

**Научно-теоретическая статья/Theoretical article**

УДК 528.9

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-108-120>

**Современные тенденции, проблемы и задачи картографии**

Я. Г. Пошивайло<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

e-mail: yaroslava@ssga.ru

**Аннотация.** В настоящее время заканчивается период становления цифровой картографии, на протяжении которого практически полностью реализованы прогнозируемые на рубеже веков направления. Вследствие этого проявилась необходимость переосмысления достигнутых результатов, выявления тенденций, проблем и задач развития картографии в целом, в том числе в области процессов и продуктов картографии, и на этой основе прогнозирования новых горизонтов в ее развитии. По мнению автора, достижения 4-й промышленной революции ведут к соответствующему преобразованию картографии, к переходу от цифровой картографии к постцифровой, в том числе в части обработки данных на основе соответствующим образом преобразованных ГИС. Об этом свидетельствует возникновение новых видов картографических продуктов, создаваемых в ГИС и других программных средах (на основе расширенной реальности, геопространственных цифровых двойников), развитие геопространственных экосистем, интеллектуализация ГИС и др. С учетом этого в статье представлены результаты анализа развития технологических концепций картографирования, сформулирован ряд методологических выводов, характеризующих новый этап развития картографии, а также обоснованы предпосылки формирования геоинтеллектуальной концепции картографии.

**Ключевые слова:** постцифровая картография, искусственный интеллект, автономные ГИС, геопространственный цифровой двойник, геопространственные экосистемы, иммерсивные технологии, геоинтеллектуальная концепция картографии

**Для цитирования:**

Пошивайло Я. Г. Современные тенденции, проблемы и задачи картографии. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 3. С. 108–120. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-108-120>

**Current trends, key challenges, and priority tasks in cartography**

Y. G. Poshivaylo<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Siberian State of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: yaroslava@ssga.ru

**Abstract.** The era of digital cartography, in which the trends anticipated at the turn of the century have been almost reached, is drawing to the end. This milestone has prompted a reevaluation of past achievements and identification of emerging trends, problems, and challenges in cartography as a whole, and, on this basis, the forecasting of new horizons for the field. According to the author, the achievements of the 4th Industrial Revolution are driving a fundamental transformation of cartography: a transition from digital to "post-digital" cartography, including data processing built on cor-

respondingly evolved GIS. Evidence of this transition includes the emergence of new cartographic products created in GIS and other software environments (such as augmented reality solutions and geospatial digital twins), the development of geospatial ecosystems, and the intellectualization of GIS. Considering this, the article presents an analysis of cartography's technological concepts, formulates methodological conclusions that characterize a new stage in its development, and substantiates the prerequisites for emerging geointellectual concept of cartography.

**Keywords:** post-digital cartography, artificial intelligence, autonomous GIS, geospatial digital twin, geospatial ecosystems, immersive technologies, geointellectual cartography concept

**For citation:**

Poshivaylo Y. G. (2026). Current trends, key challenges, and priority tasks in cartography. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 3. pp. 108–120. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-108-120>

**Введение**

Картография значительно изменилась в связи с всеобщей цифровизацией экономики и общества и развитием информационных технологий, вызванных переходом в начале 1960-х гг. от индустриальной к пост-индустриальной (информационной, цифровой) эпохе [1]. Развитие ГИС и интеграция их в картографию привели к становлению науки геоинформатики и формулированию новых понятий: цифровая модель местности, цифровая карта, цифровая картография и цифровое, а затем и геоинформационное, картографирование.

Произошедшая трансформация аналоговой картографии в цифровую, основанную на ГИС, закономерно вызвала пересмотр существующих теоретических концепций. В геоинформационной концепции, которая возникла как ответ на технологические изменения, происходившие в период расцвета цифровизации техносферы, картография представляется как наука о системном информационном моделировании и познании геосистем [2–4]. В отличие от познавательной и языковой концепций картографии, геоинформационная является наиболее «технологически ориентированной».

К началу 20-х гг. XXI в. геоинформационная обработка данных, включающая в себя ГИС и геопространственную аналитику, сложилась как одна из четырех ключевых сквозных технологий формирующейся в настоящее время новой отрасли экономики – геоиндустрии [5] наряду с технологиями позиционирования (глобальными, локальными, ги-

бридными системами); дистанционного зондирования Земли различными платформами и съемок сканирующими системами, такими как LiDAR, Radar, GPR, EML.

Геоиндустрия становится ключевым элементом цифровой экономики, предоставляя данные для управления природными ресурсами и урбанизацией, развития точного земледелия, оптимизации транспортной инфраструктуры и сетей связи, прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций, укрепления обороноспособности и т. п.

Этап развития картографии как части геоиндустрии (с 2001 г. до настоящего времени – 2025 г.) можно считать **становлением цифровой картографии**, в котором реализованы прогнозируемые на рубеже веков направления: мультимедийная картография, навигационная картография, многомерная картография, мобильная картография, веб-картография, когнитивная картография [6].

Таким образом, геоиндустрия заняла свое место в экономике и социальной сфере цифровой эпохи. Однако в настоящее время, по мнению научного сообщества, наблюдается активное движение к новой эпохе, основанной на интеллектуализации и других достижениях 4-й индустриальной революции [7], таких как искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей, большие данные, блокчейн, аддитивное производство, облачные и квантовые вычисления, расширенная реальность. В этой связи появились понятия киберфизических систем, технологических экосистем, цифровых двойников, метавселенной.

