

*Е. А. Бровко<sup>1,2</sup> \*, Е. Е. Гоголева<sup>1\*\*</sup>*

## **Научно-методические подходы к планированию картографических работ по обновлению цифровых топографических карт на основе результатов анализа разновременных материалов космической съемки**

<sup>1</sup> ППК «Роскадастр», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Московский университет геодезии и картографии (МИИГАиК), г. Москва, Российская Федерация

\* e-mail: brovko@roscartography.ru

\*\* e-mail: GogolevaEE@kadastr.ru

**Аннотация:** В статье содержатся основные научно-методические подходы к организации и проведению работ по планированию обновления (созданию) цифровых топографических карт (ЦТК) и цифровых топографических планов (ЦТП) на регионы Российской Федерации с использованием официальных данных, получаемых из государственных фондов пространственных данных (ГФПД), а также результатов анализа разновременных космических снимков. В зависимости от пространственно-временных изменений категорий объектов местности (природных, природно-антропогенных и антропогенных) в процессе автоматизированного анализа архивных и современных материалов космической съемки на конкретные районы с высокой степенью антропогенной измененности местности будут получены сведения (в процентном эквиваленте), свидетельствующие об уровне современности цифровой картографической продукции (ЦКП). Совокупность этих данных о степени измененности местности, информации, получаемой из официальных отраслевых источников, в том числе по материалам обзорного топографического мониторинга (в ближайшей перспективе) на номенклатурные листы ЦКП являются фактографическими данными для планирования работ по обновлению (созданию) ЦКП на территории регионов страны в соответствии с законодательной базой Российской Федерации.

**Ключевые слова:** анализ разновременных космических снимков, обновление (создание) цифровой картографической продукции, планирование картографических работ

*Е. А. Бровко<sup>1,2</sup> \*, Е. Е. Гоголева<sup>1\*\*</sup>*

## **Scientific And Methodological Approaches To Planning Cartographic Work On Updating Digital Topographic Maps Based On The Results Of The Analysis Of Multi-Time Satellite Imagery Materials**

<sup>1</sup> PPK "Roskadastr", Moscow, Russian Federation,

<sup>2</sup> Moscow University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russian Federation

\* e-mail: brovko@roscartography.ru

\*\* e-mail: GogolevaEE@kadastr.ru

**Abstract:** This publication contains the main scientific and methodological approaches to the organization and conduct of work on the planning of updating (creation) of digital topographic maps (DTM) and digital topographic plans (DTP) for the regions of the Russian Federation using official data

obtained from state spatial data funds (SSDF), as well as the results of the analysis of multi-temporal space pictures. Depending on the spatial and temporal changes in the categories of terrain objects (natural, natural-anthropogenic and anthropogenic), in the process of automated analysis of archival and modern satellite imagery materials for specific areas with a high degree of anthropogenic disturbance, information (in percentage equivalent) will be obtained indicating the degree of modernity of the DTM and DTP. The totality of these data on changes in the terrain, information obtained from legitimate industry sources, including materials from survey topographic monitoring (in the near future) on the nomenclature sheets of the DTM (DTP) – is factual data for planning work on updating (creating) digital cartographic products (DCP) in the regions of the country in accordance with the legislative base of the Russian Federation.

**Keywords:** analysis of multi-temporal satellite images, updating (creation) of digital cartographic products, planning of cartographic work

### *Введение*

Важность постановки проблемы обусловлена необходимостью реализации ряда положений нормативно-правовых актов в отношении обновления ЦКП, действующих в Российской Федерации:

- Федерального закона Российской Федерации № 431-ФЗ от 18.12.2015 [1], в части реализации статей 4, 11, 16 (п.5), 17, 20;
- Федерального закона от 4 августа 2023 года № 491-ФЗ [2];
- Федерального проекта «Поддержка, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» на 2021-2030 годы» [3];
- Постановления Правительства Российской Федерации от 30 марта 2024 года № 400 [4].

