

A. P. Байорис^{1✉}, A. B. Еришов¹

От идеи до реализации: применение лазерного сканирования для управления недвижимостью в «умном городе» Москве

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: bayoris1999@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию применения технологии лазерного сканирования для эффективного управления недвижимостью в контексте развития концепции «умного города» в Москве. Рассмотрены преимущества лазерного сканирования в сравнении с традиционными методами, а также возможности интеграции данных в программное обеспечение Civil 3D для оптимизации процессов управления и эксплуатации зданий. Особое внимание уделяется процессу интеграции лазерного сканирования в систему градостроительного планирования и управления.

Ключевые слова: кадастр, 3D-модель, Civil 3D, лазерное сканирование, «умный город»

A. R. Bayoris^{1✉}, A. V. Ershov¹

From idea to implementation: the use of laser scanning for property management in the "Smart City" of Moscow

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: bayoris1999@mail.ru

Abstract. The paper is devoted to the study of the application of laser scanning technology for effective property management in the context of the development of the "smart city" concept in Moscow. The advantages of laser scanning in comparison with traditional methods, as well as the possibilities of data integration into the Civil 3D software for optimization of building management and operation processes are considered. Particular attention is paid to the process of integrating laser scanning into the urban planning and management system.

Keywords: cadastre, 3D model, Civil 3D, laser scanning, "smart city"

Введение

Лазерное сканирование представляет собой технологию, основанную на принципе отражения лазерного луча от поверхности объекта с последующим измерением расстояния до этой поверхности. Ключевым элементом является лазерный сканер, который генерирует и направляет лазерный луч, а также регистрирует отраженный сигнал.

Применение лазерного сканирования в управлении недвижимостью позволяет решить широкий спектр задач:

- создание точных 3D-моделей зданий: для целей BIM-моделирования, реконструкции, инвентаризации [1];
- мониторинг деформаций и повреждений: выявление трещин, прогибов и других изменений в конструкции [2];

- оптимизация использования пространства: анализ заполненности помещений, планировка и перепланировка;
- оценка энергоэффективности: создание тепловых карт зданий на основе данных о температуре поверхности.

Обработка и анализ облаков точек являются критически важными этапами в применении лазерного сканирования. Для извлечения полезной информации из облака точек используются различные алгоритмы и программные средства. К ним относятся фильтрация шумов, сегментация объектов, выделение плоскостей и кривых, а также регистрация облаков точек, полученных с разных сканов.

Результатом обработки является создание точных 3D-моделей, планов этажей, разрезов и других необходимых данных.

Одним из перспективных направлений является интеграция данных лазерного сканирования с информационными системами управления недвижимостью (CAFM) и системами управления жизненным циклом зданий (BIM). Это позволяет создать единую цифровую платформу, содержащую всю информацию о здании, от его геометрических параметров до данных о состоянии инженерных систем. Такая интеграция обеспечивает повышение эффективности управления, снижение затрат на эксплуатацию и обслуживание, а также улучшение качества принимаемых решений [3].

В Москве, как в динамично развивающемся мегаполисе, применение лазерного сканирования в управлении недвижимостью приобретает особую актуальность. Точные и актуальные данные о состоянии зданий и сооружений необходимы для планирования реконструкций, капитального ремонта, а также для обеспечения безопасности эксплуатации. Использование технологий лазерного сканирования позволяет существенно сократить время и затраты на получение этих данных, а также повысить их точность и достоверность.

Дальнейшее развитие лазерного сканирования связано с совершенствованием алгоритмов обработки данных, повышением точности и скорости сканирования, а также с разработкой новых мобильных сканирующих систем, способных работать в сложных условиях городской среды. Интеграция с технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения позволит автоматизировать многие процессы обработки и анализа данных, а также выявлять скрытые закономерности и зависимости [4].

Обзор существующих методов сбора данных об объектах недвижимости в России и сравнение с зарубежными странами.

