу⁶ производилась на основе проектной документации с использованием технологий информационного моделирования. По итогу такого проектирования

2 Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 г. № 3268-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/352185341?ysclid=m50usyr3ba104184082> (дата обращения: 12.08.2024).

3 Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (ред. от 1 февраля 2024 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040 (дата обращения 12.02.2024).

4 СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573514520?ysclid=lakpqwppqyl12018652> (дата обращения: 07.11.2023).

5 Eastman Ch., Fisher D., Lafue G., et al. An Outline of the Building Description System: Research Report No. 50 / Institute of Physical Planning. Pittsburgh: CMU, 1974. 23 p.

6 Eastman Ch., Teicholz P., Sacks R., et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley, 2018. 688 p.

и строительства была создана база данных о зданиях и строениях. Так появилось первое программное обеспечение для описания отдельных библиотечных элементов. В обновленных версиях вносились изменения, добавлялись функции, вводились новые библиотеки.

Современные технологии информационного моделирования строятся на поиске решений, направленных на формирование достоверных моделей с возможностью обмена между физической и виртуальной (цифровой) средами. При использовании дополнительных форм отображения информации об объекте повышается точность в расчетах объемов работ, что позволяет достоверно определять такие значимые для здания характеристики, как площадь, полезная площадь, строительный объем, этажность (в случае, когда секции здания имеют разную этажность).

Вопросы развития территорий в информационном поле связаны с точностью описания объектов градостроительной деятельности и унификацией используемых систем координат [4], которые приводят к представлению объекта в цифровом объектно-пространственном виде. Цифровой объектно-пространственный вид объекта капитального строительства с привязкой к местности позволяет детально рассматривать элементы многоуровневой застройки (тогда рассмотрения земельного участка в горизонтальной проекции недостаточно, возникает необходимость указания высоты / глубины и их графического отображения). Определение контура здания, его легализованных пределов является еще одной проблемой при постановке на кадастровый учет такого объекта недвижимости [5]. Элементами многоуровневой застройки могут быть здания и сооружения с нависающими конструкциями, надстройками на эксплуатируемой кровле, их двухмерная проекция не способна показать все конструктивные и архитектурные решения. При постановке на кадастровый учет подобных зданий возникают определенные трудности в их корректном отражении в техническом плане⁷, расчет площади здания может быть выполнен с грубой погрешностью⁸. В таком случае целесообразно использовать данные из ИМ ОКС, в том числе цифровую модель (3D-модель). В решении таких задач отечественные авторы рассматривают переход от двухмерного (2D) к трехмерному (3D) кадастру недвижимости [6–8]. В 2010 году в России были предприняты попытки создания и внедрения модели трехмерного кадастра недвижимости⁹, однако на тот период информационное моделирование в строительстве не было закреплено законодательством, эта идея осталась в рамках пилотного проекта.

В прошлом десятилетии в основу зарубежного кадастра в трехмерном виде были заложены 3D-модели объектов недвижимости по категориям пространственных единиц [9]. В вопросах интеграции информационных моделей в кадастровые информационные системы следует обратить внимание на зарубежный опыт. Так, создание функциональной кадастровой системы 3D с использованием информационных моделей зданий рассматривается в ряде работ иностранных авторов [10–13].

7 Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 15 марта 2022 г. № П/0082 «Об установлении формы технического плана, требований к его подготовке и состава содержащихся в нем сведений». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403720102/> (дата обращения: 07.11.2023).

8 Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 октября 2020 г. № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74812016/> (дата обращения: 07.11.2023).

9 Российско-нидерландский проект «Создание модели трехмерного кадастра объектов недвижимости в России» // Вестник Росреестра. 2012. Т. 3. № 13. С. 74–76.

2 Материалы и методы

Динамическое освоение территорий влечет за собой пользование общими природными ресурсами, а организация их рационального использования является первоочередной задачей [14]. Контроль застройки территорий должен осуществляться с применением эффективных технологий. Своевременная постановка на кадастровый учет объектов недвижимости с указанием достоверной информации о них может быть достигнута на основе цифровых моделей объектов капитального строительства.

В настоящее время в России практически отсутствует исчерпывающая информация в отношении использования информационных моделей зданий в смежных областях, поскольку требования к ее содержанию и наполненности находятся на стадии урегулирования на законодательном уровне. В мировой практике применяются методы междисциплинарной интеграции информационных моделей зданий, изучаются 3D-модели зданий в организационном и социальном направлениях с целью удовлетворения требованиям устойчивого развития городских территорий. Качество данных информационных моделей зданий, возможность управления жизненным циклом зданий и формирование достоверной кадастровой экосистемы рассматриваются в ряде стран как единая система.

Переходя к анализу зарубежного опыта использования трехмерных моделей объектов недвижимости, рассмотрим понятие «кадастр», который был определен в Международной федерации геодезистов^{10,11}. В этом контексте кадастры отражают интересы людей в отношении земельного участка, его части, например информацию о владельце земельного участка, геометрические данные (координаты и карты), назначение земель.

В продолжение своих исследований FIG в 2015 году предложила концепцию 3D-кадастров Cadastre 2034 с привязкой ко времени [15]. В табл. 1 выделены пути развития кадастровых информационных систем в соответствии с намеченными планами международных инициатив.