Также предлагаются различные наименования грядущей эпохи: эпоха знаний, эпоха

киберфизических систем, постцифровая эпоха. Термин «постцифровой» описывает период, когда цифровые технологии становятся настолько повсеместными и интегрированными в науку, производство, культуру и общество, что перестают быть чем-то отдельным или уникальным, а становятся данностью, неотъемлемой частью нашего повседневного опыта [8]. Это, однако, не означает конца цифровой эпохи, но, скорее ее новую фазу развития. Вследствие этого стала очевидной необходимость очередного переосмысления достигнутых результатов, выявления тенденций, проблем и задач развития картографии в целом, в том числе в области процессов и продуктов картографирования.

Таким образом, картография, следуя за изменением методов и технологий картографирования, эволюционировала сначала от аналоговой к цифровой, а сегодня переходит на следующий уровень, который может быть назван **постцифровой картографией**.

### *Постцифровая картография*

Прогнозирование направлений, особенностей развития, трендов и тенденций постцифровой картографии целесообразно начать с оценки реализованных к настоящему времени сценариев развития картографии, предсказанных в начале XXI в. [9–13]. Например, в статье [12], включающей 28 библиографических источников, отмечены такие оценки и будущие возможности картографии, как взаимодействие с картой посредством интернета, визуализация карты в реальном режиме времени в соответствии с требованиями пользователя, расширенное применение режимов 3D, внедрение мультимедийных технологий. Необходимо отметить, что большинство из них осуществилось, однако некоторые спрогнозированные возможности либо не осуществились вообще (например, не сбылся прогноз, что аналоговые карты как средство сохранения данных будут использоваться до 2009 г. [12]), либо пока не реализованы на ожидаемом уровне, например, составление и визуализация карт по запросу пользователя в режиме реального времени. Также до сих пор находятся на этапе разработки устройства для голографиче-

ской визуализации, широкое распространение которых ожидали в начале XXI в. [13].

Начавшиеся преобразования обобщенно могут быть представлены как интеллектуализация технологических процессов и результатов картографии. Вследствие этого изменяются ее роль, назначение, задачи и функции; на основе современных технических возможностей разрабатываются новые технологии, происходит расширение состава и дифференциация информационных объектов, возникают новые виды картографической продукции и услуг, расширяется и изменяется среда использования геопространственной информации и других инноваций, формирующих новую постцифровую картографию и трансформирующие процессы картографирования. С точки зрения продукта картографирования карта эволюционировала из информационной модели в операционную среду, которая сопровождает действия пользователя в геопространстве, обеспечивая его потребности.

На основе перечисленных факторов и общетехнической парадигмы интеллектуализации техносферы указанные изменения в картографии могут быть сформулированы в виде методологического вывода: *«Эволюционный переход от цифровой к постцифровой картографии обусловлен наступлением принципиально нового периода развития человеческой цивилизации, базирующегося на достижениях 4-й индустриальной революции, и заключается в интеллектуализации технологических процессов картографирования и переходе от обеспечения пользователей информационной картографической продукцией к решению их проблем и задач».*

Рассмотрим более детально некоторые из перечисленных выше факторов.

#### *Интеллектуализация картографии*

Интеллектуальная деятельность человека всегда лежала в основе создания и использования карт. В процессе картографирования специалист не просто фиксирует реальность, а интерпретирует ее и осуществляет когнитивную визуализацию. Картографический метод исследования также основывается на интеллектуальной деятельности человека: в процессе анализа карты происходит познание и прогнозирование процессов и явлений,

связанных с их пространственным размещением. Цифровизация картографии обусловила внедрение в процесс картографирования технических устройств и систем, в том числе компьютерной техники. На следующей витке технологического развития начался процесс интеллектуализации картографии в направлении внедрения искусственного интеллекта в процессы создания и использования карт и оказания картографических услуг.

В глобальном смысле под интеллектуализацией понимают создание интеллектуального инструмента развития экономики, основанного на знаниях. На уровне технологий интеллектуализация – это процесс внедрения в технические объекты, системы и процессы (в том числе информационные) компонентов, обладающих интеллектуальными свойствами.

В большей степени интеллектуализация затронула геоинформационные системы как основной инструмент картографической отрасли. Например, под интеллектуальной предлагается понимать ГИС, которая включает инструменты и (или) подсистемы искусственного интеллекта [14]. В интеллектуальных ГИС применимы как «классическая» геоинформационная обработка, так и интеллектуальная обработка информации. Например, искусственная нейронная сеть может использоваться в сочетании с обычной ГИС [15].

Интеллектуализация программных инструментов картографии, в том числе ГИС, сегодня происходит по ряду направлений [16]:

- интеллектуализация процессов поиска и сбора данных;
- анализа и интерпретации данных;
- представления информации.

Учитывая направления, по которым происходит интеллектуализация программных инструментов, можно сделать методологический вывод: *«Интеллектуализация картографии заключается в замене или трансформации процессов, ранее осуществляемых на основе интеллекта человека, процессами, реализуемыми на основе искусственного интеллекта».*

В рамках интеллектуализации картографии стало широко использоваться понятие GeoAI (геопространственный искусственный

интеллект) – подотрасли, развивающиеся на стыке ИИ и наук о Земле [17–19].

Развитие больших генеративных моделей ИИ (GenAI) в области обработки и генерации языка, аудио, зрения и мультимодальных технологий (например, ChatGPT), а также исследования в сфере разработок общего искусственного интеллекта ведут к революционизации информационных систем. Под влиянием генеративного ИИ исследования продвинулись в направлении концепции автономной ГИС как геоинформационной системы следующего поколения, работающей на базе ИИ и реализуемой в виде различных автономных агентов, которые могут компетентно решать геопространственные задачи с минимальным вмешательством человека или без него [20, 21]. Автономные агенты уже продемонстрировали большой потенциал в различных областях экономики [22]. Таким образом, автономные ГИС представляют собой новую парадигму интеграции ИИ с ГИС, где ИИ становится искусственным геопространственным аналитиком.

