

УДК 528.94:629.78

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-93-103>

Разработка требований к картографическому обеспечению бортовых средств отображения навигационной обстановки перспективных пилотируемых космических аппаратов

Е. В. Дедкова^{1,2✉}, Г. И. Загребин¹

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), г. Москва, Российская Федерация

² Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, Звездный городок, Российская Федерация

e-mail: e.dedkova@gctc.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме совершенствования картографического обеспечения бортовых средств отображения навигационной обстановки российских пилотируемых космических аппаратов. Рассматривается необходимость разработки принципиально новой «карты космонавта», соответствующей современным научно-техническим достижениям и удовлетворяющей требованиям экипажей к точности и надежности навигационных данных. Основное внимание уделено особенностям процесса визуально-инструментальных наблюдений, этапам их проведения и роли картографических материалов в обеспечении успешного выполнения миссии. Предлагается концепция обновления информационной структуры картографической базы данных, включающая создание сезонных вариантов картографической подложки на основе спутниковых изображений различного временного периода.

Ключевые слова: визуально-инструментальные наблюдения, пилотируемые полеты, картографическое обеспечение, географические ориентиры, космонавигационное картографирование, цифровая карта, ГИС

Для цитирования:

Дедкова Е. В., Загребин Г. И. Разработка требований к картографическому обеспечению бортовых средств отображения навигационной обстановки перспективных пилотируемых космических аппаратов. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 1. С. 93–103. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-93-103>

Development of requirements for cartographic provisioning of onboard navigation environment visualization systems in prospective manned spacecraft

E. V. Dedkova^{1,2✉}, G. I. Zagrebin¹

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russian Federation

² Yu. A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Star City, Russian Federation

e-mail: e.dedkova@gctc.ru

Abstract. The article addresses the critical challenge of improving cartographic support for onboard systems visualizing the navigation environment in Russian manned spacecraft. It explores the imperative to develop a novel "cosmonaut map" that incorporates cutting-edge scientific and technological

advancements, while satisfying crew demands for navigational data accuracy and reliability. Special emphasis is placed on the characteristics of visual-instrumental observations, their sequential stages, and the pivotal role of cartographic materials in mission accomplishment. The study proposes a framework for modernizing the cartographic database's informational architecture, including the generation of seasonal basemap variants from multi-temporal satellite imagery.

Keywords: visual-instrumental observations (VIO), manned spaceflight, cartographic provisioning, geographic reference points, space navigation mapping, digital cartographic model, geographic information systems (GIS)

For citation:

Dedkova E. V., Zagrebin G. I. (2026). Development of requirements for cartographic provisioning of onboard navigation environment visualization systems in prospective manned spacecraft. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 1. pp. 93–103. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-93-103>

Введение

Современное состояние пилотируемых космических полетов и подготовки космонавтов к их выполнению свидетельствуют о тенденции увеличения объема решаемых задач с использованием бортовых средств отображения навигационной обстановки и интегрированных в них картографических материалов [1–3].

Карты обладают рядом преимуществ, позволяющих эффективно применять их в подготовке и проведении космического полета [4]. Однако выполнение ряда задач, включая целевые работы по исследованию Земли из космоса методом визуально-инструментальных наблюдений, требует восприятия значительных объемов разнообразной информации, в связи с чем резко увеличивается нагрузка на зрительную систему космонавта [5]. Это особенно актуально в условиях ограниченного времени, когда восприятие визуальной информации достигает своего физиологического предела. В результате значительно снижается точность и надежность действий экипажа при эксплуатации средств отображения навигационной обстановки.

Сегодня на российском сегменте Международной космической станции основным инструментом обеспечения работ экипажей, связанных с наблюдением поверхности Земли, являются электронные средства отображения навигационной обстановки, где картографической основой выступают устаревшие электронные карты, созданных более двух десятилетий назад. Карты и атласы на

бумажной основе практически не используются на борту ввиду своей неэффективности. Несмотря на значительный технологический прогресс в области космической техники, наземных информационных систем, появление новых направлений в картографии и геоинформатике, до настоящего момента отсутствует целостный научный подход к созданию эффективного картографического обеспечения для орбитальных миссий [6].