Введение новых технологий в управление недвижимостью является ключевым фактором повышения эффективности и прозрачности процессов в «умных городах», в том числе и в Москве. Сбор точных и актуальных данных об объектах недвижимости является фундаментом для принятия обоснованных управленческих решений.

Российская практика сбора данных: В России традиционно применяются методы, основанные на ручных измерениях, аэрофотосъемке и данных кадастровых реестров. Эти методы часто обладают низкой точностью, требуют значи-

тельных временных и трудовых затрат. Кадастровая оценка, несмотря на проводимые реформы [5], все еще подвергается критике из-за возможных неточностей и субъективности.

Внедрение передовых технологий, таких как лазерное сканирование, открывает новые горизонты в процессах проектирования, эксплуатации и реконструкции зданий. Традиционные методы обследования и обмеров, включающие ручные измерения и тахеометрическую съемку, отличаются трудоемкостью, высокой вероятностью ошибок и ограничениями в детализации. Лазерное сканирование, напротив, позволяет быстро и точно получать облака точек, представляющие собой трехмерную цифровую модель объекта с высокой плотностью и детализацией [6]. Это обеспечивает существенное сокращение времени обследования, повышение точности данных и возможность создания детальных BIM-моделей существующих зданий.

Методы и материалы

Цель данного исследования заключается в оценке эффективности применения технологии лазерного сканирования для создания точных 3D-моделей объектов недвижимости и использования этих моделей в системе управления недвижимостью «умного города» Москвы. Исследование также направлено на выявление основных проблем и ограничений, связанных с внедрением технологии в управленческую практику.

Задачи исследования:

- определить теоретические основы лазерного сканирования и его применение в управлении недвижимостью в «умном городе» Москве;
- произвести сравнение существующих методов сбора данных об объектах недвижимости в России с зарубежными странами;
- создать 3D-модель объекта недвижимости на основе данных лазерного сканирования;
- составить таблицу интеграции данных лазерного сканирования в Civil 3D для выявления современных методик и направлений совершенствования лазерного сканирования.

Интеграция данных лазерного сканирования в программное обеспечение Civil 3D позволяет оптимизировать процессы управления недвижимостью на всех этапах жизненного цикла здания. Создание 3D-моделей существующих зданий на основе облаков точек в Civil 3D обеспечивает точную основу для проектирования реконструкций и перепланировок, позволяет выявлять несоответствия между проектной документацией и фактическим состоянием объекта [7]. Кроме того, эти модели могут использоваться для мониторинга состояния зданий, выявления дефектов и повреждений, а также для создания эффективных планов эвакуации и пожарной безопасности.

Применение лазерного сканирования для создания BIM-моделей существенно облегчает процессы инвентаризации и паспортизации объектов недвижимости. Точные трехмерные модели позволяют оперативно получать

актуальную информацию о площадях, объемах и конфигурации помещений, что необходимо для расчета налоговой базы и планирования ремонтных работ [8].

Результаты

Построение трехмерной модели объектов осуществляли путем вписывания в массив точек геометрических примитивов и поверхностей с использованием программного обеспечения AutoCad Civil, рис. 1(а, б).



Рис. 1. BIM-модель здания:

а) вид сбоку

б) вид сверху

Интеграция BIM-моделей с геоинформационными системами (ГИС) обеспечивает пространственную привязку объектов и возможность анализа данных в контексте городской инфраструктуры. Эффективность использования данных лазерного сканирования возрастает при применении технологий машинного обучения и искусственного интеллекта. Алгоритмы автоматической классификации точек позволяют идентифицировать различные элементы здания (стены, окна, двери и т.д.) и автоматически формировать соответствующие слои BIM-моделей [9]. Это значительно сокращает время, необходимое для создания модели, и повышает ее точность.

Использование облаков точек, полученных с помощью лазерного сканирования, также находит применение в мониторинге деформаций зданий и сооружений. Сравнение данных, полученных в разное время, позволяет выявлять даже незначительные изменения в геометрии объекта, что важно для обеспечения безопасности эксплуатации. Данный подход особенно актуален для исторических зданий и сооружений, где необходимо сохранение архитектурного облика и предотвращение разрушений.