Интеллектуализация картографии в части процессов создания и использования карт и предоставления картографических услуг требует дальнейшего осмысления и реализации, поскольку именно эти направления в настоящее время вносят значимый вклад в преобразование геопространственной индустрии.

#### *Новые виды картографической продукции и услуг и гибридные решения*

Результаты картографического обеспечения [23] включают в себя как продукцию, так и услуги [24]. Необходимо отметить, что современные тренды в бизнесе делают акцент на услугах как динамичных и постоянно обновляемых ресурсах, а не статичных продуктах. Система «продукт – услуга» (Product-Service System, PSS) предлагает модель, где вместо продажи продукта предлагается комплексное решение (продукт + услуги).

Фактом, свидетельствующим о переходе к постцифровой картографии, является возникновение новых видов картографической продукции, услуг и их комбинаций (геопространственные цифровые двойники, иммерсивные картографические продукты), произ-

водимых с помощью ГИС и других программных сред.

1. *Цифровые двойники (Digital Twins)*. В результате интеграции различных программных сред можно создавать принципиально новый вид картографического продукта – геопространственный цифровой двойник (ГЦД) [25] или цифровой двойник территории. В отличие от 3D-моделей или карт геопространственные цифровые двойники, интегрируя разнообразные пространственные, сенсорные и социально-экономические данные с возможностями программно-информационных сред, обеспечивают двустороннюю информационную связь с объектом картографирования. При этом они позволяют не только визуализировать, но и анализировать и прогнозировать происходящие изменения, а также моделировать различные сценарии и формировать управляющее воздействие, как показано в [26].

Конечной целью создания ГЦД является обеспечение функционирования интеллектуальных систем развития и управления территориями. В качестве примера такого двойника приведем технологические разработки Китайской Народной Республики, где принята и реализуется программа систем интеллектуального водопользования. Согласно этой программе к 2035 г. ожидается, что все виды деятельности по управлению и регулированию водопользованием будут полностью цифровизированы и взаимосвязаны и станут управляться интеллектуальными системами. Таким образом, создается новый тип инфраструктуры, которая использует физический водораздел в качестве базовой единицы, пространственно-временные данные – как фундамент, математические модели – как ядро, а гидрологические знания – как движущую силу [27]. Инфраструктура цифрового двойника обеспечивает цифровое картографирование, а также интеллектуальное моделирование и прогнозирование всех элементов в пределах физического водораздела и всего процесса управления и регулирования водными ресурсами. Благодаря синхронизированному моделированию, виртуально-физическому взаимодействию и итеративной оптимизации обеспечивается мо-

нитинг в реальном режиме времени, а также обнаружение проблем и оптимизированное планирование физического водораздела.

Таким образом, ориентация программных инструментов картографирования на создание принципиально нового геопространственного продукта – цифрового геопространственного двойника в сочетании с геопространственной услугой по его использованию существенно расширяет функционал картографии и позволяет сделать методологический вывод: *«Трансформация программных инструментов картографирования в направлении создания и использования новых геопространственных продуктов – цифровых геопространственных двойников и услуг на их основе обеспечивает принципиально новую функциональную возможность конвергенции геопространственных данных, информации и технологий с технологическими процессами и системами отраслей, осуществляющих свою деятельность на территориях»*.

2. *Иммерсивные картографические продукты* создаются на основе технологий виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) и в целом расширенной (XR) реальности. Такие продукты комбинируют классические картографические данные с кроссплатформенными средами разработки компьютерных игр (типа Unity), что позволяет достичь новых возможностей для иммерсивного взаимодействия, превосходящих традиционные инструменты цифровой визуализации. Основной особенностью таких продуктов является изоморфизм (максимально возможное соответствие виртуальной модели и реального пространства – геометрическое подобие, сенсорное соответствие, поведенческий изоморфизм).

*Интерактивные 3D-карты*. С их помощью отображение объектов картографирования в трехмерном пространстве выполняется на экране мобильного устройства (камеры смартфона, очков дополненной реальности и др.) поверх объектов реального мира. Технология дополненной реальности позволяет как услугу выполнять виртуальное обновление тиражных отпечатков карт [28].

*Навигация с дополненной реальностью (AR-навигация)* представляет собой наложение цифровых указаний, стрелок, меток, маршрутов на изображения окружающего мира в реальном времени для интуитивно понятной навигации.

*Картографические продукты, отображаемые в виртуальной реальности*, позволяют при помощи систем VR отображать картографическое изображение и осуществлять взаимодействия с ним.

Смешанная реальность пока недостаточно распространена в геоиндустрии ввиду высокой стоимости оборудования, необходимости специализированного программного обеспечения и ограниченности контента по сравнению с более разработанными технологиями, такими как виртуальная и дополненная реальность. Несмотря на это, технология имеет большой потенциал и ее распространение ожидается по мере развития рынка.

Иммерсивные технологии в сочетании с ГИС служат платформой для революционных изменений в методологиях визуализации геоданных и создания совершенно новых способов взаимодействия с пространственной информацией [29].

*Отсюда следует вывод о том, что иммерсивные технологии трансформируют картографию, геоинформационные системы и технологии, предлагая новые, интуитивно понятные способы визуализации и взаимодействия с геопространственными данными, напрямую влияющие на когнитивный процесс восприятия и анализа местности.*

#### *Геопространственные среды (экосистемы)*

Одним из технологических прорывов, происходящих в геоиндустрии, является формирование цифровой геопространственной экосистемы, которая станет следующим эволюционным этапом развития концепции инфраструктуры пространственных данных [30]. Под технологической экосистемой понимают совокупность взаимосвязанных и интегрированных цифровых платформ, сервисов, приложений, устройств и данных, которые функционируют как единое целое. Цель такой системы – создать бесшовную, интегрированную среду, которая позволяет пользователям и компаниям эффективно взаимодействовать, автоматизировать процессы, повышать про-

изводительность и удовлетворять потребности пользователей.