Таблица 1 
Международные стратегии
в области кадастра
недвижимости
Table 1
International strategies in the field
of real estate cadastre

Предпосылки развития кадастровых систем	Международные инициативы	
	Кадастр 2014	Кадастр 2034
Определение кадастровых границ	Двухмерная кадастровая карта	Трехмерная кадастровая карта
Внедрение новых технологий	Цифровой формат вместо бумажного носителя	Трехмерное моделирование, доступ к данным в режиме реального времени
Развитие геоинформационных систем (ГИС)	Появление и внедрение ГИС	Наполнение кадастровых систем дополнительными сведениями
Появление технических моделей (формат)	PDF	CityGML, IndoorGML, BIM/IFC, LandXML
ИМ ОКС	Обсуждение на конференциях	Принятие стандартов
Междисциплинарное взаимодействие	Экономика	Экономика, строительство, информационная безопасность

Периодически представители FIG проводят опрос стран-участниц, связанный с развитием 3D-кадастра. Вопросы затрагивают актуальные темы исследований: регистрацию инфраструктурных сетей в земельном управлении,

10 FIG Statement on the Cadastre. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fig.net/resources/publications/figpub/pub11/FIG%20Statement%20on%20the%20Cadastre.pdf> (дата обращения: 07.11.2023).

11 Kaufmann J. Cadastre 2014: a vision for Future Cadastral Systems. Representative of FIG, Chair Working Group 7.1 FIG. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/presentation/2002-05-kaufmann-granada-cad2014-paper.pdf> (дата обращения: 07.11.2023).

географические координаты, третье измерение в визуализации и регистрации, структуру и функциональные возможности кадастровой базы данных, связь между трехмерными моделями объектов капитального строительства и геоинформационных систем. По предварительным данным, в Швеции продолжается работа по изучению интеграции ИМ ОКС в геоинформационные системы в трехмерном виде, разрабатываются стандарты в данной области. В Нидерландах на законодательном уровне обсуждается статус введения подобной системы, как и в Швеции, разрабатываются технические возможности ее реализации [16]. В указанных странах предусмотрена возможность постановки на кадастровый учет подземных объектов инженерной инфраструктуры и коммуникаций [14].

Для кадастрового учета объектов недвижимости возможно использование достоверных данных из ИМ ОКС, поскольку это позволит снизить риск реестровых ошибок, потерь данных при уточнении сведений о данном объекте и окружающей его инфраструктуре. Для дальнейшего изучения вопроса интеграции ИМ ОКС в кадастровую информационную систему важно рассмотреть ее основные характеристики (табл. 2). Многокомпонентное содержание информационной модели объекта капитального строительства позволяет рассматривать ее в качестве источника для внесения в кадастровую информационную систему.

Таблица 2 ➔

Основные характеристики информационных моделей

Table 2

Main characteristics of information models

Характеристики информационной модели	Описание признаков
Информационная наполненность	Объект недвижимости описывается с учетом наиболее значимых сведений о проектировании, его возведении (реконструкции), эксплуатации, ликвидации (сносе)
Определенность и дискретность содержания	Указываются основные показатели объекта (технико-экономические, физические, функциональные), сложившиеся в определенный период времени
Доступ и хранение информации	Доступ к ИМ ОКС предоставляется без возможности внесения изменений посторонними лицами, т. е. ограниченному кругу лиц, электронный документооборот позволяет идентифицировать лица
Способность трансформации	Вносятся изменения через обновление ИМ ОКС как при проектировании, так и при строительстве и вводе в эксплуатацию. Проектная модель (PIM) преобразуется в эксплуатационную модель (AIM)*
Сведения об интеллектуальной собственности	Могут быть указаны программы и приложения для ЭВМ, новые технологические решения, уникальные архитектурные решения, платформы для хранения базы данных, базы данных и т. д.

* Дифференциация цифровых моделей впервые приведена в британском стандарте PAS-1192-3:2013, далее осуществлена в проекте международного стандарта ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modeling (BIM) — Information management using building information modeling (Part 1: Concepts and principles).

Одним из первых примеров применения информационной модели здания в кадастре явилась регистрация железнодорожной станции в Делфте (Нидерланды) в 3D в 2016 году. В том же 2016 году комплекс жилых зданий в Амстердаме был показан в 3D-кадастре с использованием технологий информационного моделирования [17]. В 2014 году в Швеции при строительстве и вводе в эксплуатацию больницы в Стокгольме было изучено взаимодействие 1) информационной модели зданий (BIM), 2) регистрации и визуализации трехмерной информации о недвижимости [18].

Право собственности может возникнуть в результате раздела прав на недвижимое имущество, объединения, перераспределения и других процессов. 3D-недвижимость — это форма недвижимости, которая регистрируется с соответствующими правами, ограничениями и обязанностями (*англ.* Right, Restriction, and Responsibility, RRR) в национальной системе кадастрового учета [19]. В Швеции разработчик (предприниматель) часто предоставляет 3D-чертежи CAD, содержащие трехмерные границы недвижимости на цифровой индексной карте и в кадастровых делах (записано в 2D). Однако эти рисунки официально не архивируются в национальном реестре недвижимости [20]. В Швеции кадастр

Таблица 3 
Описание форматов
в информационном
моделировании

Table 3
Description of formats
in information modeling

носит гибридный характер, как и в большинстве стран (объекты недвижимости регистрируются с помощью кадастровой 2D-карты и земельной книги).

