

УДК 528.9:004.4

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-113-122>

## Программное обеспечение 3D-геовизуализации местности: современное состояние и перспективы развития

В. А. Латкин<sup>1</sup>✉

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Российская Федерация

e-mail: latkinvadim@mail.ru

**Аннотация.** Использование трехмерной графики в век современных технологий значительно повышает наглядность воспроизведения и качество восприятия информации о географическом пространстве. Картографическую среду новой эры характеризуют два ключевых слова: интерактивность (взаимодействие пользователя с картой) и динамика. В связи с этим определяющее значение при геовизуализации (отображении геопространственных данных) имеет программно-аппаратный комплекс. На сегодняшний день в области 3D-картографии одной из актуальных проблем является низкое качество изображения. Данная статья представляет собой анализ программных продуктов, которые могут применяться для трехмерного отображения окружающей действительности. Представлены такие виды программного обеспечения, как геоинформационные системы/системы автоматизированного проектирования (ГИС/САПР) и игровые движки с описанием их отличительных особенностей и возможностей, преимуществ и недостатков. Отмечено и обосновано использование для практических целей игрового движка Prism3D. Отмечена важность и проанализирована возможность интеграции и конвергенции различных видов программного обеспечения (ПО).

**Ключевые слова:** 3D-геовизуализация, 3D-карта, программное обеспечение, геоинформационные системы, системы автоматизированного проектирования, игровые движки, Prism3D, интеграция, конвергенция

### Для цитирования:

Латкин В. А. Программное обеспечение 3D-геовизуализации местности: современное состояние и перспективы развития. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 1. С. 113–122. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-113-122>

### 3D geovisualization software for terrain analysis: current state and future prospects

V. A. Latkin<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Altai State University, Barnaul, Russian Federation

e-mail: latkinvadim@mail.ru

**Abstract.** The use of 3D graphics in the modern technological era markedly improves the clarity and perceptual quality of geographic spatial data visualization. The contemporary cartographic landscape is defined by two core attributes: interactivity (user-map interaction) and dynamism. Consequently, integrated software-hardware systems are pivotal for geovisualization—the rendering of geospatial data. A persistent challenge in 3D cartography remains the suboptimal quality of rendered imagery. This paper evaluates software solutions for three-dimensional representation of real-world terrains,

examining GIS/CAD platforms and game engines with respect to their features, capabilities, strengths, and limitations. It substantiates the practical efficacy of the Prism3D game engine for applied geovisualization tasks. Finally, the analysis underscores the value and feasibility of integrating diverse software paradigms.

**Keywords:** 3D-geovisualization, 3D-map, software, geographic information systems (GIS), computer-aided design systems (CAD), game engines, Prism3D, integration, convergence.

**For citation:**

Latkin V. A. (2026). 3D geovisualization software for terrain analysis: current state and future prospects. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 1. pp. 113–122. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-113-122>

### *Введение*

Неотъемлемым элементом при создании интерактивных и динамичных продуктов трехмерной геовизуализации (3D-модели рельефа, 3D-модели местности, 3D-карты) в настоящее время являются персональные компьютеры (ПК). Существует достаточное количество программных средств для осуществления процесса геоинформационного моделирования и картографирования.

Однако в еще молодой и активно развивающейся области трехмерной картографии одной из ключевых актуальных проблем наряду с недостаточной теорией и научно-методической составляющей остается низкое качество отображения информации в разработанных во многих странах мира программах и на созданных картах городов и регионов [1]. В связи с этим необходимо уделить повышенное внимание различным видам, особенностям и возможностям программного обеспечения, применяемого на практике для формирования трехмерных геоизображений, а также возможным способам его качественного улучшения в современных реалиях.

Цель статьи: анализ и формирование предложений по совершенствованию программного обеспечения в области 3D-геовизуализации для качественного отображения геопространственной информации.

