

Е. А. Бровко^{1,2} 

Методические и технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для обеспечения актуальности цифровой картографической продукции

¹ППК «Роскадастр», г. Москва, Российская Федерация

² Московский университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: brovko.priroda@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются основные результаты проведенных теоретических и эмпирических исследований, на основании которых разработаны методические и технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для оперативного обновления цифровых (электронных) топографических карт и обеспечения актуальности цифровой картографической продукции (ЦКП). Исследования, включающие теоретический анализ и синтез; изучение зарубежной и отечественной специализированной литературы; инструментальные (в виде определения координат изменившихся объектов местности) и программные методы (в виде обработки геопространственной информации и визуализации результатов работ) – направлены на обоснование рекомендаций и требованиям к методам и технологиям, обеспечивающим актуализацию геоинформационной продукции – новым видам ЦКП, включая требования к технологиям их обновления с использованием услуг, предоставляемых системой ГЛОНАСС.

Ключевые слова: актуализация пространственных данных, детальный топографический мониторинг, материалы космической съемки, цифровая картографическая продукция

Е. А. Бровко^{1,2} 

Methodological and technological solutions for the use of topographic monitoring data to ensure the relevance of digital cartographic products

¹PKK «Roskadastr», Moscow, Russian Federation,

² Moscow University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russian Federation
e-mail: BrovkoEA@kadastr.ru

Abstract. The article discusses the main results of theoretical and empirical research, based on which methodological and technological issues have been developed on the use of topographic monitoring data for operational updating of digital (electronic) topographic maps and ensuring the relevance of digital cartographic products (DCP). Research, including theoretical analysis and synthesis, the study of foreign and domestic specialized literature, instrumental (in the form of determining the coordinates of changed terrain objects) and software methods, in the form of processing geospatial information and visualizing the results of work, are aimed at substantiating recommendations and requirements for new types of DCP, including requirements for technologies for their creation and updating using services provided by the GLONASS system.

Keywords: updating spatial data, detailed topographic monitoring, satellite survey materials, figures

Введение

Основание для выполнения исследования:

НИР «Геокарта-2030», выполняемая в соответствии с Федеральным проектом «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» [1].

Законодательная база:

Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в части реализации статей 4, 11, 16 (п.5), 17, 20;

Федеральный закон от 4 августа 2023 года № 491-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Нормативно-техническим обеспечением работ по актуализации пространственных данных служат разработанные ППК «Роскадастр» при участии Военно-топографической службы Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации (ВТУ ГШ ВС РФ) нормативно-технические документы (НТД): ГОСТ Р 71887–2024 [2]; ГОСТ Р 72017-2025 [3], регламентирующие процесс топографического мониторинга.

Цель исследования: разработка методических и технологических решений по использованию данных топографического мониторинга для оперативного обновления цифровых (электронных) топографических карт (ЦТК, ЭТК) и обеспечение мониторинга актуальности цифровой картографической продукции ЦКП, в том числе, создаваемой на единой электронной топографической основе (ЕЭКО).

Основные задачи: обоснование рекомендаций и требований к технологиям создания и обновления по данным детального топографического мониторинга (ДТМ) новых видов цифровой картографической продукции с использованием системы ГЛОНАСС, с учетом нормативной периодичности их обновления [4].

Разработка механизмов актуализации ЦКП с использованием метода топографического мониторинга (ТМ) является одной из первоочередных задач, решаемых в рамках НИР «Геокарта-2030», поскольку основным требованием к цифровым (электронным) топографическим картам является максимальное соответствие карты современному состоянию изображенной на них местности.

Результаты проведенных исследований, полученные в процессе НИР «Геокарта 2030» в 2024 г. по использованию данных топографического мониторинга для анализа разновременных материалов космической съемки в целях планированию картографических работ по обновлению цифровых топографических карт в целях поддержания актуальности ЦТК на территорию Российской Федерации, приведены в публикации Бровко Е.А., Гоголевой Е.Е. [5].