Вопрос выбора уровня проработки цифровой модели для включения в кадастровые информационные системы, методов определения контуров объектов капитального строительства остается актуальным [21]. На основании вышеизложенного целесообразно рассмотреть технические аспекты формирования трехмерного кадастра. Так, международные открытые стандарты разработаны для эффективного управления и обмена геопространственными данными IFC, CityGML, IndoorGML и LandInfra/InfraGML¹². Описание данных стандартов приведено в табл. 3. Для зданий особое значение имеют геометрические и семантические характеристики, а уровень детализации (*англ.* Level of Detail, LOD) и уровень проработки (LODs) цифровых моделей позволяют уточнять и регулировать объем этих данных [22].

Формат данных	Описание хранения	Функция, последняя версия
IFC (<i>англ.</i> Industry Foundation Classes — отраслевые базовые классы)	Открытый формат и схема данных, представляющие собой международный стандарт обмена данными в информационном моделировании в области гражданского строительства и эксплуатации зданий и сооружений	Класс IFC — категория объектов, объединенных общностью главных признаков согласно принятой классификации IFC. Версия IFC — номер версии спецификации IFC, используемой для обмена данными (например, IFC 2.3.0.0, IFC 4.0.2.1 и т. д.)
MVD (<i>англ.</i> Model View Definition — определение модельного вида)	Подмножество версии формата IFC, используемое для обмена данными в целях конкретного применения или рабочего процесса	IFC2x3 Coordination View 2.0, IFC4 Reference View применим для конкретного рабочего процесса
GML	Открытый формат файла для хранения 3D-моделей, структура описывается в стандарте XML, может интегрировать все формы географической информации, включая не только обычные векторные или дискретные объекты, но и покрытия и данные датчиков	Служит языком моделирования для географических систем. Набор примитивов: «Характеристика», «Геометрия», «Система координат», «Топология», «Время», «Динамическая функция», «Охват», «Единица измерения», «Направления», «Наблюдения», «Правила оформления карты»
CityGML	Открытая стандартизированная модель данных для описания и хранения 3D-моделей городов и ландшафтов с атрибутами для разных масштабов просмотра. Обеспечивает основу для интеграции, хранения трехмерных геопространственных данных и обмена ими	Стандарт концептуальной модели CityGML 3.0 описывает общую семантическую информационную модель для представления трехмерных городских объектов
3D Tiles	Открытая спецификация для потоковой передачи и рендеринга гетерогенных трехмерных наборов геопространственных данных	Передаёт массивный геопространственный 3D-контент, фотограмметрию, 3D-здания, BIM/CAD, создаваемые экземпляры объектов и облака точек
IndoorGML	Открытый формат, который определяет модель открытых данных и XML-схему для пространственной информации внутри помещений	Намеренно фокусируется на моделировании внутренних пространств для целей навигации. IndoorGML — это прикладная схема GML 3.2.1
LandInfra / InfraGML	Концептуальная модель земли и инфраструктуры охватывает объекты наземной и гражданской инженерной инфраструктуры. Первоначальный выпуск этого стандарта предназначен для поддержки всех перечисленных выше объектов, за исключением инфраструктуры	Предполагаемые предметные области включают объекты, проекты, трассы, автомобильные и железнодорожные пути, топографическую съемку, особенности местности, разделение земель и «влажную» инфраструктуру (ливневая канализация, системы водоотведения и распределения воды)
CityJSON	Формат обмена данными для цифровых 3D-моделей городов и ландшафтов. Кодирование CityJSON на основе JSON реализует подмножество модели данных OGC CityGML (версия 3.0) и включает механизм расширения, специфичный для JSON	Для чтения, обработки и создания наборов данных, нацелен на создание инструментов и API, поддерживающих его. Использование JSON вместо GML позволяет сжимать файлы в 6 раз, упрощая структуру файлов
GeoJSON	Открытый формат, предназначенный для географических структур данных. Объектная нотация JavaScript (JSON) набирает популярность для кодирования данных в веб-приложениях. JSON состоит из наборов объектов, описываемых парами «имя — значение» (должны иметь привязку к координатам)	Описывает кодировку GeoJSON и JSON-LD метаданных наблюдения Земли (EO) для наборов данных (гранул). Кодировка GeoJSON определяется как сжатие в нормативном контексте предлагаемой кодировки JSON-LD с некоторыми расширениями

¹² OGC Standards. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ogc.org/standard> (дата обращения: 07.11.2023).

Перечисленные форматы данных в информационном моделировании связывают элементы геодезической съемки в кадастровых информационных системах (3D-кадастр, Smart Cities, Urban Digital Twins, BIM). Обновленная версия CityGML 3.0 может выступать основой для интеграции, хранения трехмерных геопространственных данных и обмена ими. Выбор уровня детализации CityGML 3.0 зависит от полноты данных в цифровой модели:

- LOD0 — высокообобщенная модель (просмотр с большого расстояния);
- LOD1 — блочная модель / объекты выдавливания (на большой высоте, но в масштабе города);
- LOD2 — реалистичная обобщенная модель (с районами и кварталами города);
- LOD3 — высокодетализированная модель (строение, здание, сооружение).

Как уже упоминалось, и BIM/IFC, и CityGML могут представлять и моделировать геометрические и семантические данные. Сопоставим характеристики стандартов в разрезе реализации кадастровых информационных систем.