В картографии цифровая геопространственная экосистема способна революционизировать то, как мы понимаем наш мир и взаимодействуем с ним, переходя от предоставления простых знаний к применению передового интеллекта.

В научной литературе описаны четыре основные цифровые геопространственные экосистемы, различающиеся уровнем охвата и масштабирования окружающей среды: геоинформационное пространство, Цифровая Земля, Геовселенная и Метавселенная.

Понятие геоинформационного пространства раскрывается в монографии А. П. Карпика [31] как информационная координированная компьютерная совокупная модель геопространства и уточняется в последующих статьях [32, 33].

Концепция Цифровой Земли активно развивается, начиная с 2006 г., когда было создано Международное общество Цифровая Земля (ISDE) [34]. С тех пор видение концепции менялось, и, начиная с 2023 г. с методологической точки зрения заявлен переход Цифровой Земли от инфраструктуры пространственных данных к парадигме полноценной цифровой экосистемы [35]. Некоторые авторы предлагают «...рассматривать «Цифровую Землю» в широком смысле и метавселенную в качестве синонимов с определенными допущениями» [36].

Понятие Геовселенная (Geoverse) не является общепризнанным устоявшимся научным термином. Оно содержится в отчетном документе [37] Комитета экспертов по глобальному управлению геопространственной информацией ООН от 2022 г., в котором Геовселенная определяется как глобально взаимосвязанная геопространственная информационная экосистема, включающая 2-, 3- и 4-мерные визуализации, предиктивную аналитику, знания в реальном времени во всех их формах и широкий спектр интегрированных и совместимых данных из различных секторов и дисциплин. Геовселенная представляется подмножеством глобальной цифровой экосистемы и имеет общие компоненты с Метавселенной [38].

Картография играет ключевую роль на всех уровнях цифровых геопространственных экосистем, поскольку предоставляет инструменты и принципы для создания, навига-

ции и понимания как физических, так и виртуальных пространств. На основании изложенного можно сделать методологический вывод: «Интеллектуализация картографии обусловлена и базируется на ее функционировании внутри цифровой геопространственной экосистемы как среды для моделирования и визуализации физического мира с использованием источников геопространственных данных, геоинформации, профессиональных геоинформационных и картографических знаний».

### Обсуждение

Анализ новых тенденций, примеров и успехов в использовании достижений 4-й индустриальной революции в картографии позволяет сделать вывод о начавшемся существенном преобразовании картографии, которое выходит за рамки как аналоговой, так и цифровой картографии. Отсюда важнейшей научной проблемой современного этапа развития картографии является отсутствие новой теоретической основы, соответствующей наступающей эпохе знаний и интегрирующей парадигмы классической (аналоговой) и цифровой картографии с новыми реалиями постцифровой картографии.

Для разрешения этой проблемы необходимо уточнить концепцию картографии в **технологическом** аспекте, определить цель предстоящих исследований, решить ряд задач и сформулировать основополагающие методологические принципы, положения и критерии.

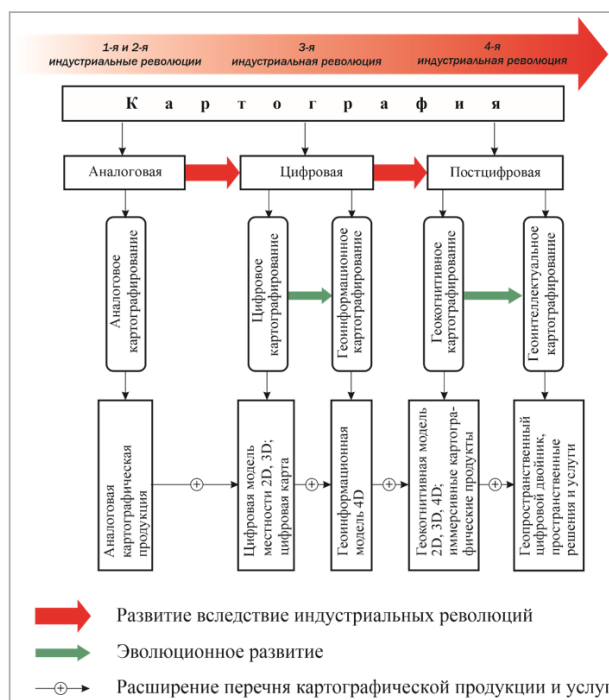
Наступление информационной эпохи привело к формированию новой генерации картографии – цифровой картографии и соответствующей концепции в картографии – геоинформационной. Наступление эпохи знаний ведет к новой генерации картографии – постцифровой картографии и поэтому требует формулирования новых концептуальных решений, и затем новой концепции.

Первыми шагами в этом направлении было введение новых концептуальных понятий: геокогнитивная технология [39, 40], геокогнитивное картографирование и геокогнитивная карта [41, 42], геокогнитивные методы и геокогнитивное моделирование [43]. Затем, в развитии этих предложений в диссертационном исследовании С. С. Янкелевич [44]

была обоснована геокогнитивная концепция геоинформатики и картографии, основанная на получении и использовании геопространственных знаний.

Однако выполненный автором анализ новых трендов, решений и предложений развития картографии на постцифровом этапе, а также сформулированные на его основе методологические выводы говорят о необходимости уточнения указанных геоинформационной и геокогнитивной концепций картографии и позволяют рассмотреть возможность формулирования новой **геоинтеллектуальной концепции**, которая рассматривает картографию как науку о картографическом моделировании, познании окружающей действительности и формировании пространственных решений на основе геопространственных данных, информации и знаний посредством технической реализации геопространственного интеллекта.