Обоснование необходимости проведения исследований в сфере создания (актуализации) геоинформационных продуктов и новых видов ЦКП

Постановка задачи создания новых видов геоинформационных продуктов, услуг и ЦКП обусловлена необходимостью разработки и издания современной инновационной цифровой картографической продукции, обладающей «потребительской новизной», конкурентоспособностью, возможностью эффективного использования для решения задач управления территориями регионов страны, а также получения прибыли от их реализации.

Результаты масштабного анализа потребностей федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в актуальных пространственных данных для решения государственных задач отраслями экономики и обороны страны, изложенные в публикации Карпика А.П., Обиденко В. И., Побединского Г.Г. [6] – послужили неоспоримым доказательством необходимости модернизации и совершенствования методов и технологий создания (актуализации) существующей и новых видов геоинформационной продукции и ЦКП.

Проектирование и создание системы государственного топографического мониторинга (системы ГТМ) [7] – составной компоненты национальной системы пространственных данных (НСПД) [8, 9] в едином геоинформационном пространстве, ориентировано на совершенствование методов и технологий актуализации пространственных данных в масштабе территории страны.

В качестве теоретической и методологической основы разработки и реализации инновационного проекта-создание системы ГТМ, определены программно-целевой метод и системный новаторский подход.

Программно-целевой метод, предусматривающий стратегическое планирование и оперативное управление на стадии проектирования и создания системы ГТМ (ее основных элементов) посредством разработки программных исследований – построение графов, в виде «дерева целей» (совокупности программных исследований) и обеспечение их увязки с ресурсами (информационными, трудовыми, экономическими) – «деревом ресурсов», необходимыми для реализации задачи создания системы ГТМ.

Системный новаторский подход предполагает:

- использование новых методов (в том числе, сетевого анализа, с выявлением ключевых характеристик элементов системы топографического мониторинга) и развитие критических геоинформационных технологий [10], ориентированных на создание новых видов инновационной цифровой картографической продукции;

- более эффективное применения материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса (оптико-электронного и радиолокационного наблюдения) и геоинформационных технологий для их обработки, в оперативном режиме, в целях получения информативных по содержанию современных видов ЦКП;

– применение технологий искусственного интеллекта (алгоритмов машинного обучения при дешифрировании материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и автоматического анализа полученных данных об изменениях объектов местности, с выявлением закономерностей и прогнозов их развития);

– оценки и использование в исследовании дополнительных возможностей (показа виртуальной, дополненной, смешанной реальности) при проведении экспериментальных исследований, в том числе при создании иммерсивной среды, с использованием мультимедийных картографических приложений.

– разработки стратегии для получения новых знаний (с учетом определения проблематики исследования, генерированием идеи организации топографического мониторинга, оценив масштабы работ и выбрав верные методические и технологические решения).

Системный новаторский подход ориентирован, в том числе на прикладной аспект использования данных топографического мониторинга, учитывающий: улучшение точности и достоверности его результатов; функциональные особенности создаваемых видов ЦКП; ускорение процесса, направленного на достижение ключевой цели в получении конечной цифровой геоинформационной продукции и ЦКП.

Реализация поставленных задач обусловлена необходимостью разработки и издания современной ЦКП – ЦТК (ЭТК), цифровых топографических планов (ЦТП), организацией мониторинга актуализации ЕЭКО и создаваемой на ее базе специальных топографических, тематических карт на территории регионов Российской Федерации.

Терминологическая система (фрагмент), используемая в технологическом процессе топографического мониторинга

В процессе создания новых видов ЦКП и их актуализации по результатам топографического мониторинга предполагается использование современных терминов и их определений, ряд из которых взят из разработанных автором ГОСТ Р [5, 6], а приведенные в настоящей публикации и заимствованные из Концепции технологического развития [7] адаптированы к исследуемой предметной области.

Актуализация пространственных данных: Процесс приведения содержания данных о пространственных объектах, в том числе в электронной форме, в соответствие с современным состоянием местности (ГОСТ Р 71887-2024, раздел 3, пункт 3.1.1).