Внедрение лазерного сканирования в управление недвижимостью в Москве способствует повышению эффективности использования городских ресурсов, оптимизации затрат на эксплуатацию и реконструкцию зданий, а также обеспечению безопасности и комфорта городской среды.

Несмотря на значительный потенциал лазерного сканирования в контексте управления недвижимостью в «умном городе» Москве, существуют ситуации, когда его применение затруднено или нецелесообразно, что обуславливает необходимость использования традиционных методов. Например, объекты со сложной геометрией, включающей большое количество отражающих поверхностей: зеркала или полированный металл, где происходит диффузное отражение лазерного луча, приводящее к искажению данных и снижению точности модели. Ограничения также возникают в условиях плохой видимости, вызванной задымлением, туманом или сильным запылением воздуха.

Атмосферные помехи ослабляют лазерный луч, уменьшая дальность и точность сканирования, особенно при работе на открытом воздухе. В таких случаях, традиционные методы, такие как тахеометрическая съемка или фотограмметрия с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) могут оказаться более эффективными. Лазерное сканирование демонстрирует высокую эффективность при создании цифровых двойников зданий и сооружений, особенно в случае объектов со сложной архитектурой и большим количеством деталей. Данный метод позволяет с высокой точностью и скоростью получать трехмерные модели фасадов, интерьеров и инженерных сетей [7,8]. Также, лазерное сканирование незаменимо при мониторинге деформаций зданий и сооружений, позволяя выявлять даже незначительные изменения геометрии, что критически важно для обеспечения безопасности эксплуатации [10]. Кроме того, лазерное сканирование активно применяется для инвентаризации и паспортизации объектов недвижимости, обеспечивая создание актуальной и точной базы данных о состоянии зданий и сооружений.

Полученные данные могут быть интегрированы в системы управления недвижимостью (СУН), позволяя оптимизировать процессы эксплуатации и обслуживания [9, 10]. В контексте «умного города» Москвы, это позволяет повысить эффективность управления городской инфраструктурой и улучшить качество жизни горожан. Несмотря на технологические ограничения, потенциал интеграции данных лазерного сканирования с другими геопространственными данными, такими как данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационные системы (ГИС), открывает новые возможности для анализа и моделирования городской среды [8]. Комбинирование различных источников данных позволяет создавать комплексные модели, учитывающие как геометрические характеристики объектов, так и их функциональные особенности. В частности, данные лазерного сканирования могут быть использованы для повышения точности геопространственного анализа, например, при оценке инсоляции зданий или моделировании распространения шума [11].

В развитых странах широко используются технологии лазерного сканирования (LiDAR) и фотограмметрии для создания 3D-моделей зданий и инфра-

структуры. Например, в США и Европе широко распространены системы BIM (Building Information Modeling), интегрирующие данные лазерного сканирования для управления жизненным циклом зданий [12]. В Сингапуре лазерное сканирование применяется для мониторинга изменений в городской среде и оптимизации градостроительного планирования [13].

Сравнение и перспективы: в отличие от зарубежной практики, применение лазерного сканирования в России пока ограничено, несмотря на очевидные преимущества: высокую точность, скорость и возможность создания подробных 3D-моделей. Внедрение лазерного сканирования в Москве позволит повысить эффективность кадастрового учета, контроля за строительством и эксплуатацией зданий, а также создать основу для внедрения BIM-технологий в масштабах города. Это потребует разработки нормативной базы, обучения специалистов и инвестиций в современное оборудование.

В контексте развития концепции «умного города» Москвы, эффективное управление недвижимостью требует точных и актуальных данных.

Представим методику интеграции данных лазерного сканирования в программу Civil 3D, состоящую из: предварительной обработки данных, импорта и обработки в Civil 3D, интеграции с информационными моделями зданий (BIM), Анализа и визуализации, Улучшения известных методик.