Обобщение перечисленных трендов и инноваций в картографии может быть схематично представлено как развитие картографирования в технологическом аспекте (рисунок). Знаком «плюс» показаны дополняющие виды продукции, сформировавшиеся в предыдущих периодах развития картографии.



Развитие картографирования в технологическом аспекте

### Заключение

Картографическая наука находится на новом, революционном этапе своего развития, когда технологические достижения коренным образом меняют подходы к созданию и использованию карт. Развитие картографии, обусловленное сменой технологических эпох, прошло путь от аналоговых к цифровым методам и достигло современного постцифрового этапа.

Для этого этапа характерен переход от статичного моделирования к созданию динамических цифровых двойников, которые интегрируют потоки данных и алгоритмы машинного обучения для предиктивного анализа геосистем. Внедрение нейросетевых архитектур, способных к генерации карт в режиме реального времени, фактически ликвидирует временной промежуток между событием и его картографическим отображением. Иммерсивные технологии меняют способ восприятия картографической информации, создавая «суперизоморфную» модель, на которой карта и территория объединяются. Экосистемный подход ведет к трансформации карты в открытую самоорганизующуюся среду, обеспечивающую единство пространственных данных, высокопроизводительных вычислительных сервисов и междисциплинарных прикладных решений.

Все эти аспекты постцифровой картографии так или иначе основаны на технической реализации геопространственного интеллекта.

В геоинформационной концепции карта рассматривается как образно-знаковая геоинформационная модель, как инструмент передачи информации в цифровом виде, а также сформулирован метод геоинформационного картографирования. В геокогнитивной концепции обосновывается переход от геоинформационного к геокогнитивному картографиро-

ванию, основанному на комплексном использовании геопространственных данных, информации и знаний, а также предлагается метод геокогнитивного картографирования.

Следовательно, следующий эволюционный шаг картографии – это переход от передачи и хранения геопространственных данных, информации и знаний к их автономному осмыслению и выработке геопространственных решений на основе активного геопространственного интеллекта, который ведет к формированию новой геоинтеллектуальной концепции картографии.

Для ее осознания и принятия в качестве основы дальнейшего развития картографии необходимо пересмотреть, проанализировать и уточнить основные понятия и вопросы, к которым в первую очередь относятся:

- изменение роли карты, картографии и картографирования в рамках геопространственной индустрии в экономике и жизнедеятельности общества;
- развитие теоретических и методологических основ картографии в связи с интеллектуализацией картографирования;
- влияние новых источников геопространственных данных на процессы и результаты картографирования;
- изменение вида, содержания и функционала картографической продукции и услуг;
- изменение роли картографа и роли пользователя в процессах создания и использования картографической продукции и услуг;
- изменение инструментов, технологических процессов и сред картографирования и применения его результатов.

Ответы на поставленные вопросы могут послужить фундаментом для технологической трансформации картографии в целом и в первую очередь картографирования.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пошивайло Я. Г., Лисицкий Д. В. Формализация представления технологических процессов картографирования на основе системно-технического анализа. Информация и космос. 2023. № 2. С. 106–113. EDN RLIBGD.
2. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. М. : МГУ, 1997. 288 с.
3. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. М. : КДУ, 2016.
4. Бешенцев А. Н. Геоинформационная концепция картографического метода исследования. Геодезия и картография. 2011. № 9. С. 31–37.