Топографический мониторинг: Регламентированное наблюдение и картографическое слежение за состоянием и изменениями пространственных объектов (п.3, статьи 3 ФЗ-431 (в ред. ФЗ-491) – элементов содержания цифровых (электронных) топографических карт на основе материалов аэро- и космической съемки, данных глобальных навигационных спутниковых систем, отраслевых пространственных данных, получаемых в близком к реальному времени

Детальный топографический мониторинг: Уровень топографического мониторинга (ТМ) для установления изменений объектов местности по современным оптико-электронным космическим снимкам высокого номинального пространственного разрешения (не хуже 2,5 м) и отраслевым пространственным данным, фиксирования изменений на цифровой дежурной топографической карте, в базе данных изменений объектов местности и при формировании оригиналов изменений. ГОСТ Р 71887–2024, раздел 3, пункт 3.1.11

Цифровая дежурная топографическая карта; ЦДТК: Цифровая топографическая карта, в электронном форме, используемая в качестве документа, в котором систематически отмечаются происходящие на местности изменения, подлежащие учету и отображению на обновляемой и вновь изготавливаемой цифровой картографической продукции в соответствии с ГОСТ Р 71887- 2024, раздел 3, пункт 3.1.19. При этом совокупность массивов данных, распределенная по слоям, с атрибутивными характеристиками объектов, составляет номенклатурный лист ЦДТК соответствующего масштаба.

Виды инновационной цифровой картографической продукции- новые и/или подвергнутые различным изменениям в технологическом процессе их создания, в последние годы (3–5 лет) картографические материалы, геоинформационная продукция, в том числе, цифровая дежурная топографическая карта, оригинал изменений, база данных изменений объектов местности [3].

Критические технологии, ориентированные на создание новых видов ЦКП – геоинформационные технологии, используемые в отрасли геодезии, картографии, в дистанционном зондировании Земли, необходимые для создания и актуализации инновационных видов цифровой картографической продукции и высокотехнологичных сервисов, имеющих системное значение для картографического обеспечения решения социально-экономических задач, обороны страны и безопасности государства.

Материалы и методы

Исходными материалами, для ведения топографического мониторинга, должны служить:

- архивные материалы и современные материалы космической съемки среднего номинального пространственного разрешения (см. ГОСТ Р 70077-2022, пункт 3.1.15) – для целей обзорного топографического мониторинга; современные материалы аэросъемки и космической съемки высокого номинального пространственного разрешения – для целей ДТМ;
- материалы, содержащие пространственные данные: карты, планы, планшеты, другие документы, являющиеся исходными для преобразования содержащихся в них пространственных данных в электронный вид;
- пространственные данные, включающие сведения, удостоверяющие местоположения пространственного объекта: описание пространственного объекта с помощью набора данных, включающего в себя координатное описание, идентификатор, наименование (при наличии – адрес) объекта, описание его тополо-

гических отношений с другими пространственными объектами, предоставляемое юридически значимым источником пространственных данных;

- сведения ЕЭКО согласно [1] (статья 16, пункт 4).

В процессе настоящего исследования применялись *комплексные теоретические и эмпирические методы*, включающие теоретический анализ и синтез, изучение зарубежной и отечественной специализированной литературы в данной предметной области, инструментальные методы, в виде определения координат изменившихся объектов местности) и программные методы, в виде автоматизированной (автоматической) обработки различных видов пространственных данных и визуализации их результатов.

Результаты

Под *методическими решениями* понимается совокупность документов, описывающих технологию детального топографического мониторинга (ДТМ), методы выбора и применения технологических способов и приемов для актуализации пространственных данных.

Методические решения должны сопровождать:

- технологию функционирования детального топографического мониторинга (ДТМ) в части актуализации цифровой картографической продукции (ЦКП);
- методы, выбранные для выполнения технологических этапов ДТМ, касающиеся актуализации ЦКП (топографической и тематической);
- технологические приемы, применяемые для получения результатов на этапах ДТМ и в процессе актуализации содержания ЦТК, в том числе цифровых топографических карт специального назначения.