В табл. 4 представлены краткое сравнение CityGML [23] и IFC [24–26], свойства данных. Основными критериями сравнения являются геометрия, семантика, система координат, а также перспектива использования трехмерных моделей в кадастре недвижимости.

Таблица 4 ➔

Сравнительные характеристики стандартов CityGML и IFC

Table 4

Comparative characteristics for CityGML and IFC standards

Характеристики	Стандарты	
	CityGML	IFC
Разработчик (опубликовано)	GML	Mainly STEP
Архитектура	Диаграмма классов UML	EXPRESS
Атрибуты элементов	gml:id	GUID
Представление	Поверхности	Объемы
Геометрия	Представление	Объемы, развертки
Семантика	Детализация, уровень детализации	Подробная информация, уровень разработки
Система координат	Геодезическая система координат	Декартова система координат
Программное обеспечение	Низкий уровень	Средний уровень
Приложения	3D city modelling	BIM и AEC/FM
3D-кадастр	CityGML-LADM conceptual model, 3D Index MAP	Кадастровая модель на основе BIM/IFC, интегрированная со сведениями о правах. Детализированные строительные элементы для определения границ собственности

В настоящее время интеграция BIM и 3D-ГИС для 3D-кадастра на уровне города возможна при создании единой кадастровой модели на основе BIM, модели в крупном масштабе.

3 Результаты и обсуждение

Анализ зарубежного опыта показывает, что полнота наборов данных в цифровых моделях объектов капитального строительства напрямую зависит от уровня детализации. Основой формирования трехмерного кадастра являются международные открытые стандарты. Для определения уровня развития 3D-кадастра среди стран — участниц Международной федерации геодезистов был проведен опрос о текущем состоянии кадастровых информационных систем

Страна	Количество 2D-недвижимости	Количество 3D-недвижимости	Источник данных для 3D	Платформа визуализации
Швеция	165 130	492	Параметрическое моделирование, BIM, аэрофотосъемка, лидар	Визуализация Unreal engine (версия 4.27) с несколькими наборами данных*
Финляндия	738 000	171 390	Наклонная фотограмметрия, аэрофотосъемка, лидар, облако точек; информационная модель города — 3D-модель CityGML (LOD1–LOD2)	Семантическая 3D-модель города: сетевая модель virtualcitySYSTEMS Cesium: веб-интерфейсы и VR
Нидерланды	9 000 000	2	Аэрофотоснимок LIDAR, BIM-модели и 3D-модели городов, BGT (базовая регистрация крупномасштабной топографии), BAG (базовые адреса регистрации и здания), BOR (базовое общественное пространство регистрации)	virtualcitySYSTEMS, ESRI, IMAGEM и UNITY
Швейцария	4 000 000	1 400 000	Инфраструктура пространственных данных, портал геоданных, BIM-модели и 3D-модели городов	Веб-приложение, геопортал Virtual Zurich

* Geodata / Lantmäteriet. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata> (дата обращения: 07.11.2023).

Таблица 5

Анализ состояния зарубежных кадастровых информационных систем

Table 5

Analysis of the state of foreign cadastral information systems

(на конец 2022 года) и перспективах их развития на 2026 год [16]. В табл. 5 приведен анализ состояния кадастровых информационных систем с точки зрения трехмерного моделирования.

Учитывая современные тенденции развития кадастровых информационных систем в европейских странах, а именно предложения по интеграции информационных моделей объектов капитального строительства в геоинформационные системы, мы приходим к выводу, что прежде всего должны быть изучены технические возможности их использования, определены исходные данные для формирования 3D-модели.

В ряде исследований отмечаются некоторые причины слабого формирования 3D-кадастра в России. В первую очередь при осуществлении кадастровой и градостроительной деятельности необходимо предусмотреть единую геодезическую основу [27], разработать единые требования для формирования 3D-моделей объектов недвижимости для постановки на кадастровый учет [28]. Стоит также отметить и существенные особенности России: большая площадь территории государства по сравнению с другими странами, объемы застройки территорий. В каждом субъекте Российской Федерации предусмотрена местная система координат.

Изучение вопроса применения цифровых информационных моделей в сфере регистрации недвижимости во всем мире является перспективным направлением. В крупных российских городах технологии информационного моделирования применяются как для строительства, так и в рамках реализации программы реновации, соответственно, формируются ИМ ОКС [29]. Они представляют собой пространственную репрезентацию, которую при переводе в открытый стандарт обмена IFC, в свою очередь, можно интегрировать в кадастровые информационные системы.

На сегодняшний день разрабатываются требования к содержанию ИМ ОКС. Уровень развития отечественного программного обеспечения в области технологий информационного моделирования объектов капитального строительства представлен как средний. Для возможности интеграции информационных моделей в государственные информационные системы требуется разработка программных продуктов с беспрепятственной работой с цифровыми информационными моделями при меньших затратах времени и труда [30].

На основании вышеизложенного следует отметить, что в России идет формирование системы упорядоченных стандартов для сферы информационного моделирования в строительстве, на данном этапе возможно использование цифровых информационных моделей в кадастре недвижимости. Рассмотренный

второй подход из зарубежного опыта интеграции цифровых информационных моделей подразумевает разработку единой кадастровой модели на основе BIM, что можно применить для отечественного кадастра недвижимости.