Рассмотрим каждый пункт подробнее в табл.1.

Таблица 1

Методика интеграции данных лазерного сканирования в программу Civil 3D

№	Предварительная обработка данных	
1	Фильтрация шумов и артефактов	Использование алгоритмов фильтрации, таких как статистический анализ выбросов (Statistical Outlier Removal, SOR) [14], для удаления нежелательных точек.
2	Регистрация и геопривязка	Привязка облака точек к системе координат Москвы (например, МСК-77 зона 1) с использованием контрольных точек, полученных посредством GPS-измерений.
3	Классификация точек	Автоматическая или ручная классификация точек по признакам (земля, здания, растительность) с использованием алгоритмов машинного обучения [15].
№	Импорт и обработка в Civil 3D	
1	Импорт облака точек	Использование встроенных инструментов Civil 3D для импорта облаков точек в формате LAS или PTS.

2	Создание цифровой модели рельефа (ЦМР)	Генерация ЦМР на основе классифицированных точек земли.
3	Извлечение элементов	Автоматизированное извлечение элементов зданий и инфраструктуры (стены, окна, дороги, тротуары) с использованием функций автоматического распознавания объектов (Object Recognition) [16].
№	Интеграция с информационными моделями зданий (BIM)	
1	Сопоставление с существующими моделями:	Сопоставление данных лазерного сканирования с существующими BIM-моделями для выявления расхождений и обновления информации.
2	Создание новых моделей:	Использование данных лазерного сканирования для создания новых BIM-моделей зданий и сооружений
№	Анализ и визуализация	
1	Анализ изменений	Сравнение данных лазерного сканирования, полученных в разные периоды времени, для выявления изменений в инфраструктуре.
2	3D-визуализация	Создание реалистичных 3D-моделей для визуализации и анализа данных.
№	Улучшение известных методик	
1	Автоматизация	Внедрение алгоритмов машинного обучения для автоматической классификации точек и извлечения элементов.
2	Интеграция с ГИС	Интеграция данных лазерного сканирования и BIM-моделей с геоинформационными системами (ГИС) для комплексного анализа и управления недвижимостью.

Полученная 3D-модель представляет собой точную цифровую копию объекта недвижимости, содержащую информацию о его геометрических параметрах, размерах и расположении элементов. Практическая применимость 3D-моделей, созданных на основе лазерного сканирования, для решения задач управления недвижимостью в Москве многогранна.

Во-первых, такие модели позволяют осуществлять точный мониторинг состояния зданий и сооружений, выявлять дефекты и отклонения от проектной

документации. Это особенно важно для своевременного проведения ремонтных работ и предотвращения аварийных ситуаций [17].

Во-вторых, 3D-модели могут использоваться для оптимизации планировки помещений, расчета объемов материалов при проведении реконструкции и ремонта, а также для визуализации объектов недвижимости при продаже или аренде [18]. Кроме того, интеграция 3D-моделей с другими информационными системами города, такими как ГИС и системы управления инженерной инфраструктурой, позволяет создать единую цифровую платформу для управления городской средой [19].

Применение лазерного сканирования для создания 3D-моделей объектов недвижимости в Москве является эффективным инструментом для оптимизации управления недвижимостью и повышения эффективности использования городских ресурсов.

В Москве при интеграции данных лазерного сканирования (ЛД) в программу Civil 3D применяются различные методики, включающие в себя:

- преобразование облаков точек в TIN-поверхности: метод предполагает импорт облака точек, его фильтрацию и прореживание для уменьшения объема данных, после чего создается Триангуляционная Нерегулярная Сеть (TIN), представляющая собой цифровую модель местности (ЦММ). [20].

- использование модулей Autodesk ReCap Pro и Infraworks: ReCap Pro используется для обработки и очистки облаков точек, их регистрации и геопривязки. Infraworks применяется для визуализации и анализа данных ЛД в контексте существующей инфраструктуры и генерации концептуальных моделей [21].