Постановка проблемы разработки и реализации методов планирования картографических работ по созданию (обновлению) государственных топографических карт (планов) также обусловлена следующими причинами:

- развитием процесса цифровизации геоинформационного пространства страны и необходимостью обеспечения актуальными пространственными данными "Единую цифровую платформу "Национальная система пространственных данных" [5];
- недостаточной степенью современности государственных цифровых топографических карт (планов) и цифровых ортофотопланов, создаваемых на обширную территорию Российской Федерации – картографическую составляющую федерального (ФФПД), государственных фондов пространственных данных (ГФПД) – региональных и ведомственных фондов пространственных данных и необходимостью разработки механизма актуализации пространственных данных [6];
- потребностью в совершенствовании и оптимизации системы планирования работ по обновлению ЦТК (ЦТП) на базе официальных данных об изменениях местности [7], за счет использования современных методов и технологий автоматизированной обработки пространственных данных, в том числе материалов дистанционного зондирования Земли из космоса [4];

– необходимостью оперативного картографического обеспечения современной, достоверной, точной и качественной ЦКП всех заинтересованных отраслей экономики, обороны страны, в том числе ее национальной безопасности [1, 2].

Научно-методические подходы к реализации сформулированных задач, а также предложения по разработке нормативной базы, регламентирующей требования и критерии, по которым должно выполняться первоочередное, текущее и перспективное планирование картографических работ по обновлению ЦТК и ЦТП, в том числе с использованием результатов автоматизированного анализа материалов ДЗЗ, изложены на настоящей публикации.

### ***Современные подходы к планированию картографических работ по созданию обновлению ЦКП***

В ППК «Роскадастр» в рамках научно-исследовательских работ – НИР «Геокарта 2030» в 2021-2023 годах разработаны предложения по планированию создания и обновления цифровой картографической продукции (ЦКП) с учетом:

- карт районирования Российской Федерации по периодичности обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000;
- современных геоинформационных технологий и геопортальных решений (цифровых сервисов);
- разработанной методики планирования картографических работ разработана с использованием подсистемы геоаналитики информационной системы Федерального фонда пространственных данных (ИС ФФПД) [7].

Продолжение исследований в направлении совершенствования методов планирования работ по созданию и обновлению ЦКП «...по итогам анализа результатов дистанционного зондирования Земли, в том числе из космоса...» в соответствии с п.7 [4] продолжаются в 2024 г. с учетом:

- требований по периодичности обновления цифровой картографической продукции (ЦКП) в соответствии с п.п.5 и 6 Постановления [4];
- использования опыта работ в области: формирования электронной карты районирования по периодичности обновления цифровых топографических карт и планов [7];
- получения, обработки и анализа космических снимков (архивных и современных) в целях выявления изменений местности и последующей программной обработки результатов анализа для планирования районов обновления топографических карт;
- использование информации, содержащейся в единой электронной картографической основе (ЕЭКО), Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) и государственных информационных системах обеспечения градостроительной деятельности (ГИС ОГД), а также по мере создания – в федеральной государственной географической информационной системе "Единая цифровая платформа "Национальная система пространственных данных" [5].

## ***Основные принципы планирования картографических работ по обновлению (созданию) ЦТК (ЦТП)***

Планирование районов обновления ЦКП должно осуществляться в соответствии с действующим нормативными правовыми актами (НПА) и нормативно-техническими документами (НТД) в данной предметной области [4], а также с обоснованием и разработкой новых НПА и НТД.

В качестве основных научно методических принципиальных положений планирования территорий обновления государственных топографических карт и объемов обновления цифровых топографических карт и планов (ЦТК и ЦТП), предлагается использовать следующие:

- определение общего объема государственного картографического обеспечения Российской Федерации;
- заблаговременное определения границ районов работ;
- единовременное обновление картографического обеспечения всего масштабного ряда на одну и ту же территорию;
- приоритизация картографических работ по территориям: с использованием карты районирования по периодичности обновления, в пределах экономически активных и развивающихся территорий.
- использование результатов мониторинга справочных сведений;
- использование современных геоинформационных технологий, автоматизация процессов планирования;
- открытости и доступности результатов планирования проведения картографических работ;
- организации и ведения топографического мониторинга [8, 9];
- разработка математического аппарата проведения автоматизированного анализа материалов разновременной космической съемки для выявления районов с различной степенью изменений объектов местности – элементов содержания ЦКП с учетом современных методов автоматического дешифрирования и искусственного интеллекта;
- формирование программного комплекса, обеспечивающего анализ степени современности топографических карт – фактографической основы объема работ по обновлению (созданию) номенклатурных листов ЦКП.

