

Е. А. Бровко^{1,2✉}

Совершенствование картографических, геоинформационных методов и технологий в процессе топографического мониторинга изменений местности в целях актуализации пространственных данных

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

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

Аннотация: В статье изложены основные положения по использованию, на различных этапах топографического мониторинга изменений местности, методов и геоинформационных технологий, а также направления их совершенствования и модернизации. Публикация построена на основе систематизации результатов анализа публикаций автора по направлениям использования различных методических и технологических решений в процессе топографического мониторинга, проблемно-ориентированного на оперативное обновление цифровых (электронных) топографических карт - ЦТК (ЭТК) и обеспечение актуальности цифровой картографической продукции (ЦКП), в том числе, единой электронной картографической основы. Совершенствование (модернизация) методов и технологий предусматривает, в том числе обновление и улучшения производственных технологических процессов, методов сбора, автоматизированной обработки и использования программно-аппаратных средств, научно-образовательных подходов с целью повышения эффективности, конкурентоспособности, качества, точности создаваемой по данным топографического мониторинга ЦКП, с адаптацией к изменениям потребностей секторов экономики, обороны, национальной безопасности, науки и образования.

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

Е. А. Бровко^{1,2✉}

Improvement of cartographic and geoinformation methods and technologies in the process of topographic monitoring of terrain changes in order to update spatial data

¹PKK «Roskadastr», Moscow, Russian Federation

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

Abstract. The article outlines the main provisions for the use of methods and geoinformation technologies at various stages of topographic monitoring of terrain changes, as well as the directions for their improvement and modernization. The publication is based on the systematization of the results of the author's analysis of publications on the use of various methodological and technological solutions in the process of topographic monitoring, which is problem-oriented and focused on the prompt updating of digital (electronic) topographic maps (DTM) and ensuring the relevance of digital cartographic products (DCP), including a unified electronic cartographic basis. Improvement (moderniza-

tion) of methods and technologies includes, among other things, updating and improving production processes, methods of collecting, automated processing, and using software and hardware tools, as well as scientific and educational approaches, in order to increase efficiency and competitiveness.

Keywords: Keywords: spatial data updating, space imagery materials, terrain change monitoring, topographic monitoring, digital cartographic products

Введение

Настоящее исследование выполняется ППК «Роскадастр» в рамках НИР «Геокарта -2030» в целях реализации основных положений Федерального проекта «Навигация и время» национального проекта «Развитие космической деятельности Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» [1].

Целью исследования является разработка принципов и предложений по совершенствованию картографических, геоинформационных методов и технологий в процессе топографического мониторинга изменений местности в целях актуализации пространственных данных.

Основными направлениями совершенствования методов и технологий, традиционно используемых в процессе обновления цифровых (электронных) топографических карт –ЦТК (ЭТК) и предлагаемых для применения на этапах топографического мониторинга могут быть: технологическое обновление производственных процессов, в том числе внедрение новых программных, технологических решений и методов обработки информации, повышение уровня их автоматизации, в том числе внедрение программных систем управления на этапах ведения обзорного (ОТМ) и детального топографического мониторинга (ДТМ) [ГОСТ Р 2024].

Системное обновление всех элементов деятельности по ведению топографического мониторинга- мониторинга изменений местности, направленное на повышение эффективности, улучшение технологических параметров результатов топографического мониторинга (актуальности, качества и точности) ЦТК (ЭТК), ЕЭКО и создаваемых на их основе различных видов цифровой картографической продукции (ЦКП) достижение более высоких экономических показателей по реализации ЦКП- суть совершенствования методов и технологий.

Совершенствование методов и технологий топографического мониторинга изменений местности может быть определено как один из стратегических механизмов развития ППК «Роскадастр», обеспечивающего основу для экономического роста, повышения эффективности работ по обновлению государственных топографических карт, в том числе единой электронной картографической основы (ЕЭКО), актуализации пространственных данных и адаптации ППК «Роскадастр» к уровню динамического развития мировой экономики.