Методические решения основываются на научном системном подходе, то есть на знании наук о Земле. При актуализации ЦКП методические решения устанавливают требования:

- к методам проверке материалов детального топографического мониторинга;
- оценке достаточности имеющихся результатов работ по ДТМ для планирования обновления ЦТК (ЭТК) и актуализации ЦКП;
- контролю результатов ДТМ и оценке их возможностей для выполнения технических расчетов и моделирования в зависимости от задач и используемых моделей, формируемых пользователями ЦКП;
- анализу прогноза развития территории картографирования по результатам выявленных количественных и качественных изменений объектов местности, актуализированных на ЦКП;
- оценке полноты, качества и достоверности полученных актуальных пространственных данных;
- применению инновационных методов обучения, в том числе искусственного интеллекта, с использованием интерактивных технологий, виртуальной и дополненной реальности.

Методические решения должны содержать:

– методические рекомендации (МР) по регламентированному картографическому слежению за состоянием и изменениями объектов местности – элементов содержания ЦТК (ЭТК), ЕЭКО, других видов ЦКП, создаваемых на основе ЕЭКО;

– приемы выявления отдешифрованных по космическим снимкам изменений и их картографирование в соответствии с ГОСТ Р 71887-2024;

– технологии использования результатов ДТМ, которые должны формироваться в базах данных изменений объектов местности (в филиалах ППК «Роскадастр» – по зонам их деятельности), в соответствии с ГОСТ Р 72 017-2025.

Методические рекомендации планируется разработать в рамках НИР «Геокарта -2030» и утвердить приказом ППК «Роскадастр» в 2026 г.

Методические рекомендации должны регламентировать *требования и методы*:

– сбора, получения и систематизации информации на территорию картографирования номенклатурного листа (НЛ) ЦКП;

– использования специального программного обеспечения (например, СПО «Модуль КТМ»), обеспечивающего автоматическое (автоматизированное) дешифрирование по материалам космической съемки изменений объектов местности, их векторизацию на цифровой дежурной топографической карте, оригинале изменений, сопряженных с базой данных изменений объектов местности;

– актуализацию содержания ЦКП в соответствии с современным состоянием местности.

Технологическая схема модуля сбора, получения и систематизации информации на территорию картографирования приведена на рис.1.

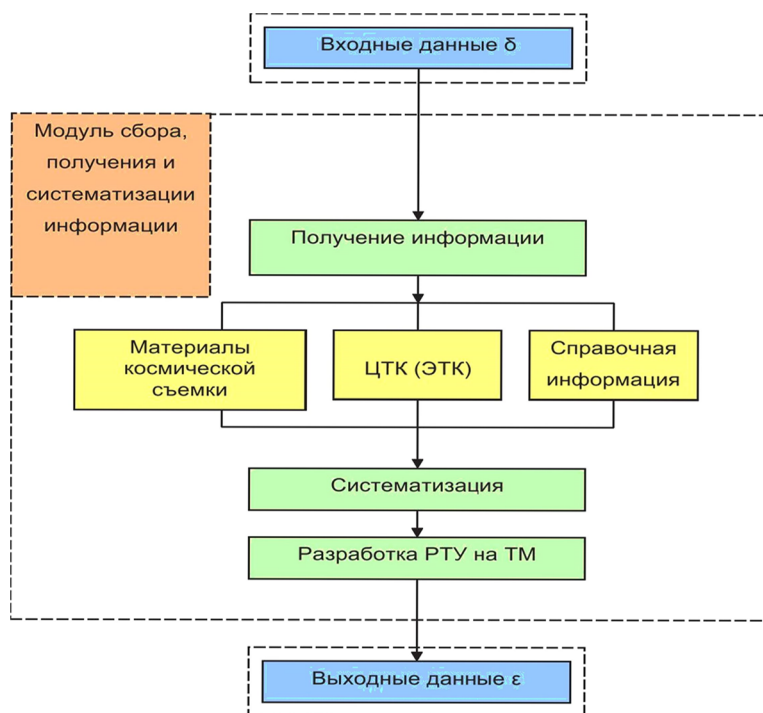


Рис. 1. Технологическая схема модуля сбора, получения и систематизации информации на территорию картографирования [2]

Технологическая схема модуля комплексной обработки геопространственной информации, приведенная на рис. 2, иллюстрирует основные технологические процессы в интеграции с методическими решениями по автоматизированной (автоматической) обработке – автоматизированному дешифрированию и векторизации изменений объектов местности, в том числе с использованием методики создания и обновления наборов пространственных данных на базе программного комплекса (ПК) «Модуль КТМ», альтернативное решение ПО комплекса автоматизированного дешифрирования и векторизации (разработчик: КБ «Панорама»).