### ***Методические подходы к процессу автоматизированного анализа разновременных материалов космической съемки с целью выявления изменений местности***

Процессу автоматизированного в дальнейшем автоматического анализа разновременных материалов космической съемки [4] предшествуют следующие основные этапы работ:

- обоснование и выбор района обновления (создания) ЦТК (ЦТП) исходя из электронной карты районирования по периодичности территории Российской Федерации по созданию (обновления) ЦКП [7], территории обзорного топографического мониторинга [8];

– формирование заявки на проведение космической съемки выбранной территории оптико-электронными средствами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса согласно требуемым параметрам, условиям съемки и характеристикам;

– получение архивных и современных данных ДЗЗ из Национального центра оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) на заданные территории;

– проведение предварительной автоматизированной обработки разновременных космических снимков (геометрическая и фотометрическая коррекция)<sup>1,2</sup>, трансформирование базовое (условное)<sup>3</sup> для получения материалов ДЗЗ идентичных по своим параметрам, условиям съемки и характеристикам и дальнейшего анализа изменений местности;

Примечание 1 – ГОСТ Р 59480–2021 (пункт 5.4.2) – геометрическая коррекция искажений, обусловленная внутренними конструктивными особенностями съемочного устройства, выполняемая в системе координат съемочного устройства, как основная операция стандартной обработки на Уровне 1 (L1).

Примечание 2 – ГОСТ Р 59480–2021 (пункт 5.4.3) – геометрическое трансформирование (на плоскость) или ортотрансформирование (с учетом рельефа) в заданной картографической проекции и системе координат, как основная операция стандартной обработки на Уровне 2 (L2);

Примечание 3 – Точность и качество выявленных изменений во многом определяется точностью совмещения пикселей анализируемых разновременных изображений, в связи с чем для обработки обычно используются ортотрансформированные изображения, на которых устранены искажения, вызванные рельефом местности, условиями съемки и типом съемочной аппаратуры.

– сравнительный анализ разновременных космических снимков осуществляемый по следующим основным признакам: гистограммным (значения яркостей изображений), частотным (характеризующих структуру изображений), частотно-тоновым (описывающих структуру и тон изображений);

– выполнение автоматизированного сравнительного анализа разновременных космических изображений на базе специализированного программного комплекса, обеспечивающего загрузку предварительно обработанных изображений разновременных космических снимков, ЦКП в векторной и растровой форме представления и оценку степени изменения местности по номенклатурным листам стандартной разграфки.

Функциональные возможности ПК должны обеспечивать: автоматическую векторизацию изменений объектов, наполнение атрибутивной информацией выявленных изменений, определение процента изменений местности по каждому НЛ ЦТК – оценку уровня современности ЦКП, формирование соответствующих отчетов.

## ***Результаты***

Результатами анализа разновременных материалов космической съемки должны стать:

– выявленные на космических снимках структурные изменения категорий объектов местности,

– изображения районов изменений местности, внесенные в систему разграфки номенклатурных листов государственных топографических карт, отображаемой на электронной карте районирования Российской Федерации по периодичности создания и обновления ЦТК;

– автоматически определенный процент изменений категорий объектов местности по НЛ ЦТК;

– сформированный перечень НЛ ЦТК, требующих, в том числе обновления (создания), в соответствии с требованиями п. 6 [4] «изменение местности, отображенной на государственных топографических картах и государственных топографических планах, составляет от 20 до 50 процентов площади государственной топографической карты и государственного топографического плана...» и создания в случае, если «изменение местности, отображенной на карте (плане), составляет 50 и более процентов площади государственной топографической карты и (или) государственного топографического плана...»;

– выявленные НЛ, на которых изменения отсутствуют и рассмотрение вопроса об исключении их из производственного цикла обновления ЦКП;

– скорректированный перечень субъектов Российской Федерации (добавление/исключение) из расчета годового финансирования на работы по обновлению карт, с учетом производственных мощностей филиалов ППК «Роскадастр».

#### ***Предложения по разработке нормативной базы планирования картографических работ по обновлению (созданию) ЦТК (ЦТП)***

Для научно-обоснованного определения районов, требующих обновления (создания) карт и планирования работ по обновлению ЦКП необходимым условием является разработка системы нормативных правовых актов (НПА) и нормативно-технических документов (НТД), регламентирующих требования и критерии, по которым должны определяться районы на территории Российской Федерации, требующие первоочередного, текущего и перспективного обновления ЦКП.