Это системный процесс обновления методов и технологий, направленный на повышение эффективности, улучшения качества продукцию и оптимизацию производственных процессов топографического мониторинга изменений местности.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью формирования и совершенствования единой государственной политики в области геодезии и картографии в сфере планирования картографических работ по созданию и обновлению государственных цифровых (электронных) топографических карт (ЦТК, ЭТК) и актуализации пространственных данных, в том числе ЕЭКО в целях оперативного картографического обеспечения современными, достоверными и высокоточными ЦТК(ЭТК) и ЕЭКО потребности отраслей экономики, обороны, науки и образования страны

По сути автоматизированный топографический мониторинг, должен иметь статус «государственный» и быть ориентирован на гарантированное получение и использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, материалов аэрофотосъемки, в том числе с использованием беспилотных воздушных судов (БВС), отраслевых и региональных пространственных данных, отечественных геоинформационных технологий.

Методы и материалы

Проблеме разработки методологии, организации, методов и технологий топографического мониторинга изменений местности посвящены многочисленные публикации автора, в том числе, подготовленные в соавторстве с российскими учеными - профессионалами в области картографии и геоинформатики - Вережской Т.В., Гоголевой Е.Е., Ефимовым С.А., Софиновым Р.Э.

Общие вопросы методологии и организации системы ведения государственного топографического мониторинга изложены в работах [3, 4, 5, 6, 7]. Регламентирование картографической деятельности по ведению топографического мониторинга отражено в национальных стандартах, разработанных в ППК «Роскадастр» совместно с ВТУ ГШ ВС РФ МО [2, 8]. Так, в ГОСТ Р 71887-2024 установлены общие положения и требования к топографическому мониторингу, составу исходных материалов и данных, процессам их обработки, форматам записи пространственных данных при осуществлении обзорного топографического мониторинга (ОТМ) и детального топографического мониторинга (ДТМ), сведениям о форме, местоположении, свойствах и пространственно-временной динамике объектов местности значительных по площади территорий страны.

В приведенном алгоритме ГТМ (рис.1) в логической последовательности показаны уровни топографического мониторинга изменений местности:

- а) обзорного мониторинга;
- б) детального мониторинга;
- в) обновления ЦТК и ЕЭКО (актуализация пространственных данных),

на каждом из которых предусмотрено использование общенаучных, аналитических, статистических методов и геоинформационных технологий решений, а также проведение экспериментальных исследований.

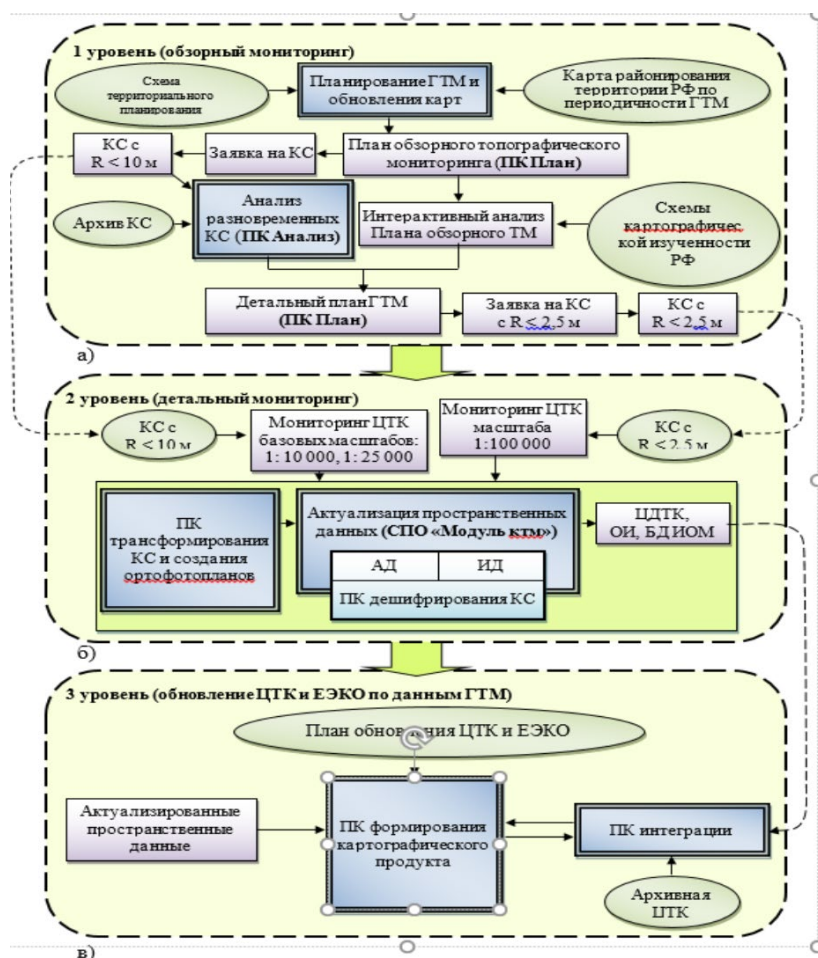


Рис.1. Алгоритм государственного топографического мониторинга (предлагаемый проект)