Для кадастровых информационных систем формирование и ведение ИМ ОКС в соответствии с уже установленными требованиями позволят отражать достоверную информацию в цифровом объектно-пространственном виде с более точной привязкой к местности.

4 Выводы

Как показывает опыт ведения трехмерного кадастра в странах Европы, многоуровневую застройку по вертикали представляется возможным отразить в кадастровых информационных системах с применением технологий информационного моделирования. Для постановки на кадастровый учет необходимо выделить наиболее значимые физические параметры объектов недвижимости на основе сформированных и соответствующих требованиям цифровых информационных моделей в электронной форме. Были также показаны технические характеристики информационных моделей для целей интеграции в кадастровые системы в разных странах.

Мировая практика свидетельствует о том, что в процессе интеграции информационной модели объектов недвижимости в ГИС возникает ряд технических проблем: несовместимость форматов, различные системы координат. Необходимо учитывать указанные особенности и для российского кадастра недвижимости с применением трехмерных моделей. Особое внимание важно уделить разработке отечественных программных продуктов в области информационного моделирования, они должны отвечать требованиям к обмену моделями в различных форматах.

Для кадастра недвижимости процесс цифровизации возведения зданий имеет неоспоримую ценность, поскольку современные технологии информационного моделирования строятся на поиске решений, направленных на формирование достоверных моделей с возможностью обмена между физической и виртуальной (цифровой) средами. При совершенствовании требований к содержанию ИМ ОКС, развитии информационных систем обеспечения градостроительной деятельности целесообразно наладить интероперабельность данных и реализовать меры для межсистемного информационного взаимодействия с федеральной государственной информационной системой ведения Единого государственного реестра недвижимости. Анализ лучших мировых практик развития 3D-кадастра показал перспективу развития кадастровых информационных систем с использованием информационных моделей и имеет высокую практическую значимость для внедрения в России.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Романов В.М., Троицкая В.О. Исследование мировой практики вопроса формирования и развития 3D кадастра в INTERNET пространстве с помощью порталных технологий и поисковых систем // Материалы 8-й Региональной научно-практической конференции «Культура управления территорией: экономические и социальные аспекты, кадастр и геоинформатика». Нижний Новгород: ННГАСУ, 2020. С. 50–56.
2. Vandyшева N., Ivanov A., Pakhomov S., et al. Design of the 3D Cadastre Model and Development of the Prototype in the Russian Federation // Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres. Delft, 2011. P. 355–375.
3. Stoter J., van Oosterom P., Ploeger H. The phased 3D cadastre implementation in the Netherlands // Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres. Shenzhen, 2012. P. 201–218.
4. Тарарин А.М., Беляев В.Л. Пространственные данные в градостроительной деятельности // Геодезия и картография. 2020. № 11. С. 29–39. DOI:10.22389/0016-7126-2020-965-11-29-39.

5. Атаманов С.А., Григорьев С.А., Косаруков З.С. и др. Проблема понятия точности в кадастре недвижимости // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67. № 2. С. 65–77. DOI:10.30533/GiA-2023-010.
6. Садакова В.В., Хныкина Т.С. Применение цифровых технологий в сфере регистрации объектов недвижимости: проблемы и ключевые тенденции // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сборник трудов Всероссийской научной и учебно-практической конференции: в 3 ч. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2020. Ч. 3. С. 316–321.
7. Larsson K., Paasch J., Paulsson J. Representation of 3D cadastral boundaries: From analogue to digital // Land Use Policy. 2020. Vol. 98. 104178. DOI:10.1016/j.landusepol.2019.104178.
8. Лисицкий Д.В., Чернов А.В. Теоретические основы трехмерного кадастра объектов недвижимости // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23. № 2. С. 153–170.
9. Thompson R., Oosterom P., Karki S., et al. A Taxonomy of Spatial Units in a Mixed 2D and 3D Cadastral Database // FIG Working Week 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2015_20.pdf (дата обращения: 07.11.2023).
10. Lemmen C., van Oosterom P., Bennett R. The land administration domain model // Land Use Policy. 2015. Vol. 49. P. 535–545. DOI:10.1016/j.landusepol.2015.01.014.
11. Atazadeh B., Rajabifard A., Zhang Y., et al. Querying 3D Cadastral Information from BIM Models // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. Vol. 8. No. 8. P. 329–342. DOI:10.3390/ijgi8080329.
12. Barzegar M., Rajabifard A., Kalantari M., et al. An IFC-based database schema for mapping BIM data into a 3D spatially enabled land administration database // International Journal of Digital Earth. 2021. Vol. 14. No. 6. P. 736–765. DOI:10.1080/17538947.2021.1875062.
13. Paasch J.M., Paulsson J. Trends in 3D cadaster — A literature survey // Land Use Policy. 2023. Vol. 131. No. 8. P. 172–194. DOI:10.1016/j.landusepol.2023.106716.
14. Беляев В.Л., Романов В.М., Снежко И.И. Совершенствование государственного учета и регистрации прав на подземные объекты недвижимости в 3d-кадастре: мировая практика и ситуация в России // Труды научного конгресса 20-го Международного научно-промышленного форума. 2018. № 1. С. 375–378.
15. Oosterom P. van, Stoter J., Ploeger H., et al. Initial Analysis of the Second FIG 3D Cadastres Questionnaire: Status in 2014 and Expectations for 2018 // Proceedings of 4th International Workshop on 3D Cadastres. Dubai, 2014. P. 55–74. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/publications/2014/Second_FIG_3D_Cadastres_Questionnaire.pdf (дата обращения: 18.09.2024).
16. Kalogianni E., Oosterom P. van, Lemmen C., et al. Initial Analysis of the 3D Land Administration: Current Status (2022) and Expectation for the Near Future (2026) — Initial Analysis // FIG Working Week 2023. P. 1–15. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:0bcaa237-1014-4390-a849-904a1d43e28f> (дата обращения: 18.09.2024).
17. Stoter J., Ploeger H., Roes R., et al. Registration of Multi-Level Property Rights in 3D in The Netherlands: Two Cases and Next Steps in Further Implementation // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2017. Vol. 6. 158. DOI:10.3390/ijgi6060158.
18. El-Mekawy M., Paasch J., Paulsson J. The Integration of 3D Cadastre, 3D property formation and BIM in Sweden // Proceedings of the 4th International FIG 3D Cadastre Workshop. Dubai, 2014. P. 17–34. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://fig.net/resources/proceedings/2014/2014_3dcadastre/3Dcad_2014_12.pdf (дата обращения: 18.09.2024).
19. Oosterom van P. Research and development in 3D cadastres // Computers, Environment and Urban Systems. 2013. Vol. 40. P. 1–6. DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2013.01.002.
20. Larsson K., Paasch J., Paulsson J. Representation of 3D cadastral boundaries: From 748 analogue to digital // Land Use Policy. 2020. Vol. 98. 104178. DOI:10.1016/j.landusepol.2019.104178.
21. Чуприн М.С. Уровень проработки модели объекта недвижимости для включения в трехмерный кадастр с учетом правил информационного моделирования в строительстве // Приложение к журналу «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка». Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2020. № 11. С. 165–167.