Задачи:

1) рассмотреть различные виды ПО, применяемые для создания 3D-геоизображений, проанализировать их отличительные особенности, преимущества и недостатки;

2) выбрать из рассмотренных программных продуктов наиболее эффективный в отношении качества отображения, описать и представить результаты 3D-геовизуализации;

3) предложить идеи по совершенствованию ПО в области трехмерного представления окружающего геопространства.

Предметом настоящей статьи являются графические возможности визуализации (отображения) в рассматриваемых программных продуктах.

### *Методы и материалы*

Исследование программного обеспечения проведено с использованием следующих опубликованных к настоящему времени *материалов*: многочисленных научных статей, монографий, диссертаций отечественных и зарубежных авторов, в которых рассмотрены практически особенности трехмерной визуализации геопространства на ПК, а также официальных сайтов разработчиков специализированного ПО.

В процессе работы применены такие *методы*, как общелогические (анализ и синтез информации), теоретические (обобщение, систематизация) и эмпирические (описание, сравнение).

### *Результаты*

Многообразие программного обеспечения с возможностями трехмерного представления можно условно обобщить, обозначив две большие группы в зависимости от

целей (задач) использования. К *первой группе* будут относиться специализированные (практико-ориентированные) программные продукты, имеющие необходимые полезные алгоритмы/механизмы представления, анализа, обработки геоинформации для практического применения в конкретных областях деятельности исследователями и специалистами (например, в науках о Земле, инженерии, архитектуре), – это в основном геоинформационные системы, специализирующиеся на работе с географическими данными (например, с картами), и системы автоматизированного проектирования, которые работают с техническими данными (чертежи, 3D-модели объектов, технические характеристики).

В качестве примеров геоинформационных систем можно назвать ArcGIS, MapInfo Professional или «Аксиома» (российский аналог), Панорама, ER Mapper, ERDAS IMAGINE, ENVI, TerrSet, QGIS и др.

Существует много компаний, занимающихся разработкой САПР: Autodesk, «Аскон», SolidWorks Corporation, «Топ Системы», «Нанософт», Zuken и др. В качестве примеров САПР можно привести AutoCAD, КОМПАС, SolidWorks, T-FLEX CAD, nanoCAD и др. [2].

Ко *второй группе* можно отнести программные продукты, основная цель которых – создать визуально привлекательный результат, детализированное графическое изображение окружающей среды и отдельных элементов (виртуальный мир). Глубоко захватывающий способ просмотра пространственных данных характерен во многом для игровой индустрии. Речь в данном случае идет об игровых визуализаторах графики (игровых движках), которые, в отличие от ПО первой группы, не являются практико-ориентированными.

Игровые движки представляют собой специализированные комплексные графические пакеты, предназначенные для создания компьютерных игр [3, 4]. Основными составными частями игровых движков явля-

ются графический движок (отображение 2D- или 3D-графики), физический движок (моделирование определенных видов движения), звуковой движок (воспроизведение различных звуков).

Обзор современных игровых движков с 3D-графикой, таких как Unity3D, Unreal Engine, CryEngine 3, HeroEngine, RageEngine, Project Anarchy, GameSalad, представлен в статье [5]. В источнике [6] рассмотрен российский аналог западных игровых движков – UNIGINE.

Кроме выделенных видов также стоит отметить программы для 3D-моделирования, т. е. создания отдельных трехмерных моделей объектов реального мира – их аналогов в уменьшенном масштабе и с определенным уровнем детализации (LOD). В качестве примеров можно привести Blender3D, 3DsMax, Cinema4D, SketchUp и др.

Данные программные продукты можно отнести и к первой группе (используются в архитектуре, дизайне, инженерии, а также для создания библиотеки объектов в ГИС), и ко второй (для создания отдельных моделей участков поверхностей и объектов и конвертации в графические редакторы игровых движков с целью формирования библиотеки объектов). Поскольку их использование в основном связано с предварительным этапом моделирования объектов, а не их размещением в создаваемом пространстве (в 3D-сцене, на этапе создания 3D-геоизображения, картографирования), в данной статье они подробно анализироваться не будут.