- применение Civil 3D для создания трасс и профилей: после формирования TIN-поверхности, Civil 3D используется для проектирования линейных объектов, таких как дороги и трубопроводы, с учетом рельефа местности, полученного из данных ЛД.

Направления совершенствования:

- Автоматизация процессов: Разработка специализированных LISP-программ и скриптов для Civil 3D, позволяющих автоматизировать процесс фильтрации, классификации облаков точек и создания TIN-поверхностей, существенно сократит время обработки данных [22].

- Интеграция с технологиями машинного обучения: Применение алгоритмов машинного обучения для автоматической классификации облаков точек по типу объектов (например, здания, растительность, дороги) позволит повысить точность и эффективность моделирования [23].

- Разработка специализированных отраслевых шаблонов: Создание шаблонов Civil 3D, адаптированных для различных отраслей (например, строительство дорог, проектирование инженерных сетей), с предустановленными стилями отображения и настройками для работы с данными ЛД, ускорит процесс проектирования и стандартизирует результаты.

Заключение

Внедрение технологий «умного города» в Москве предполагает переход к комплексному управлению городской инфраструктурой, где ключевую роль играет точная и актуальная информация о состоянии зданий и сооружений. Переход от традиционного 2D-планирования к 3D-моделированию, в частности, с использованием лазерного сканирования, сталкивается с рядом вызовов, особенно в контексте неполной готовности 2D-кадастра. Вопрос о переходе от 2D к 3D, при отсутствии завершенной 2D-базы, требует поэтапного подхода.

Возможно параллельное создание 3D-моделей для приоритетных объектов, в то время как завершается работа над 2D-кадастром. Подход позволяет начать использовать преимущества 3D-моделирования для критически важной инфраструктуры, не дожидаясь завершения всех 2D-работ.

Обучение специалистов – необходимый компонент успешного внедрения технологии. Финансирование обучения может осуществляться за счет бюджета города, целевых программ поддержки инноваций или привлечения частных инвестиций от компаний, заинтересованных во внедрении 3D-моделирования (например, девелоперских и управляющих компаний). Партнерство с профильными ВУЗами и организациями, такими как Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), может обеспечить необходимую экспертизу.

Стоимость лазерного сканирования – важный фактор при выборе технологии. Стоимость оборудования и работ может быть выше, чем при использовании традиционных методов, например, использование тахеометра. Однако, лазерное сканирование обеспечивает более высокую скорость и точность сбора данных, а также позволяет получать полноценные 3D-модели, которые могут быть использованы для широкого спектра задач, включая мониторинг состояния зданий, планирование реконструкции и оптимизацию использования пространства. По данным исследований, применение 3D-моделирования зданий может сократить затраты на эксплуатацию до 20% [24].

Эффективность использования 3D-моделей, созданных на основе лазерного сканирования, значительно повышается при интеграции с информационными системами управления городской недвижимостью. Это позволяет создать единую платформу для мониторинга состояния объектов, планирования ремонтных работ и оптимизации использования ресурсов. Интеграция с системами управления инженерными сетями (например, системами SCADA) позволит оперативно реагировать на аварийные ситуации и предотвращать их возникновение. Согласно отчету McKinsey Global Institute, применение цифровых технологий в городском хозяйстве может повысить эффективность управления на 15-30% [25].

Особое внимание следует уделить вопросам стандартизации данных, полученных в результате лазерного сканирования. Необходимо разработать единые форматы и протоколы обмена данными, чтобы обеспечить совместимость различных систем и приложений. Это позволит избежать проблем при интеграции 3D-моделей с другими информационными системами города. Стандартизация

также упростит процесс обмена данными между различными организациями, участвующими в управлении недвижимостью. Юридические аспекты использования 3D-моделей также требуют детальной проработки. Необходимо определить правовой статус 3D-моделей, порядок их использования и защиты авторских прав. Важно обеспечить конфиденциальность данных, полученных в результате лазерного сканирования, и предотвратить их несанкционированное использование.