АД – автоматическое дешифрирование, БД ИОМ- база данных изменений объектов местности, ИД – интерактивное дешифрирование, КС– космические снимки, ОИ – оригинал изменений ПК–программный комплекс, ЦТК– цифровая топографическая карта, ЕЭКО – единая электронная картографическая основа, R- линейное разрешение на местности (м)

На этапе *обзорного топографического мониторинга*, целью которого является фактическое подтверждение районов изменений местности в интересах планирования объемов картографических работ по обновлению государственных топографических карт и планов, с использованием современных методов и геоинформационных технологий [9].

Решаемыми задачами на этапе ОТМ являются:

автоматизированное выделение структурных изменений в изображении объектов местности с использованием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения [10];

оперативная оценка степени изменений объектов местности (определение современности карт);

выделение территорий, требующих обновления ЦТК (различных категорий трудности).

Реализация программного обеспечения для выявления структурных изменений категорий объектов местности, приведена на рис.2, на котором также выделены основные технологические процессы:

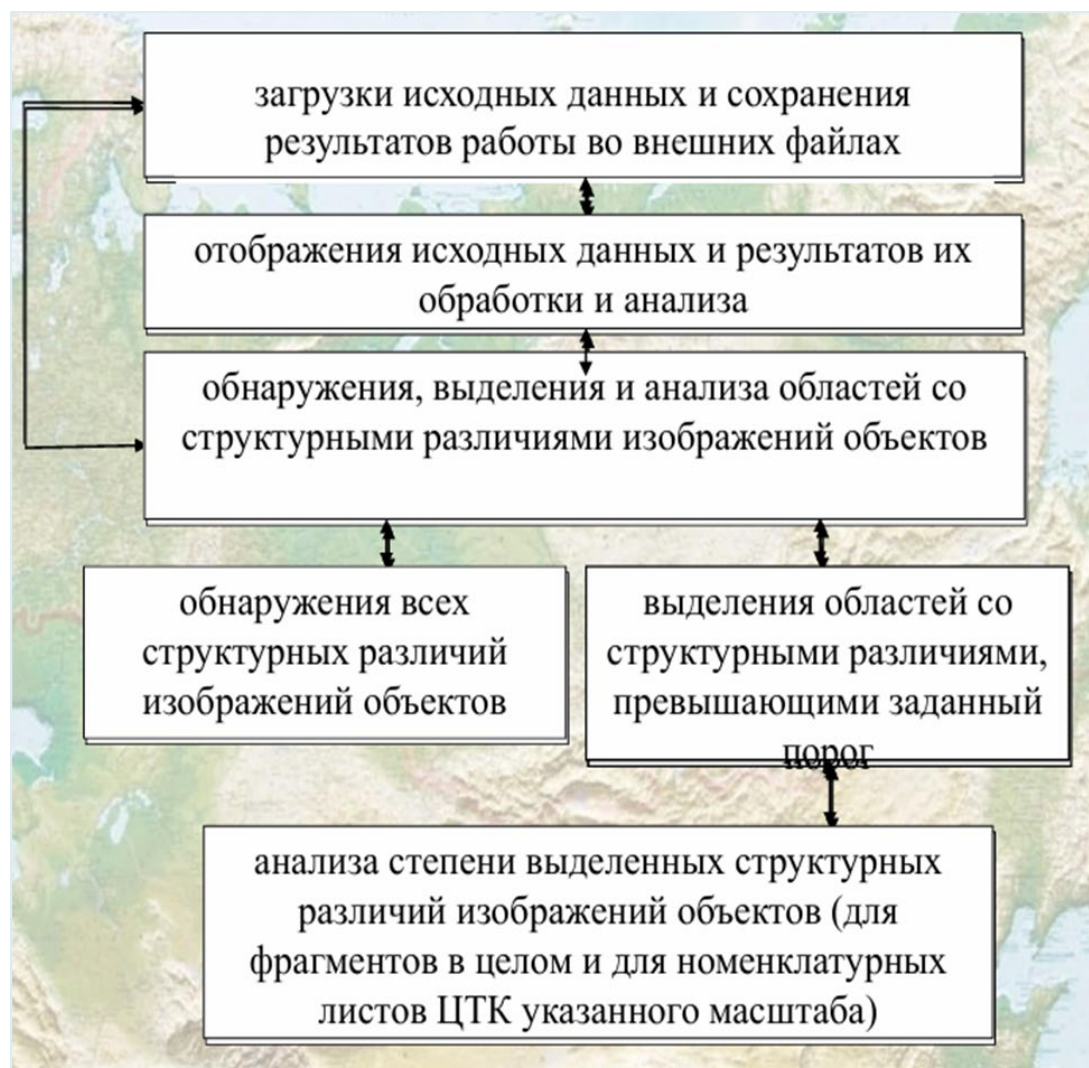


Рис.2. Реализация программного обеспечения для выявления структурных изменений категорий объектов местности

Перспективные технологии использования данных ДЗЗ для мониторинга изменений местности, основанные на применении технологий ИИ, рассмотрены в публикации [11].

Основными этапами *детального топографического мониторинга*, регламентированными в ГОСТ Р 72917-2025 и изложенными в публикации [12] являются следующие:

внесение изменений объектов местности, отдешифрованными в автоматизированном режиме по материалам ДЗЗ из космоса, на цифровую дежурную топографическую карту (ЦДТК);

актуализация цифровой дежурной топографической карты;

формирование оригинала изменений объектов местности (по тематическим слоям);
 формирование и ведение базы данных изменений объектов местности.



Рис.3. Методы автоматизированной обработки материалов космической съемки с использованием технологий искусственного интеллекта для оперативного обновления ЦДТК на этапе детального топографического мониторинга

Методы и геоинформационные технологии, основанные на частичном применении технологий ИИ и машинного обучения, используемые на этапе актуализации пространственных данных, в том числе ЕЭКО детально изложены в публикации автора [13].