Ниже представлена общая таблица сравнения отличительных особенностей и возможностей рассматриваемых программных средств на основании анализа информации из многочисленных источников – примеров практической работы по созданию трехмерных карт (являющихся наиболее эффективным видом 3D-геоизображений из существующих за счет применения условной знаковости [7]) и собственных авторских исследований (таблица).

## Сравнение особенностей и возможностей различных видов ПО

Особенности и возможности	Вид ПО	
	ГИС/САПР (MapInfo [8], Панорама/ Карта 2011 [9], ArcGIS [10], Ar- chiCAD [11], IndorCAD [12], Auto- CAD [12], CREDO [12], MicroStation [13])	Игровые визуализаторы графики (игровые движки) (CryEngine [14], Torque Engine [14], UDK game engine [14], Unreal Engine 5 [15], Unity [16])
Использование существующих картографических проекций	Да	Нет
Наличие/разнообразие механизмов научного анализа (измерение площадей, объемов, профилирование и т. д.)	Да	Нет
Наличие встроенных баз данных	Да	Нет
Система координат	Реальная географическая или плоская прямоугольная	Относительная плоская прямоугольная с центром внутри графической сцены
Способ создания изображения	Портретная реалистичность или условная знаковость	Условная знаковость
Текстурирование	Аэрофотоснимки и космические снимки	Бесшовные повторяющиеся текстуры
Стандартная библиотека 3D-моделей объектов	Недостаточное количество моделей для точной визуализации индивидуальных особенностей отображаемой территории и различных объектов	Большое количество моделей, материалов, текстур для отображения различных особенностей поверхности и объектов
Отображение поверхности	Плоское (без объема) покрытие	Объемное покрытие, различные виды растительного покрова
Погружение в созданный виртуальный мир (динамическое воспроизведение) на плоском дисплее ПК	Ограниченное	Полное (физический, звуковой движки) с возможностью просмотра от первого лица, симуляцией перемещения и поведения объектов и поверхностей
Скорость визуализации (отображения сцены)	Низкая	Высокая

Несмотря на все свои недостатки, исследуемую автором задачу в отношении улучшения качества графического изображения геопространственной информации наиболее эффективно решают игровые движки. За счет гораздо лучшей графической визуализации и обширной библиотеки объектов по сравнению с ГИС/САПР, объемности покрытия поверхностей, использования бесшовных повторяющихся текстур, возможности работать с каждым отдельным объектом и элементом поверхности (в отличие от 3D-моделей местности ГИС с аэро- или космоснимками) гра-

фические редакторы игровых движков позволяют осуществить нефотореалистичное отображение в виде 3D-карты для проведения анализа, планирования, проектирования в камеральных условиях.

В связи с этим возникает необходимость выбора, изучения и применения конкретного редактора движка (в качестве экспериментальной апробации) с представлением практических результатов 3D-картографирования.

Внимание автора было обращено на игровой движок Prism3D, описание которого и использование для целей картографирования с

качественной визуализацией было отмечено ранее в работах [3, 4].

Возможно, другие существующие в настоящее время игровые движки являются более популярными, но главными причинами выбора именно Prism3D среди прочих для практической работы с начала 2020 г. послужили:

- доступность (возможность приобретения, простой доступ к графическому редактору, открытая видеоинформация по работе в нем);

- качественная передача реального (а не вымышленного) окружающего пространства за счет богатой библиотеки редактора, включающей около 25,7 тыс. различных данных, характерных для различных стран и природных условий, в том числе (что более актуально) для территории России;

- относительно невысокие системные требования. Работа в графическом редакторе версии 1.36 в сравнении с другими современными движками (Unity, Unreal Engine) не требует серьезных компьютерных мощностей.