22. Sun J., Olsson P., Eriksson H., et al. Evaluating the geometric aspects of integrating BIM data into city models // Journal of Spatial Science. 2020. Vol. 65. No. 2. P. 235–255. DOI:10.1080/14498596.2019.1636722.
23. Kutzner T., Kolbe T. CityGML 3.0: Sneak Preview // Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V / T.P. Kersten, E. Gülch, J. Schiewe, et al. (eds.). Munich, 2018. P. 835–839.
24. Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., et al. Applications of 3D City Models: State of the Art Review // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2015. Vol. 4. No. 4. P. 2842–2889. DOI:10.3390/ijgi4042842.
25. Borrmann A., Beetz J., Koch C., et al. Industry Foundation Classes: A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models // Building Information Modeling. 2018. Vol. 2. P. 262–287. DOI:10.1007/978-3-319-92862-3_5.
26. Deng Y., Cheng J., Anumba C. Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison // Automation in Construction. 2016. Vol. 6. P. 1–21. DOI:10.1016/j.autcon.2016.03.006.
27. Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. Современное состояние и проблемы геодезического обеспечения создания и ведения трехмерного кадастра недвижимости // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сборник материалов III Национальной научно-практической конференции (Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г.): в 2 ч. Новосибирск: СГУГиТ, 2020. Ч. 1. С. 136–140. DOI:10.33764/2687-041X-2020-1-136-140.
28. Мирошникова В.В., Чернов А.В., Ершов А.В. Анализ возможности внедрения успешных, зарубежных технологических решений 3D кадастра в ЕГРН // Сборник материалов XIX Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (Новосибирск, 17–19 мая 2023 г.): в 8 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2023. Т. 7. № 2. С. 179–184.
29. Сейтвелиева А.С. Перспективы использования цифровых информационных моделей объектов реновации для целей кадастрового учета // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сборник материалов VII Национальной научно-практической конференции (Новосибирск, 21–24 ноября 2023 г.): в 3 ч. Новосибирск: СГУГиТ, 2024. Ч. 3. С. 72–80. DOI:10.33764/2687-041X-2024-3-72-80.
30. Киевский И.Л., Крутяков А.Ю., Иванова О.А. и др. Опыт использования отечественных и импортных BIM-продуктов при проектировании жилых зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 11. С. 42–48. DOI:10.33622/0869-7019.2020.11.42-48.

АВТОРЫ**Тарарин Андрей Михайлович**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра управления недвижимостью и развитием территорий,

факультет управления территориями

канд. техн. наук

 0000-0003-2460-4434

Сейтвелиева Айна Сейтвелиевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра управления недвижимостью и развитием территорий,

факультет управления территориями

Поступила 17.10.2024. Принята к публикации 23.04.2025. Опубликовано 30.04.2025.



Analysis of the world's best practices for developing a 3D cadastre using BIM models and their implementation in Russia

Andrei M. Tararin¹, Ayna S. Seytvelieva¹✉

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
✉ ainaocenka@gmail.com

CITATION Tararin AM, Seytvelieva AS. Analysis of the world's best practices for developing a 3D cadastre using BIM models and their implementation in Russia. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(2): 108–123. DOI:10.30533/GiA-2025-017.