Для полноценной комплексной оценки изменений местности и планирования работ по обновлению (созданию) ЦКП требующие разработки НПА и НТД могут быть классифицированы по следующим критериям:

– НПА, регламентирующие взаимодействие с конкретными министерствами и ведомствами о предоставлении сведений об изменениях объектов - сферы деятельности федеральных и региональных органов исполнительной власти;

– НТД, регламентирующие процессы оценки современности ЦКП;

– нормативно-методические указания и рекомендации по актуализации электронных карт районирования Российской Федерации по периодичности (создания) обновления карт (планов);

– НТД, регламентирующие состав факторов, показателей и характеристик, аргументированно подтверждающих фактическое состояние и перспективное развитие регионов Российской Федерации;

- НПА и НТД, определяющие правила организации и ведения топографического мониторинга в масштабе страны [9];
- НТД регламентирующие требования к проведению анализа разновременных материалов аэро и космической съемки в зависимости от районов исследования – в целях формирования фактографической базы для планирования работ по обновлению карт;
- НТД, определяющие требования к формированию плана ведения детального топографического мониторинга и планов (текущего и среднесрочного) обновления топографических карт.

Планы должны автоматически формироваться на базе электронной карты районирования Российской Федерации по периодичности обновления карт, с определением номенклатурных листов ЦКП на территории с разной степенью освоенности, периодичностью внесения изменений и, следовательно, очередностью обновления.

Совершенствование программного обеспечения при проведении анализа разновременных снимков предполагается как в плане разработки его функциональных задач, так и в части адаптации классификации категорий объектов различных классов к действующим классификаторам картографической информации для выполнения автоматического дешифрирования материалов аэро и космической съемки для оценки изменений в состоянии объектов местности.

### *Заключение*

Результаты исследований ППК «Роскадастр» по проблеме совершенствования планирования работ по обновлению ЦКП имеют научно-методический, экспериментальный характер, апробированы в ходе камеральных работ на примере тестовых участков и могут быть использованы в картографо-геодезической деятельности ППК «Роскадастр» в данной предметной области.

Основными направлениями дальнейших исследований в части анализа разновременных материалов космической съемки являются:

- 1) отработка и доведение до опытной эксплуатации математического аппарата и программного обеспечения для:
  - проведения автоматического анализа материалов разновременной космической съемки с целью выявления районов с различной степенью изменений объектов местности;
  - определение уровня современности ЦКП;
  - определения территорий, требующих обновления (создания) ЦКП;
  - формирование векторного слоя для последующего анализа в подсистеме геоаналитики ИС ФФПД в целях подготовки предложений в план обновления топографических карт;
- 2) разработка нормативной базы, регламентирующей проведение рассмотренных выше видов картографической деятельности.

## *Благодарности*

Авторы выражают слова признательности руководству ППК «Роскадастр» за финансовую и моральную поддержку настоящего исследования, выполняемого в рамках НИР «Геокарта 2030».

Слова благодарности – ректору СГУГиТ Александру Петровичу Карпику и организаторам конференции Гео-Сибирь 2024 – за приглашение для участия на конференции, возможность выступления и публикации результатов исследования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 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».

2 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".

3. Федерального проекта «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» на 2021-2030 годы».

4 Постановления Правительства Российской Федерации от 30 марта 2024 года № 400 «Об утверждении Положения об обновлении государственных топографических карт и государственных топографических планов, а также масштабов, в которых они создаются».

5 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).

6 Бровко Е. А., Галазин Е. В. Программно-целевой подход к информационному взаимодействию системы государственного топографического мониторинга и федерального фонда пространственных данных (часть 1) // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79. – № 5. – С. 10–19. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-935-5-10-19.

7 Гоголева Е.Е. Федеральные картографические работы: мониторинг, планирование, обновление // Материалы совместной международной научно-технической конференции: «Цифровая реальность: космические пространственные данные, технологии обработки». 16-18 октября 2023, Сочи, Россия.

8 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.

9 ГОСТ Р XXX-2024 Геодезия и картография. Топографический мониторинг для обновления цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Общие положения (Проект ГОСТ Р находится в Росстандарте, на нормоконтроле).

© Е. А. Бровко, Е. Е. Гоголева, 2024