При актуализации пространственных данных на технологических этапах топографического мониторинга [14] предлагаются как новые геоинформационные технологические решения, при этом Геосервис ГТМ выступает не только как API-платформа, а как визуализатор актуальной геопространственной информации об изменениях местности. Геосервис ГТМ должен выполнять функции государственной инфраструктуры для производства и предоставления актуальных

данных об изменениях местности в машиночитаемом виде для: национальной системы пространственных данных; внешних информационных систем - как государственных (ведомственные ГИС, ЕГРН, УМКА), так и коммерческих (сервисы в сфере спорта, туризма, логистики).

Результаты

Как показали промежуточные результаты исследования для совершенствования методов, в том числе картографических и геоинформационных технологий на этапах топографического мониторинга – «мониторинга изменений местности», необходимым является формирование гибкой и развитой системы государственного топографического мониторинга, в которой должны быть оптимизированы производственные процессы сбора, систематизации, обработки различных видов исходной информации об изменениях местности с использованием современных программно-аппаратных комплексов, задействованных в контуре автоматизированной системы ГТМ и в информационном электронном взаимодействии с ее основными потенциальными участниками- Госкорпорацией «Роскосмос», с ВТУ ГШ ВС РФ МО, отраслевыми министерствами и ведомствами.

Разработка новых технологических решений, совершенствующих методы и технологии ТМ позволит обеспечить снижение затрат на обновление государственных топографических карт, повысить производительность труда при актуализации ЦКП по данным топографического мониторинга и обеспечить стабильное развитие данного направления в перспективе.

Повышение качества и точности ЦКП, в соответствии с требованиями вновь разработанными национальными стандартами: ГОСТ Р 71887-2024 и ГОСТ Р 72017-2025, позволит обеспечить их соответствие международным и российским стандартам при сохранении высокого уровня информационной безопасности.

Анализ эффективности предлагаемых решений, при которых устанавливаются ключевые параметры совершенствования методов и геоинформационных технологий в процессе топографического мониторинга, а именно снижение затрат при планировании работ по обновлению ЦТК на территорию Российской Федерации и увеличение показателей производительности картографического производства.