KEYWORDS 3D cadaster, BIM models, IFC, CityGML, IndoorGML, LandInfra/InfraGML

ABSTRACT The article discusses the technical aspects of the formation of a three-dimensional cadastre by integrating information models of capital construction objects. Positive foreign experience in the formation of a 3D cadastre using digital information models of real estate is presented. The features of maintaining the domestic real estate cadastre are given in order to implement digital information models of real estate in Russian conditions. The main international strategic documents in the field of real estate cadastre are analyzed. The importance of data from the information model of capital construction projects is noted, and their main characteristics are described. The content of international open standards used for managing and exchanging geospatial data is analyzed. The level of development of domestic software in the field of information modeling technologies for capital construction projects slows down the processes of integrating information models into cadastral information systems. For 3D cadastral visualization, integration methods for creating 3D cadastral models are considered: direct or indirect. In the second approach, the scenario for the development of the domestic cadastre is shown through linking cadastral information as a legal model with a physical model with a detailed description of the building elements to determine three-dimensional cadastral boundaries, accurately creating three-dimensional cadastral models. When approving the requirements for the content of the information model of capital construction projects, it is necessary to consider possible ways of interdepartmental interaction between government agencies in the field of urban planning. At the stage of approving the requirements for information models of capital construction projects, interoperability is considered in the light of the development of cadastral systems, since registration of rights to real estate and cadastral registration of a property are key components of real estate management.

REFERENCES

1. Romanov VM, Troitskaya VO. Issledovanie mirovoj praktiki voprosa formirovaniya i razvitiya 3D kadastra v INTERNET prostranstve s pomoshh'ju portal'nyh tehnologij i poiskovyh sistem [Research of world practice on the formation and development of 3D cadastre in the INTERNET space using portal technologies and search engines]. *Proceedings of the 8th regional scientific and practical conference "Culture of territory management: economic and social aspects, cadastre and geoinformatics"*. Nizhny Novgorod: NNSUACE; 2020: 50–56. (In Russian).
2. Vandysheva N, Ivanov A, Pakhomov S, et al. Design of the 3D Cadastre Model and Development of the Prototype in the Russian Federation. *Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres*. Delft; 2011: 355–375.
3. Stoter J, van Oosterom P, Ploeger H. The phased 3D cadastre implementation in the Netherlands. *Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres*. Shenzhen; 2012: 201–218.
4. Tararin AM, Belyaev VL. Prostranstvennye dannye v gradostroitel'noj dejatel'nosti [Spatial data in urban planning]. *Geodesy and Cartography*. 2020;11: 29–39. (In Russian). DOI:10.22389/0016-7126-2020-965-11-29-39.
5. Atamanov SA, Grigoriev SA, Kosarukov ZS, et al. Problema ponjatija tochnosti v kadastre nedvizhimosti [The problem of the concept of accuracy in the real estate cadaster]. *Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2023;67(2): 65–77. (In Russian). DOI:10.30533/GiA-2023-010.
6. Sadakova VV, Khnykina TS. Primenenie cifrovyyh tehnologij v sfere registracii objectov nedvizhimosti: problemy i ključevye tendencii [Application of digital technologies in the field of registration of real estate objects: problems and key trends]. *Fundamental and applied research in the field of management, economics and trade: Proceedings of the All-Russian scientific and educational-practical conference*. In 3 parts. Part 3. Saint Petersburg: Polytech-Press; 2020: 316–321. (In Russian).
7. Larsson K, Paasch J, Paulsson J. Representation of 3D cadastral boundaries: From analogue to digital. *Land Use Policy*. 2020;98: 104178. DOI:10.1016/j.landusepol.2019.104178.
8. Lisitsky DV, Chernov AV. Teoreticheskie osnovy trehmernogo kadastra objectov nedvizhimosti [Theoretical foundations of the three-dimensional cadaster of real estate objects]. *Vestnik SSUGT*. 2018;23(2): 153–170. (In Russian).
9. Thompson R, Oosterom P, Karki S, et al. A Taxonomy of Spatial Units in a Mixed 2D and 3D Cadastral Database. *FIG Working Week 2015*. Available from: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2015_20.pdf (Accessed 7 November 2023).
10. Lemmen C, van Oosterom P, Bennett R. The land administration domain model. *Land Use Policy*. 2015;49: 535–545. DOI:10.1016/j.landusepol.2015.01.014.
11. Atazadeh B, Rajabifard A, Zhang Y, et al. Querying 3D Cadastral Information from BIM Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2019;8(8): 329–342. DOI:10.3390/ijgi8080329.
12. Barzegar M, Rajabifard A, Kalantari M, et al. An IFC-based database schema for mapping BIM data into a 3D spatially enabled land administration database. *International Journal of Digital Earth*. 2021;14(6): 736–765. DOI:10.1080/17538947.2021.1875062.
13. Paasch JM, Paulsson J. Trends in 3D adaster — A literature survey. *Land Use Policy*. 2023;131(8): 172–194. DOI:10.1016/j.landusepol.2023.106716.
14. Belyaev VL, Romanov VM, Snezhko II. Sovershenstvovanie gosudarstvennogo ucheta i registracii prav na podzemnye objecty nedvizhimosti v 3d-kadastre: mirovaja praktika i situacija v Rossii [Improvement of state accounting and registration of rights to underground real estate objects in the 3d-cadaster: world practice and the situation in Russia]. *Proceedings of the Scientific Congress of the 20th International Scientific and Industrial Forum*. 2018;1: 375–378. (In Russian).
15. Oosterom P van, Stoter J, Ploeger H, et al. Initial Analysis of the Second FIG 3D Cadastres Questionnaire: Status in 2014 and Expectations for 2018. *Proceedings of 4th International Workshop on 3D Cadastres*. Dubai; 2014: 55–74. Available from: http://www.gdmc.nl/publications/2014/Second_FIG_3D_Cadastres_Questionnaire.pdf (Accessed 18 September 2024).
16. Kalogianni E, Oosterom P van, Lemmen C, et al. Initial Analysis of the 3D Land Administration: Current Status (2022) and Expectation for the Near Future (2026) — Initial Analysis. *FIG Working Week 2023*. Available from: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:0bcaa237-1014-4390-a849-904a1d43e28f> (Accessed 18 September 2024).