5. UN-GGIM URL: [https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/11th-Session/documents/Geospatial\\_Industry\\_Advancing\\_the\\_SDGs.pdf](https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/11th-Session/documents/Geospatial_Industry_Advancing_the_SDGs.pdf).
6. Андрюхина Ю. Н., Бугаков П. Ю., Касьянова Е. Л., Кацко С. Ю., Колесников А. А., Комиссарова Е. В., Лисицкий Д. В., Молокина Т. С., Радченко Л. К., Пошивайло Я. Г., Утробина Е. С., Янкевич С. С. Цифровая картография : монография / под научной редакцией Д. В. Лисицкого. Новосибирск : СГУГиТ, 2023. 442 с.
7. Шваб, К. Четвертая промышленная революция. М. : Эксмо, 2016. 138 с.
8. Cramer, F. (2014). What is Post-Digital? A Peer Reviewed Journal about Post-digital Research, 3(1), 10–24, <https://doi.org/10.7146/aprja.v3i1.116068>.
9. Кошкарев А. В. Инфраструктуры пространственных данных и очередные задачи картографии. Картография XXI века: теория, методы, практика : доклады II Всерос. науч. конф. по картографии, посвященной памяти Александра Алексеевича Лютого (Москва, 2–5 октября 2001 г.), М. : ИГ РАН, с. 137–144.
10. Зинчук Л. Н., Комедчиков Н. Н., Мартыненко А. И. [и др.] Современные направления развития картографии. Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2006. № 4. С. 14–19. EDN HVDZBR.
11. MacEachren A. M., Fräser Taylo D. R. Visualization in modern cartography. New York : Pergamon. 1994. 343 p.
12. S. Frangeš, N. Frančula, M. Lapaine: The Future of Cartography. January 2002 Kartografija i geoinformacije 1(1):7-21 [https://www.researchgate.net/publication/279911278\\_The\\_Future\\_of\\_Cartography](https://www.researchgate.net/publication/279911278_The_Future_of_Cartography).
13. Matveyev, Sergey & Klimenko, Stanislav. Visualization & holography: Real Virtuality. Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. 2002. 4665. 10.1117/12.458812.
14. Popovich V. Intelligent GIS Conceptualization. Information Fusion and Geographic Information Systems, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 2014. P. 17–44.
15. Бучкин В. А. Состояние и развитие интеллектуальных ГИС. Информация и космос. 2020. № 3. С. 119–123. EDN DSSPHP.
16. Готов А. А. Интеллектуализация геоинформационных систем: подходы и направления. Геоматика. 2015. № 4. С. 18–24. EDN VCNGVV.
17. Gao, Song. 2020. A Review of Recent Researches and Reflections on Geospatial Artificial Intelligence. Geomatics and Information Science of Wuhan University 45 (12): 1865–1874, <https://doi.org/10.13203/j.whugis20200597>.
18. Zhang, Yongsheng, et al. 2021. Progress and Challenges of Geospatial Artificial Intelligence. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica 50 (9): 1137.
19. Li, W., Arundel, S., Gao, S., Goodchild, M., Hu, Y., Wang, S., & Zipf, A. (2024). GEOAI for science and the science of GEOAI. Journal of Spatial Information Science, 1–17, <https://doi.org/10.5311/josis.2024.29.349>.
20. Z. Li, H. Ning, S. Gao [et al.]. GIScience in the Era of Artificial Intelligence: A Research Agenda Towards Autonomous GIS 2025. URL : <https://arxiv.org/abs/2503.23633> (дата обращения: 12.12.2025).
21. Присяжнюк С. П., Комашинский В. И., Храбан А. В. На пути к когнитивным геоинформационным системам. Информация и Космос. 2025. № 3. С. 72–81.
22. Joshi, Satyadhar. (2025). Review of Autonomous and Collaborative Agentic AI and Multi-Agent Systems for Enterprise Applications. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management. 12. 2350-0557. 10.55524/ijirem.2025.12.3.9.
23. Логинов Д. С. Формализация выбора результата картографического обеспечения научно-производственной деятельности. Вестник СГУГиТ. 2025. Т. 30, № 5. С. 58–67. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-58-67.
24. Лисицкий Д. В. Картография в эпоху информатизации: новые задачи и возможности. География и природные ресурсы. 2016. № 4. С. 22–28. DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2016-4(22-28). EDN XEHPJL.
25. Farag, Alshimaa & Doheim, R. M. (2025). Geospatial digital twins: Applications in sustainable urban planning. DOI 10.1016/B978-0-443-33333-0.00009-0.

26. Iossa R., Domenighini P., Cotana F. (2025). Digital Twins from Building to Urban Areas: An Open Opportunity to Energy, Environmental, Economic and Social Benefits. *Applied Sciences*. 15. 10795. DOI 10.3390/app151910795.
27. Xu, Qinrong & Rogers, Sarah & Veldwisch, Gert Jan & Melsen, Lieke & Han, Xiao & Boelens, Rutgerd. (2025). Towards a critical understanding of digital twins: The politics of digitalizing rivers in China. *Environment and Planning E: Nature and Space*. 10.1177/25148486251386256.
28. Батырова К. С. Разработка методики создания и использования картографической продукции с элементами дополненной реальности : дис. ... канд. техн. наук : специальность 1.6.20. Геоинформатика, картография. Батырова Каршия Сериковна. Новосибирск, 2025. 130 с.
29. Pavelka Jr, Karel & Landa, Martin. (2024). Using Virtual and Augmented Reality with GIS Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 13. 241. 10.3390/ijgi13070241/.
30. Coetzee, Serena & Gould, Michael & McCormack, Bruce & Mohamed Ghouse, Zaffar & Scott, Greg & Knoch, Alexander & Alameh, Nadine & Strobl, Josef & Wytzisk, Andreas & Devarajan, Thirumalaivasan. (2021). Towards a sustainable geospatial ecosystem beyond SDIs. 10.13140/RG.2.2.22555.39203.
31. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. Новосибирск : СГГА, 2004. 260 с.
32. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы. *Геодезия и картография*. 2009. № 5. С. 41–44.
33. Присяжнюк С. П., Осипов Г. К. Сущность понятия «единое геоинформационное пространство» и принципы его формирования. *Информация и космос*. 2022. № 4. С. 175–178. EDN NQBAL.
34. International Society for Digital Earth. URL: <https://digitalearth-isde.org/>.
35. Annoni A. [и др.]. Digital earth: yesterday, today, and tomorrow [Электронный ресурс] *International Journal of Digital Earth Volume 16, 2023 Issue 1. Раздел 5.2.1.* URL:<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2023.2187467> (дата обращения: 28.11.2025).
36. Панин В. О. Концепции Цифровой Земли и метавселенной: их соотношение и тенденции развития. *Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон»*. 2023. № 33. С. 693–700. DOI 10.20948/graphicon-2023-693-700. EDN LOELIK.
37. Arnold, Lesley. (2022). Future Geospatial Information Ecosystem: From SDI to SoS and on to the Geoverse Making the Step Change Using the Integrated Geospatial Information Framework. 52 p.
38. Ball M. *The Metaverse: And How It Will Revolutionize Everything*. London: Liveright. 2022. 351 p.
39. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Байков К. С., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления. *Вестник СГУГиТ*. 2017. Т. 22, № 4-С. С. 53–67.
40. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Перспективные направления развития геодезической отрасли в условиях постиндустриальной эпохи и цифровой экономики. *Геодезия и картография*. 2019. Т. 80. № 4. С. 55–64. DOI 10.22389/0016-7126-2019-946-4-55-64.
41. Антонов Е. С. Геокогнитивные карты и технологии – новый этап в картографии. *Вестник СГУГиТ*. 2020. Т. 25, № 2. С. 140–150.
42. Янкелевич С. С. Технология геокогнитивного картографирования. *Отходы и ресурсы*. 2023. Т. 10 № 1. URL: <https://resources.today/PDF/05INOR123.pdf> DOI: 10.15862/05INOR123.
43. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геокогнитивные методы обеспечения анализа и прогнозирования социально-экономического развития территорий. *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС»*. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140.
44. Янкелевич С. С. Разработка теории и методологии картографирования территорий на основе геопространственных знаний : специальность 1.6.20. Геоинформатика, картография : дис. ... д-ра техн. наук. Янкелевич Светлана Сергеевна. Новосибирск, 2024. 245 с.