Ниже на рис. 1–8 представлены результаты авторской практической работы по картографированию (отдельные фрагменты 3D-карты, отображающие различные участки территории) в графическом редакторе движка Prism3D с использованием существующих в библиотеке моделей объектов.



Рис. 1. Населенный пункт (вид с высоты птичьего полета)



Рис. 2. Населенный пункт (вид на уровне глаз)



Рис. 3. Поля и лесополосы (вид с высоты птичьего полета)



Рис. 4. Водный объект (вид на уровне глаз)



Рис. 5. Участок ЛЭП (вид на уровне глаз)



Рис. 6. Ленточный бор (вид на уровне глаз)



Рис. 7. Крупнорогатый скот (вид на уровне глаз)



Рис. 8. Свалка мусора (вид с высоты птичьего полета)

Созданную 3D-карту можно использовать:

- в виде перспективных статичных изображений (например, как рисунки – фрагменты исследуемой местности), когда в графическом редакторе фиксируется определенная точка обзора/наблюдения и делается снимок с экрана;

- видеofilма, когда с помощью программы на экране монитора ПК создается видео пролета по карте в определенных направлениях с использованием свободной камеры;

- самого приложения (программного обеспечения) – графического редактора, когда используется любая камера для перемещения, фиксации необходимой точки обзора, проведения измерений расстояний на местности, создания новых и редактирования существующих участков поверхности или объектов на карте, а также применяются другие функции.

Некоторые преимущества использования внутри самого приложения заключаются в следующем:

- движение автомобилей по дорогам (а также поведение в зависимости от дорожной обстановки), пешеходов и др. объектов по заданным траекториям;

- смена дня и ночи (настройка времени и освещения), наличие/отсутствие осадков;

- динамическое воспроизведение 3D-карты (погружение в виртуальный мир, созданный в соответствии с реальной местностью).

Но использование карты внутри графического редактора движка создает проблему ограниченной возможности ее применения в практических целях, поэтому в данном слу-

чае необходимо сформировать идеи по совершенствованию программного обеспечения.

### Обсуждение

При наличии различных видов программных продуктов возникает следующая ситуация: с одной стороны, существуют специализированные ГИС для картографирования, но они имеют недостатки относительно качества отображения. С другой, есть игровой движок, устраняющий эти недостатки, но не специализирующийся на механизмах анализа карты и запросах пользователя. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения возможности интеграции или конвергенции видов ПО.

*Интеграция* заключается в возможности объединения преимущественных особенностей ГИС и игрового движка при условии, что каждый из этих продуктов сохранит свою самостоятельность, т. е. не произойдет создания нового продукта. Это можно осуществить, например, либо переводом результата картографирования из графического редактора движка в ГИС, либо включением одной из функций (преимущественных особенностей) ГИС к процессу работы с картой в редакторе движка.

К сожалению, загрузить созданную с использованием движка Prism3D карту в определенную ГИС пока не представляется возможным, поскольку используются разные форматы данных, несовместимые между собой. Это происходит по причине различий в принципах работы этих видов ПО. Существует возможность конвертации формата данных движка и открытия его в определенных программах и общедоступных форматах (в частности, Blender3D), однако здесь речь идет об отображении отдельных моделей объектов, а не всей созданной карты. Решение данной проблемы на сегодняшний момент – вопрос открытый, требующий решения в ближайшей перспективе.

В рамках авторского исследования частичной интеграцией можно считать реализацию следующих действий/процессов:

- создание конвертера координат для осуществления процесса картографирования, что позволяет перевести реальные географи-

ческие координаты (системы WGS-84) в плоские прямоугольные координаты редактора, и наоборот, с учетом длин дуг в  $1^\circ$  по меридиану и параллели и, таким образом, учесть шарообразность (кривизну) Земли, устраняя недостаток невозможности использования картографической проекции в редакторе движка;

– формирование отдельным файлом базы данных в отношении картографируемых участков с атрибутивной информацией, а также идентификационным номером, позволяющим быстро найти необходимый объект на карте в редакторе, воспользовавшись функцией поиска, что, конечно, требует времени, но в конечном счете частично устраняет проблему отсутствия встроенных баз данных в игровом движке.