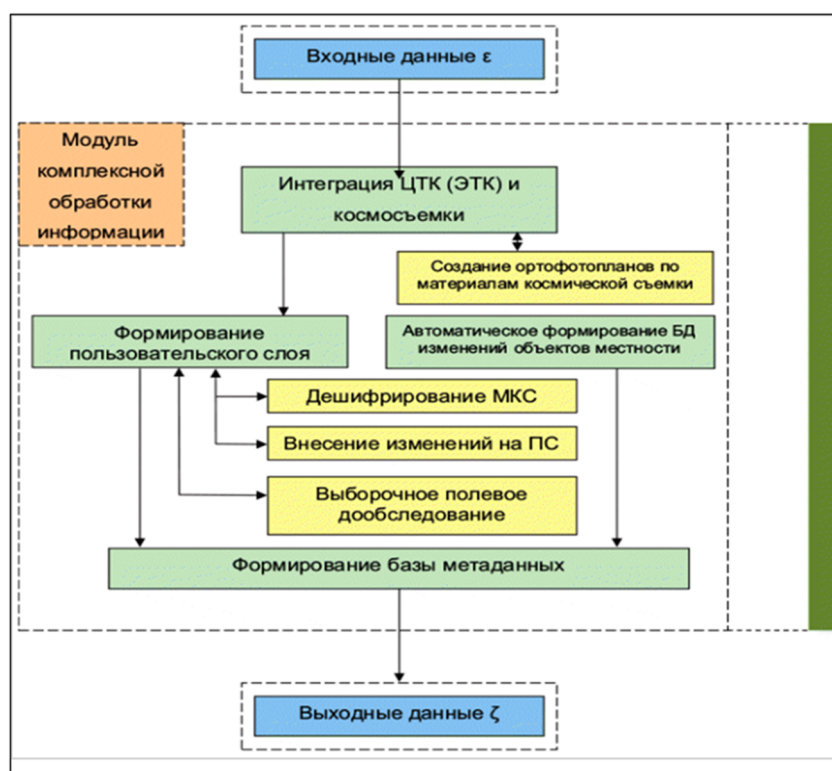


Рис.2. Технологическая схема модуля комплексной обработки геопространственной информации

Технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для обеспечения актуальности цифровой картографической продукции – это комплекс мероприятий и методов, направленных на выбор, разработку и внедрение методов и технологий, обеспечивающих эффективное, безопасное и экономичное функционирование топографического мониторинга.

В контексте проектирования системы ТМ, технологические решения включают в себя:

- анализ и обоснованный выбор технологических процессов (их описание), определение оптимальных технологий для выполнения задач актуализации пространственных данных;

- использование и, при необходимости, внедрение современных методов, способов и приемов, обеспечивающих достоверность, точность, современность, высокое качество актуализируемой цифровой картографической продукции;
- обоснование схем управления процессами, описание программных и аппаратных средств и технологий, которые планируется использовать в процессе актуализации ЦКП.

Работа модуля создания выходной продукции топографического мониторинга, реализуемый на технологическом этапе детального топографического мониторинга показана на рис.3.