## REFERENCES

1. Poshivaylo Ya. G., Lisitsky D. V. (2023). Formalization of the representation of technological processes of mapping based on systems and technical analysis. *Informatsiya i kosmos [Information and space]*. No. 2. Pp. 106–113. EDN RLIBGD.
2. Berlyant, A. M. (1997). *Geoinformatsionnoye kartografirovaniye [Geoinformation mapping]*. Moscow: Moscow State University Publishing House, 288 p.
3. Lurye, I. K. (2016). *Geoinformatsionnoye kartografirovaniye [Geoinformation mapping]*. Moscow: KDU.
4. Beshentsev A. N. (2011). Geoinformation concept of the cartographic research method. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]*. No. 9. Pp. 31–37.
5. UN-GGIM. Retrieved from [https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/11th-Session/documents/Geospatial\\_Industry\\_Advancing\\_the\\_SDGs.pdf](https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/11th-Session/documents/Geospatial_Industry_Advancing_the_SDGs.pdf).
6. Andryukhina Yu. N., Bugakov P. Yu., Kasyanova E. L., Katsko S. Yu., Kolesnikov A. A., Komissarova E. V., Lisitsky D. V., Molokina T. S., Radchenko L. K., Poshivaylo Ya. G., Utrobina E. S., Yankelevich S. S. (2023). *Tsifrovaya kartografiya [Digital cartography]: monograph*; edited by D. V. Lisitsky. Novosibirsk: SGUGiT, 442 p. ISBN 978-5-907711-37-2.
7. Schwab, K. (2016). *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya [The Fourth Industrial Revolution]*. Moscow: Eksmo. 138 p.
8. Cramer, F. (2014). What is Post-Digital? A Peer Reviewed *Journal about Post-digital Research*, 3(1), 10–24, <https://doi.org/10.7146/aprja.v3i1.116068/>.
9. Koshkarev, A. V. (2001). Spatial data infrastructures and the next tasks of cartography. *Kartografiya XXI veka: teoriya, metody, praktika: Doklady II Vseros. nauch. konf. po kartografii, posvyashchennoy pamyati Aleksandra Alekseyevicha Lyutogo [Cartography of the XXI century: theory, methods, practice: Reports of the II All-Russian scientific conf. in Cartography, dedicated to the memory of Alexander Alekseevich Lyuty]* (Moscow, October 2-5, 2001), IG RAS Moscow, pp. 137–144.
10. Zinchuk L. N., Komedchikov N. N., Martynenko A. I. [et al.] (2006). Modern Directions in the Development of Cartography. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography]*. No. 4. Pp. 14–19. EDN HVDZBR.
11. MacEachren A. M., Fräser Taylo D. R. (1994). *Visualization in modern cartography*. New York : Pergamon. 343 p.
12. S. Frangeš, N. Frančula, M. Lapaine: The Future of Cartography. *January 2002 Kartografija i geoinformacije* 1(1):7-21 [https://www.researchgate.net/publication/279911278\\_The\\_Future\\_of\\_Cartography](https://www.researchgate.net/publication/279911278_The_Future_of_Cartography).
13. Matveyev, Sergey & Klimenko, Stanislav. (2002). Visualization & holography: Real virtuality. Proceedings of SPIE *The International Society for Optical Engineering*. 4665. 10.1117/12.458812.
14. Popovich V. (2014). Intelligent GIS Conceptualization. *Information Fusion and Geographic Information Systems, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, P. 17–44.
15. Buchkin, V. A. (2020). State and Development of Intelligent GIS. *Informatsiya i kosmos [Information and Space]*. No. 3. P. 119–123. EDN DSSPHP.
16. Glotov, A. A. (2015). Intellectualization of Geoinformation Systems: Approaches and Directions. *Geomatika [Geomatics]*. No. 4. Pp. 18–24. EDN VCNGVV.
17. Gao, Song. (2020). A Review of Recent Researches and Reflections on Geospatial Artificial Intelligence. *Geomatics and Information Science of Wuhan University* 45 (12): 1865–1874, <https://doi.org/10.13203/j.whugis20200597>.
18. Zhang, Yongsheng, et al. (2021). Progress and Challenges of Geospatial Artificial Intelligence. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica* 50 (9): 1137.