*Конвергенция* подразумевает слияние воедино двух продуктов, создание нового программного обеспечения, включающего преимущественные особенности каждого существующего по отдельности. Этот процесс является достаточно трудоемким и может потребовать серьезных компьютерных мощностей.

На практике идея конвергенции ГИС и технологий игрового движка реализована компанией ESRI с партнерами. Ими разработан плагин ArcGIS Maps SDK for game engines [clck.ru/3PWfWG]. Он предоставляет возможность визуализации ГИС-данных в игровых движках. В частности, пакеты SDK ArcGIS Maps предоставляют доступ к ГИС-данным и операциям в игровых движках Unity и Unreal Engine. Таким образом, в данные игровые движки можно добавить карту ArcGIS. Кроме того, программное обеспечение ArcGIS CityEngine позволяет созданные 3D-модели объектов экспортировать в форматы, которые предпочитают данные игровые движки [clck.ru/3PWfY5].

В отношении движка Prism3D на настоящий момент не существует результата конвергенции, однако сам факт обозначения данной проблемы является актуальным и важным шагом, требующим дальнейшего совместного решения при сотрудничестве со специалистами-программистами для формирования программного продукта, обладающего всеми полезными функциями и возмож-

ностями, устраняющего отдельные недостатки различных видов ПО.

### Заключение

Программно-управляемая графическая среда является в настоящее время обязательным техническим элементом для создания трехмерных геоизображений. На основании проведенного обзора и анализа различного программного обеспечения 3D-геовизуализации местности можно сформулировать следующие выводы.

1. Для трехмерного представления могут применяться различные ГИС и САПР. Их преимуществами являются: возможность создания различных динамических 3D-геоизображений; высокая фотореалистичность изображения; наличие механизмов научного анализа и встроенных баз данных; возможность управлять множеством параметров отображения. Однако в отношении 3D-карт существуют следующие недостатки: низкое качество отображения и уровень детализации в современных реалиях; плоское (без объема) покрытие поверхности; небогатая библиотека заранее смоделированных объектов.

2. Другим возможным видом программного обеспечения являются игровые движки, предназначенные для создания компьютерных игр. Их главные преимущества заключаются в высокой скорости и качестве визуализации, детализации, обширных наборах библиотек; в высокоинтерактивном, визуально привлекательном и глубоко захватывающем способе просмотра пространственных данных. Недостатками являются: отсутствие поддержки использования картографических проекций; сложность использования реальных данных; ограниченность или отсутствие механизмов научного анализа. Но несмотря на все свои недостатки, для решения проблемы картографии относительно качества отображения игровые движки являются наиболее эффективными.

3. При наличии различных программных продуктов со своими преимуществами и недостатками возникает необходимость в рассмотрении возможности конвергенции/инте-

грации специализированных ГИС и игровых движков.

Перспективы развития программного обеспечения 3D-геовизуализации и, в частности, дальнейших исследований автора заключаются:

– в разработке алгоритма программно-управляемой интеграции – перевода/внедрения картографического результата из исполь-

зуемого ПО в универсальном формате данных в ГИС и в веб-приложения для возможности эффективного практического применения;