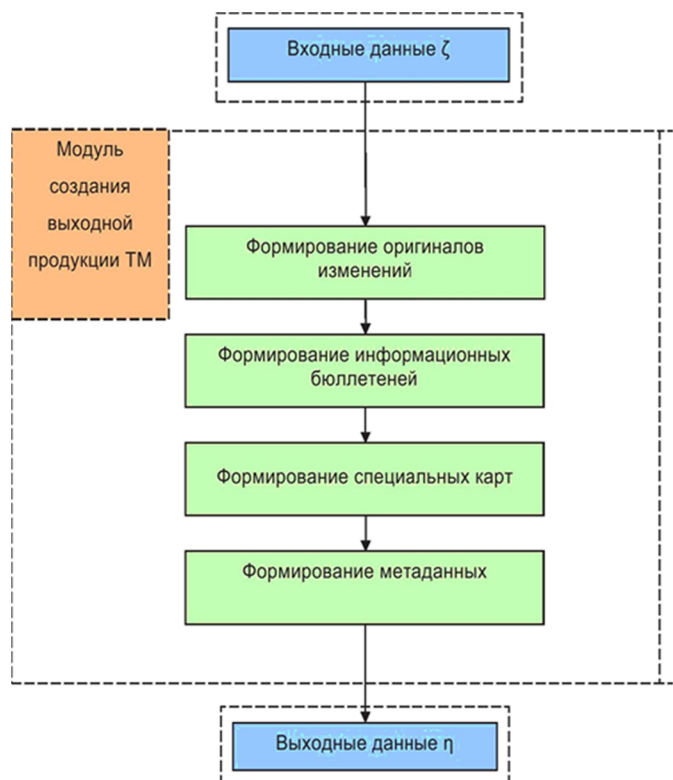


Рис.3. Технологическая схема модуля создания выходной продукции топографического мониторинга

Выходные данные:

- актуализированные ЦДТК;
- оригиналы изменений;
- база данных изменений объектов местности;
- бюллетени, содержащие справочные данные об изменениях объектов местности;
- актуализированные специальные карты;
- метаданные об актуализированных пространственных данных с привязкой к НЛ ЦТК (НЛ ЭТК).

Программным обеспечением работы данного модуля является ПК «Модуль КТМ» (условное название), с функционалом, позволяющим выполнять обработку пространственных данных.

Технологическая схема процесса актуализации цифровой картографической продукции, по данным оригинала изменений и базы данных изменений объектов местности, апробирован в ходе экспериментальных работ на примере тестового участка, приведен на рис. 4.



Рис.4. Технологическая схема процесса актуализации цифровой картографической продукции по данным оригинала изменений и базы данных изменений объектов местности

Результаты и выводы

Результатами исследования являются разработка методических и технологических решений по практическому использованию данных топографического мониторинга для оперативного обновления ЦТК (ЭТК), актуализации содержания единой электронной картографической основы и создаваемых на ее базе специальных видов цифровой картографической продукции, как топографических карт специального назначения, так и содержания тематических карт масштабного ряда 1: 10 000 – 1: 100 000 и мельче.

Использование в качестве основных источников информации данных ДЗЗ, получаемых в том числе из космоса, посредством воздушных судов, включая беспилотные, спутниковые навигационные технологии, а также предлагаемые в статье методы и технологии, в том числе методы трехмерного моделирования и мультимедиа, обеспечат комплексное повышение информативности актуализируемых ЦКП и сокращение затрат на обновление ЦТК (ЭТК) и мониторинг актуализации ЕЭКО.

Заключение

Перспективными направлениями развития метода топографического мониторинга для актуализации пространственных данных, по нашему мнению, являются:

– включение в полномочия Росреестра и ППК «Роскадастр» ведение топографического мониторинга на территории Российской Федерации и территории отдельных континентальных районов [2];

– организация ведения топографического мониторинга за изменениями объектов местности – элементов содержания ЦТК (ЭТК) и ЕЭКО на базе региональных филиалов ППК «Роскадастр», в соответствии с ГОСТ Р 71887-2024 и ГОСТ Р 72017-2025;

– разработка и адаптация в общий технологический процесс топографического мониторинга технологии дополненной реальности, что значительно расширяет возможности формирования баз геопространственной информации для познания действительной реальности, при этом внедряя цифровые пространственные (трехмерные) модели объектов местности в формируемую Национальную систему пространственных данных [8], что позволит их использовать для визуализации объектов в целях планировании устойчивого развития территорий регионов страны;