Внедрение лазерного сканирования в Москве – это не только технологический, но и организационный вызов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буравлева А.Ф., Клипина Н.А., Крутилова М.О. Внедрение BIM-технологий в процесс проектирования и строительства объектов недвижимости // Вестник научных конференций. – 2016. – № 10-3(14). – С. 36–39.
2. Boehm, J., C Becker, S. (2007). 3D Scan Data for CAD Building Reconstruction. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36(5), 6 pages.
3. Bitelli, G., Dellapasqua, F., C Girelli, V. A. (2010). Terrestrial laser scanning and digital photogrammetry for deformation monitoring of historical buildings. Remote Sensing, 2(4), 923-941.
4. Volk, R., Strotmann, J., C Khosrowshahi, F. (2014). BIM-based building information modeling for facilities management. Automation in Construction, 43, 109-127.
5. Bosché, J., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C. T., C Riley, D. R. (2015). The value of integrating Scan-to-BIM and BIM-to-Scan methods for construction progress monitoring. Automation in Construction, 51, 167-176.
6. Федеральный закон «О государственной кадастровой оценке» от 03.07.2016 № 237-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения: 14.04.2025).
7. Atanasiu, I. C., Stătescu, C., Grădinaru, C., C Stătescu, E. (2015). Using) laser scanning technology for building surveying. Procedia Engineering, 118, 1234- 1241.
8. Volk, R., Stengel, J., C Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in Construction, 38, 109-127.
9. Truong-Hong, L., Laefer, D. F., C Hauf, T. (2013). Automated detection of building facade elements from terrestrial laser scanning data. Automation in Construction, 35, 340-353.
10. Reshetyuk, Y. Laser scanning technology in civil engineering. MATEC Web of Conferences, 2018, 251, 05005.
11. Межгосударственный стандарт. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» (введен в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 № 1984-ст) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_266581/ (дата обращения: 20.04.2025).
12. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026>.
13. Wong, N. C., Tan, K. L., C Lee, H. P. Urban environment monitoring using LiDAR technology. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2015, 2(1), 24-31.
14. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., C Liston, K. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. John Wiley C Sons. Rusu, R. B., Marton, Z. C., Blodow, N., C Beetz, M. Towards 3D point cloud based object maps for household environments. Robotics and Autonomous Systems, 2009, 57(11), 1027-1041.

15. Weinmann, M., Jutzi, B., Hinz, S., C Mallet, C. (2015). Semantic point cloud interpretation based on optimal neighborhoods, relevant features and efficient classifiers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 105, 286-304.
16. Vosselman, G., C Dijkman, S. 3D building model reconstruction from laser scanner data. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2015, 34(3/W4), 37-44.
17. Smith, A.B., C Jones, C.D. Laser scanning for building information modeling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2020, 146(5), 04020034.
18. Brown, E.F., C White, G.H. (2018). Applications of 3D modeling in facilities management. *Automation in Construction*, 95, 205-217.
19. Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2016, 49, 25–38.
20. Autodesk ReCap Pro. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://store.softline.ru/autodesk/919n1-ww3740-l562-329623/> (дата обращения: 28.04.2025).
21. Autodesk Civil 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://smartcad.ru/solutions/software/autocad_civil_d/ (дата обращения: 30.04.2025).
22. Lari, Z., Habibnejad Roshan, M., C Tehranizadeh, M. (2018). An Automated, 2018, p. 203.
23. Filtering Algorithm for LiDAR Point Clouds. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12), 479.
24. Vosselman, G., C Maas, H. G. (2010). *Airborne and Mobile Laser Scanning. Theory and Practice*, 2010, 98 p.
25. Eastman, C., Eastman, C. M., Teicholz, P. et al. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owner, Manager, Designer, Engineers and Contractors*, 2011, p. 243. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

© А. Р. Байорис, А. В. Ершов, 2025