17. Stoter J, Ploeger H, Roes R, et al. Registration of Multi-Level Property Rights in 3D in The Netherlands: Two Cases and Next Steps in Further Implementation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2017;6: 158. DOI:10.3390/ijgi6060158.
18. El-Mekawy M., Paasch J., Paulsson J. The Integration of 3D Cadastre, 3D property formation and BIM in Sweden. *Proceedings of the 4th International FIG 3D Cadastre Workshop*. Dubai; 2014: 17–34. Available from: https://fig.net/resources/proceedings/2014/2014_3dcadastre/3Dcad_2014_12.pdf (Accessed 18 September 2024).
19. Oosterom van P. Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2013;40: 1–6. DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2013.01.002.
20. Larsson K, Paasch J, Paulsson J. Representation of 3D cadastral boundaries: From 748 analogue to digital. *Land Use Policy*. 2020;98: 104178. DOI:10.1016/j.landusepol.2019.104178.
21. Chuprin MS. Uroven' prarabotki modeli ob'ekta nedvizhimosti dlja vkljucheniya v trehmernyj kadastr s uchetom pravil informacionnogo modelirovaniya v stroitel'stve [The level of elaboration of the model of a real estate object for inclusion in a three-dimensional cadastre, taking into account the rules of information modeling in construction]. *Supplement to the journal "Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying". Collection of articles based on the results of the scientific and technical conference*. 2020;11: 165–167. (In Russian).
22. Sun J, Olsson P, Eriksson H, et al. Evaluating the geometric aspects of integrating BIM data into city models. *Journal of Spatial Science*. 2020;65(2): 235–255. DOI:10.1080/14498596.2019.1636722.
23. Kutzner T, Kolbe T. CityGML 3.0: Sneak Preview. *Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.* Kersten TP, Gülch E, Schiewe J, et al. (eds.). Munich, 2018: 835–839.
24. Biljecki F, Stoter J, Ledoux H, et al. Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2015;4(4): 2842–2889. DOI:10.3390/ijgi4042842.
25. Borrmann A, Beetz J, Koch C, et al. Industry Foundation Classes: A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models. *Building Information Modeling*. 2018;2: 262–287. DOI:10.1007/978-3-319-92862-3_5.
26. Deng Y, Cheng J, Anumba C. Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison. *Automation in Construction*. 2016;6: 1–21. DOI:10.1016/j.autcon.2016.03.006.
27. Avrunev EI, Giniyatov AI. Sovremennoe sostojanie i problemy geodezicheskogo obespecheniya sozdaniya i vedeniya trehmernogo kadastra nedvizhimosti [The current state and problems of geodetic support for the creation and maintenance of a three-dimensional real estate cadaster]. *Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions: Proceedings of the III National Scientific and Practical Conference (Novosibirsk, November 27–29, 2019)*. In 2 parts. Part 1. Novosibirsk: SSUGT; 2020: 136–140. (In Russian). DOI:10.33764/2687-041X-2020-1-136-140.
28. Miroshnikova VV, Chernov AV, Ershov AV. Analiz vozmozhnosti vnedreniya uspeshnyh, zarubezhnyh tehnologicheskikh reshenij 3D kadastra v EGRN [Analysis of the possibility of introducing successful, foreign technological solutions of 3D-cadaster in the EGRN]. *Interexpo GEO-Siberia. Proceedings of XIX International scientific congress (Novosibirsk, May 17–19, 2023)*. In 8 vols. Vol. 7. Part 2. Novosibirsk: SSUGT; 2023: 179–184. (In Russian).
29. Seytvelieva AS. Perspektivy ispol'zovaniya cifrovyyh informacionnyh modelej ob'ektov renovacii dlja celej kadaastrovogo ucheta [Prospects of using digital information models of renovation objects for the purposes of cadastral accounting]. *Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions: Proceedings of the VII National Scientific and Practical Conference (Novosibirsk, November 21–24, 2023)*. In 3 parts. Part 3. Novosibirsk: SSUGT; 2024: 72–80. (In Russian). DOI:10.33764/2687-041X-2024-3-72-80.
30. Kievsky IL, Krutyakov AY, Ivanova OA, et al. Opyt ispol'zovaniya otechestvennyh i importnyh BIM-produktov pri proektirovanii zhilyh zdaniy [The experience of using domestic and imported BIM products in the design of residential buildings]. *Industrial and Civil Construction*. 2020;11: 42–48. (In Russian). DOI:10.33622/0869-7019.2020.11.42-48.

AUTHORS

Andrei M. Tararin

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Real Estate Management and Territory Development,
Faculty of Territory Management
PhD in Engineering

 0000-0003-2460-4434

Ayna S. Seytvelieva

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Real Estate Management and Territory Development,
Faculty of Territory Management

Submitted: October 17, 2024. Accepted: April 23, 2025. Published: April 30, 2025.