19. Li, W., Arundel, S., Gao, S., Goodchild, M., Hu, Y., Wang, S., & Zipf, A. (2024). GEOAI for science and the science of GEOAI. *Journal of Spatial Information Science*, 1–17. <https://doi.org/10.5311/josis.2024.29.349>.
20. GIScience in the Era of Artificial Intelligence: A Research Agenda Towards Autonomous GIS / Z. Li, H. Ning, S. Gao [et al.]. 2025. URL : <https://arxiv.org/abs/2503.23633> (дата обращения: 12.12.2025).
21. Prisyazhnyuk S. P., Komashinsky V. I., Khraban A. V. (2025). Towards cognitive geographic information systems. *Informaciya i Kosmos [Information and space]*. No 3. Pp. 72–81.
22. Joshi, Satyadhar. (2025). Review of Autonomous and Collaborative Agentic AI and Multi-Agent Systems for Enterprise Applications. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management*. 12.2350-0557. 10.55524/ijirem.2025.12.3.9.
23. Loginov, D. S. (2025). Formalization of the Selection of the Result of Cartographic Support for Scientific and Industrial Activities. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGIT]*. Vol. 30, No. 5. Pp. 58–67. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-58-67.
24. Lisitsky D. V. (2016) Cartography in the Information Age: New Challenges and Opportunities. *Geografiya i prirodnyye resursy [Geography and Natural Resources]*. No. 4. Pp. 22–28. DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2016-4(22-28). EDN XEHPJL.
25. Farag, Alshimaa & Doheim, R. M. (2025). 22. 10.1016/B978-0-443-33333-0.00009-0.
26. Iossa R., Domenighini P., Cotana F. (2025). Digital Twins from Building to Urban Areas: An Open Opportunity to Energy, Environmental, Economic and Social Benefits. *Applied Sciences*. 15. 10795. DOI 10.3390/app151910795.
27. Xu, Qinhong & Rogers, Sarah & Veldwisch, Gert Jan & Melsen, Lieke & Han, Xiao & Boelens, Rutgerd. (2025). Towards a critical understanding of digital twins: The politics of digitalizing rivers in China. *Environment and Planning E: Nature and Space*. DOI 10.1177/25148486251386256.
28. Batyrova K. S. (2025). Development of methods for creating and using cartographic products with elements of augmented reality: specialty 1.6.20. Geoinformatics, cartography: dissertation for the degree of candidate of technical sciences; Siberian State University of Geosystems and Technologies. Novosibirsk. 130 p.
29. Pavelka Jr., Karel & Landa, Martin. (2024). Using Virtual and Augmented Reality with GIS Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 13. 241. 10.3390/ijgi13070241.
30. Coetzee, Serena & Gould, Michael & McCormack, Bruce & Mohamed Ghouse, Zaffar & Scott, Greg & Kmoch, Alexander & Alameh, Nadine & Strobl, Josef & Wytzisk, Andreas & Deva-  
rajan, Thirumalaivasan. (2021). Towards a sustainable geospatial ecosystem beyond SDIs. 10.13140/RG.2.2.22555.39203.
31. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskiye i tekhnologicheskiye osnovy geoinformatsionnogo obespecheniya territoriy [Methodological and technological foundations of geoinformation support of territories]*: Monograph. Novosibirsk: SGGA, 260 p.
32. Karpik, A. P., Lisitsky D. V. (2009). Electronic geospace – essence and conceptual foundations *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]*. No. 5. P. 41–44.
33. Prisyazhnyuk, S. P., Osipov G. K. (2022). The essence of the concept of “single geoinformation space” and the principles of its formation. *Informatsiya i kosmos [Information and space]*. No. 4. P. 175–178. EDN NQBAL.
34. International Society for Digital Earth. Retrieved from <https://digitalearth-isde.org/>.
35. Annoni A. [et al.] (2023). Digital earth: yesterday, today, and tomorrow. *International Journal of Digital Earth* Volume 16, issue 1. Section 5.2.1. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2023.2187467> (accessed: 28.11.2025).
36. Panin, V. O. (2023). Concepts of the Digital Earth and the Metaverse: Their Relationship and Development Trends. *Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii po komp'yuternoy grafike i zre-niyu "Grafikon" [Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Vision "Graphicon"]*. No. 33. P. 693–700. DOI 10.20948/graphicon-2023-693-700. EDN LOELIK.

37. Arnold, Lesley. (2022). Future Geospatial Information Ecosystem: From SDI to SoS and on to the Geoverse: Making the Step Change Using the Integrated Geospatial Information Framework. 52 p.
38. Ball, M. (2022). *The Metaverse: And How It Will Revolutionize Everything*. London: Liveright. 351 p.
39. Karpik, A. P., Lisitsky, D. V., Baikov, K. S., Osipov, A. G., Savinykh, V. N. (2017). Geospatial Discourse of Advanced and Breakthrough Thinking. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]*. Vol. 22, No. 4-S. P. 53-67.
40. Karpik A. P., Lisitsky D. V. (2019). Promising Directions for the Development of the Geodetic Industry in the Post-Industrial Era and Digital Economy. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]*. Vol. 80. No. 4. P. 55–64. DOI 10.22389/0016-7126-2019-946-4-55-64
41. Antonov E. S. (2020). Geocognitive Maps and Technologies – a New Stage in Cartography. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]*. Vol. 25, No. 2.
42. Yankelevich, S. S. (2023). Geocognitive Mapping Technology *Waste and Resources*. V. 10 No. 1 Retrieved from <https://resources.today/PDF/05INOR123.pdf>. DOI 10.15862/05INOR123
43. Karpik A. P., Lisitsky D. V., Osipov A. G., Savinykh V. N. Geocognitive methods for supporting analysis and forecasting of the socio-economic development of territories. *Mezhdunarodnoy konferentsii "InterKarto. InterGIS"*. [Proceedings of the International Conference "InterCarto. InterGIS"]. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140.
44. Yankelevich S. S. (2024). Development of the theory and methodology of mapping territories based on geospatial knowledge: specialty 1.6.20. Geoinformatics, cartography: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences; Siberian State University of Geosystems and Technologies. Novosibirsk. 245 p.

### Об авторах

Ярослава Георгиевна Пошивайло – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой картографии и геоинформатики.

### Author details

Yaroslava G. Poshivaylo – Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Cartography and Geoinformatics.

Получено / Received 23.12.2025

Поступила после рецензирования / Revised 27.02.2026

Принята к публикации / Accepted 12.03.2026