Заключение

Совершенствование картографического, дистанционного, спутникового навигационного [15] методов исследования на технологических этапах топографического мониторинга, в том числе автоматизированных методов и технологий обработки космической информации при дешифрировании изменений местности, как в процессе обзорного, так и детального мониторинга изменений объектов местности, с использованием унифицированных (стандартизированных) технологических процессов и автоматизированных систем контроля качества ЦКП позволит: снизить уровень зависимости от человеческого фактора, вероятность появления некачественных ЦКП; обеспечить стабильность показателей и характеристик новых видов ЦКП, создаваемых на основе ЕЭКО.

Благодарности

Благодарность организаторам конференции «Гео Сибирь - 2026» – за возможность участия в этой познавательной, замечательно организованной конференции с докладом и публикации статьи в настоящем сборнике.

Исследование, как было сказано выше, выполняется в рамках НИР «Геокарта - 2030». Слова благодарности руководству Росреестра и ППК «Роскадастр» за профессиональную и финансовую поддержку проводимых исследований, имеющих большое государственное значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный проект «Навигация и время», паспорт которого утвержден протоколом заочного голосования членов проектного комитета по национальному проекту «Развитие космической деятельности Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 26.12.2025 № 6пр.
2. ГОСТ Р 71887-2024 «Геодезия и картография. Топографический мониторинг при обновлении цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Общие положения».
3. Бровко Е.А. Система ведения государственного топографического мониторинга – инновационная модель актуализации пространственных данных // Геодезия и картография. – 2008. – № 8. – С.9–15.
4. Бровко Е.А., Верещака Т.В. Государственный топографический мониторинг (методология и организация) // Геодезия и картография – 2011. – № 3. – С. 22-30.
5. Бровко Е.А., Верещака Т.В. Государственный топографический мониторинг: геопространственно – информационный потенциал и пути реализации // Геодезия и картография. – 2020. – № 3. – С. 21-31.
6. Бровко Е.А. О Системе государственного топографического мониторинга. Вестник Росреестра, (официальное издание) № 1. – 2013. – С. 64-70.
7. Бровко Е.А. Создание системы государственного топографического мониторинга в едином геоинформационном пространстве страны// Информация и Космос – 2021. – № 1. – С. 138-145.
8. 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»
9. 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.
10. Бровко, Е.А., Кандоба, Ф.А., Корнилов, Д.С., Перевалов Оперативный мониторинг структурных изменений изображений объектов на космических снимках земной поверхности // Программные продукты и системы. Международное научно-практическое приложение к международному журналу «Проблемы теории и практики управления. – Тверь (Россия): НИИ «Центрпрограммсистем», 2015. – № 1. – С.79-86.
11. Перспективные технологии использования данных дистанционного зондирования Земли, в том числе, на основе искусственного интеллекта, для мониторинга изменений объектов местности // Сборник материалов XXIV Международной научно-технической конферен-

ции «Цифровая реальность: космические и пространственные данные, технологии обработки».- Екатеринбург. – 2025. – С. 61-65.

12. Бровко Е.А. Актуализированные пространственные данные детального топографического мониторинга – основа оперативного обновления государственных цифровых топографических карт: методы и технологии / Интерэкспо ГЕО- Сибирь/XVIII Междунар.научн.конф., 18–20 мая 2022 г., Новосибирск: сборник материалов в 8 т, Т.1: «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». Новосибирск: СГУГиТ. – 2022. – С. 99-103.

13. Бровко Е.А. Актуализированные пространственные данные детального топографического мониторинга – основа оперативного обновления государственных цифровых топографических карт: методы и технологии/ Е.А. Бровко // Интерэкспо ГЕО- Сибирь/XVIII Междунар.научн.конф., 18–20 мая 2022 г., Новосибирск: сборник материалов в 8 т,Т.1: «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск: СГУГиТ. – 2022. – С. 138-145.

14. Бровко Е.А, Софинов Р.Э. Геосервисное решение проблемы актуализации пространственных данных по результатам государственного топографического мониторинга // Геодезия и картография. – 2023. – № 2. – С.12-24.

15. Бровко Е.А., Ефимов С.А. Использование информации ГЛОНАСС в целях актуализации пространственных данных // Мир измерений, 2018. № 3(1). – С. 32-36.

© Е. А. Бровко, 2026