– потенциальной реализации идеи конвергенции используемого игрового движка Prism3D и специализированной ГИС с целью получения совершенного средства для трехмерного отображения геопространства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугаков П. Ю. Методика создания перспективных карт по 3D-моделям местности : дис. ... канд. техн. наук / Бугаков Петр Юрьевич Новосибирск, 2012. 117 с.
2. Дудко О. Н., Нелюбина А. Д., Кожевникова Н. Ю., Хасанов А. Р. Обзор систем автоматизированного проектирования. Современные материалы, техника и технологии. Курск, 2015. Вып. 2 (2). С. 51–54.
3. Латкин В. А. Создание трехмерной карты территории с использованием графического редактора игрового движка Prism3D. Геодезия и картография. 2022. Т. 83, вып. 4. С. 16–25.
4. Латкин В. А. Трехмерное картографирование местности. Вестник СГУГиТ. 2021. Т. 26, № 2. С. 133–144.
5. Пасько Д. Н. Современные игровые движки. Инновационная наука. Уфа, 2016. Вып. 2. С. 127–130.
6. Баранова Н. А. Возможности российского программного обеспечения для создания трехмерных карт. Пространственные данные: наука и технологии. 2022. № 13. С. 43–58.
7. Латкин В. А. Современное состояние трехмерной картографии и теоретические особенности 3D-визуализации геопространства. Геодезия и картография. 2025. Т. 86, № 7. С. 25–36.
8. Нгуен Ань Тай. Картографический метод преобразования двухмерной карты в трехмерную с помощью ГИС-технологий. Вестник СГУГиТ. 2015. Вып. 3 (31). С. 87–97.
9. Мандреева Е. Г. Применение ГИС-технологий при создании трехмерных моделей местности на примере территории БГСХА им. В. Р. Филиппова. Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления : материалы Международной научно-практической конференции (Улан-Удэ, 23–25 апреля 2015 г.). Улан-Удэ : Бурятская ГСХА им. В. Р. Филиппова, 2015. С. 146–148.
10. Гусев И. А. Создание пространственной модели местности в ГИС ArcGIS. Огарев-online. 2015. Вып. 4 (45). С. 4.
11. Ахмедов Б. Н. Построение цифровых трехмерных моделей геопространства. Инженерная графика и трехмерное моделирование : материалы Молодежной научно-практической конференции (Новосибирск, 16 декабря 2016 г.). Новосибирск : СГУГиТ, 2017. С. 9–13.
12. Райкова Л. С., Анисимов С. С., Петренко Д. А. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений. САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. Вып. 1 (2). С. 20–24.
13. Козеева О. О. Трехмерное моделирование городского пространства на основе геоинформационных технологий. Отходы и ресурсы [Электронный ресурс]. 2022. Т. 9, Вып. 3. URL: <https://resources.today/PDF/21NZOR322.pdf>.
14. Mat R. C., Shariff A. R. M., Zulkifli A. N., Rahim M. S. M., Mahayudin M. H. Using game engine for 3D terrain visualization of GIS data: A review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2014. Vol. 20, № 1. 11 p. DOI 10.1088/1755-1315/20/1/012037.
15. Olberding H. Analysis of Cartographic Symbols as Visual Support in Interactive VR Geovisualizations. Proceedings of the ICA. 2023. Vol. 5. P. 15. DOI 10.5194/ica-proc-5-15-2023.
16. Рыльский И. А., Парамонов Д. А., Кожухарь А. Ю., Груздев Р. В. Создание виртуальной модели района Архыз. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Москва, 2024. Т. 30, № 1. С. 280–294.