– организация топографического мониторинга предусматривает гарантированное получение данных ДДЗ из космоса, с требуемыми параметрами и условиями космической съемки [12], возможность получения которых в заданные сроки и с установленной периодичностью на различные регионы страны, с учетом Постановления Правительства РФ № 400 [4]. В настоящее время в России создается новый национальный проект «По развитию космической деятельности Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» (<https://www.roscosmos.ru/41573/>), который позволит на базе отечественных спутниковых группировок и национальной орбитальной станции осуществлять фундаментальные и прикладные исследования по использованию данных ДДЗ для оперативного картографирования происходящих изменений местности и актуализации пространственных данных.

Для информационного взаимодействия между федеральными и региональными информационными системами и системой топографического мониторинга необходимо:

– обеспечить единство: отраслевых классификаторов картографической информации, стандартов и форматов обмена пространственными данными;

– разработать перечень и содержание национальных стандартов, регламентирующих общие положения, требования к технологическим процессам, оценке качества новых видов геоинформационных продуктов, услуг и цифровой картографической продукции.

– разработать структуру и содержание баз данных эталонов дешифрирования изменений объектов местности (эталонов обучения ИИ) для обновления ЦТК (ЭТК), в том числе по данным ЕЭКО, для актуализации ЦКП, обладающих «потребительской новизной», конкурентоспособностью, возможностью эффективного использования для решения задач управления территориями регионов страны, а также получения прибыли от их использования в отраслях экономики страны;

- разработать и/или актуализировать нормативно-технического обеспечения в области цифрового картографирования и геоинформационных технологий, в

сфере оперативного обновления ЦТК (ЭТК) и ЕЭКО с использованием данных топографического мониторинга.

Благодарности

Исследование выполняется в рамках НИР «Геокарта 2030», в связи с этим – слова признательности руководству Росреестра и ППК «Роскадастр» за финансовую и моральную поддержку настоящего исследования.

Слова благодарности организаторам конференции «Гео-Сибирь 2025» – за приглашение участвовать в конференции с докладом и возможность публикации статьи в настоящем сборнике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный проект «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» <https://rostransnadzor.gov.ru/deyatelnost/130>.
2. ГОСТ Р 71887–2024 Геодезия и картография. Топографический мониторинг для обновления цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Общие положения.
3. ГОСТ Р 72017-2025 Геодезия и картография. Детальный топографический мониторинг при обновлении цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Методическое и организационное обеспечение. Основные требования
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.03.2024 № 400 «Об утверждении Положения об обновлении государственных топографических карт и государственных топографических планов, а также масштабов, в которых они создаются»
5. Бровко Е.А., Гоголева Е.Е. Научно-методические подходы к планированию картографических работ по обновлению цифровых топографических карт на основе результатов анализа разновременных материалов космической съемки . Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 15–17 мая 2024 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – С. 208–215 с. – ISSN 2618-98
6. Карпик А.П., Обиденко В. И., Побединский Г. Г. Исследование потребности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в пространственных данных // Геодезия и картография. – 2021. – Т 82. – № 2. – с. 49–63.
7. Бровко Е.А. Создание системы государственного топографического мониторинга в едином геоинформационном пространстве страны. / Информация и Космос. – 2021. – №1. – С.138–145.
8. Постановление Правительства РФ от 7 июня 2022 г. N 1040 «О федеральной государственной географической информационной системе «Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных» (с изменениями и дополнениями).
9. Бровко Е.А., Софинов Р.Э. Актуализация пространственных данных методом государственного топографического мониторинга в целях реализации государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»: проблемы и решения // Геодезия и картография. – 2022– № 3. – С. 14–22.
10. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года N 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года».
11. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 5 апреля 2022 г. № П/0122 «Об утверждении требований к составу сведений единой электронной картографической основы и требований к периодичности их обновления».
12. ГОСТ Р 70077-2022 Материалы космической съемки для создания и обновления государственных топографических карт. Оценка качества. Основные требования.

© Е. А. Бровко, 2025