REFERENCES

1. Bugakov, P. Yu. (2012). *Metodika sozdaniya perspektivnyh kart po 3D-modeljam mestnosti [Methodology for creating perspective maps based on 3D terrain models]*. Candidate's Thesis. Novosibirsk [in Russian].
2. Dudko, O. N., Nelyubina, A. D., Kozhevnikova, N. Yu., & Khasanov, A. R. (2015). Overview of computer-aided design systems. *Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii [Modern materials, equipment and technologies]*, 2(2), 51–54 [in Russian].
3. Latkin, V. A. (2022). Creating a three-dimensional territory map using the graphics editor of the Prism3D game engine. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 83(4), 16–25. DOI 10.22389/0016-7126-2022-982-4-16-25 [in Russian].
4. Latkin, V. A. (2021). Three-dimensional terrain mapping. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(2), 133–144. DOI10.33764/2411-1759-2021-26-2-133-146 [in Russian].
5. Pasko, D. N. (2016). Modern game engines. *Innovacionnaja nauka [Innovative Science]*, 2, 127–130 [in Russian].
6. Baranova, N. A. (2022). Vozmozhnosti rossijskogo programmnoho obespecheniya dlya sozdaniya tryokhmernykh kart. *Prostranstvennyye dannye: nauka i tekhnologii [Spatial data: science, research and technology]*, 13, 43–58. DOI 10.30533/scidata-2022-13-04 [in Russian].
7. Latkin, V. A. (2025). Sovremennoe sostoyanie tryokhmernoj kartografii i teoreticheskie osobennosti 3D-vizualizacii geoprostranstva. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 86(7), 25–36. DOI 10.22389/0016-7126-2025-1020-6 [in Russian].
8. Nguyen Ahn Thai (2015). Cartographic method of 2-dimension map transformation into 3-dimension map with the help of GIS-technology. *Vestnik SGGA [Vestnik SSGA]*, 3(31), 87–97 [in Russian].
9. Mandreeva, E. G. (2015). Application of GIS technologies in creating three-dimensional terrain models using the example of the territory of the Bashkir State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Zemel'nye i vodnye resursy: monitoring jekologo-jekonomicheskogo sostojanija i modeli upravlenija [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: Land and Water Resources: Monitoring the Ecological and Economic Status and Management Models]* (pp. 146–148). Ulan-Ude: Buryat SAA named after V. R. Filippov [in Russian].
10. Gusev, I. A. (2015). Creating a spatial model of the terrain in ArcGIS. *Ogarjov-online [Ogarev-online]*, 4(45), P. 4 [in Russian].
11. Akhmedov, B. N. (2016). Construction of digital three-dimensional models of geospatial space. *Materialy Molodjozhnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Inzhenernaja grafika i trjohmernoje modelirovanie [Proceedings of the Youth Scientific and Practical Conference: Engineering Graphics and 3D Modeling]* (pp. 9–13). Novosibirsk: SSUGT [in Russian].
12. Raikova, L. S., Anisimova, S. S., & Petrenko, D. A. (2014). 3D visualization as a modern technology to improve the quality of design solutions. *SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog [CAD&GIS for roads]*, 1(2), 20–24. DOI 10.17273/CADGIS.2014.1.5 [in Russian].
13. Kozeeva, O. O. (2022). 3D Urban design based on geographic information technologies. *Othody i resursy [Russian Journal of Resources Conservation and Recycling]*, 9(3). URL: <https://resources.today/PDF/21NZOR322.pdf>. DOI 10.15862/21NZOR322 [in Russian].
14. Mat, R. C., Shariff, A. R. M., Zulkifli, A. N., Rahim, M. S. M., & Mahayudin, M. H. (2014). Using game engine for 3D terrain visualization of GIS data: A reiew. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 20(1), 11 p. DOI 10.1088/1755-1315/20/1/012037.
15. Olberding, H. (2023). Analysis of Cartographic Symbols as Visual Support in Interactive VR Geovisualizations. In *Proceedings of the ICA*, 5, P. 15. DOI 10.5194/ica-proc-5-15-2023.
16. Ryl'skij, I. A., Paramonov, D. A., Kozhukhar', A. YU., Gruzdev, R. V. (2024). Sozdanie virtual'noj modeli rajona Arkhyz. *InterKarto. InterGIS [InterCarto. InterGIS]*, 30(1), 280–294. DOI 10.35595/2414-9179-2024-1-30-280-294 [in Russian].

**Об авторах**

*Вадим Александрович Латкин* – преподаватель кафедры экономической географии и картографии.

**Author details**

*Vadim A. Latkin* – Teacher, Department of Economic Geography and Cartography.

Получено / Received 04.02.2025

Поступила после рецензирования / Revised 08.09.2025

Принята к публикации / Accepted 07.10.2025