Появление новых задач для отечественной пилотируемой космонавтики в сфере дистанционных исследований поверхности Земли подчеркивает важность совершенствования методов ВИН на борту перспективных пилотируемых космических аппаратов (ПКА), таких как Российская орбитальная станция (РОС). Центральным элементом системы ее навигационно-картографического обеспечения должно стать создание новой концепции «карты космонавта», разработанной на научной и технологической платформе, соответствующей современному уровню развития цифровых технологий и удовлетворяющей требованиям ее потенциальных пользователей.

Цель статьи – разработка требований к картографическому обеспечению бортовых средств отображения навигационной обстановки перспективных ПКА, предложение концепции взаимодействия информационных потоков пространственных данных между Центром управления полетами (ЦУП), космической станцией и устройствами, используемыми космонавтами на борту.

Методы и материалы

Обоснование необходимости применения картографических материалов в ходе выполнения визуально-инструментальных наблюдений

Процесс ВИН складывается из нескольких этапов.

1. Анализ обстановки для определения цели, задач, районов и объектов, времени начала и окончания наблюдения.

2. Подготовка к наблюдению объектов, выбранных экипажем или программой исследований.

3. Наблюдение, измерение характеристик объектов исследования.

4. Предварительная обработка информации, полученной в ходе визуальных наблюдений.

5. Оформление и передача в ЦУП полученной информации.

Анализ обстановки заключается в следующем: выбор или целеуказание объектов наблюдения с использованием картографических материалов; определение задачи наблюдения; расчет или целеуказание по имеющимся картам координат объекта; определение района поиска; определение времени начала и окончания наблюдения.

Подготовка к проведению сеансов наблюдения включает в себя: изучение района исследования по имеющимся на борту ПКА картам; прогнозирование условий наблюдения с применением картографического материала; выбор оптимального состава технических средств и способов выполнения измерений применительно к конкретной обстановке и условиям наблюдения, заданию; подготовка технических средств к наблюдению.

Наблюдение объекта выполняется с момента входа ПКА в заданный район. Данный этап включает поиск и обнаружение объекта, наведение визирной оси прибора на объект и проведение режима измерения (регистрации).

Предварительная обработка полученной информации имеет целью распознавание объекта наблюдения, определение его географических координат, нанесение их в необходимых случаях на имеющуюся карту и оценку

состояния объекта и атмосферы. В этом случае оператор вызывает на экран монитора зарегистрированные изображения, обрабатывает их в соответствии с имеющимися процедурами улучшения качества. Определение географических координат обнаруженных объектов производится по данным бортового вычислительного комплекса системы управления движением ПКА и имеющегося на борту комплекса средств отображения навигационной обстановки.

Оперативная информация, полученная в процессе наблюдения, передается в ЦУП, а остальные результаты доставляют на Землю на съемных жестких дисках вместе с экипажем.

Исходя из рассмотренных этапов процесса ВИН следует, что при проведении процедур 1-го, 2-го и 4-го пунктов должна обеспечиваться возможность:

– определения и прогноза условий наблюдения заданных районов и объектов (номер суточного витка наблюдения, время начала и конца наблюдения, условия освещенности, угол отклонения оптической оси прибора наблюдения и др.);

– определения и прогноза изменений географических координат подспутниковой точки ПКА по трассе полета на заданное время;

– изучения общего характера местности, в зависимости от целей и задач планируемого эксперимента;

– географической идентификации заданных объектов наблюдения в процессе выполнения целевых работ;

– изменения масштаба карты в соответствии с кратностью используемого средства наблюдения (регистрации);

– географической привязки и при необходимости (возможности) нанесения на карту наблюдаемых объектов и явлений на земной поверхности.

Требования к картографическим материалам, используемым при решении задач визуально-инструментальных наблюдений

Анализ характера задач, решаемых при проведении сеансов ВИН, показывает, что

успех их выполнения во многом зависит от обеспеченности экипажа ПКА навигационной информацией [7].

Поиск объектов наблюдения на сложных динамических фонах представляет собой непростую задачу, особенно для космонавтов, выполняющих свой первый полет. Как при подготовке, так и при выполнении ВИН, космонавты прежде всего нуждаются в выборе опорных ориентиров. Наиболее целесообразно, как показывает практика, давать эти ориентиры в форме картографического изображения.

Анализ опыта визуальных наблюдений с борта ПКА показал, что при оптимальных условиях наблюдения лучшими естественными (природными) ориентирами служат крупные острова и архипелаги, полуострова, проливы, участки береговой линии, элементы орографии, гидрографии, растительного и почвенного покрова, а так же их размеры, ориентировки, взаимосвязи между собой и другими отчетливо различимыми на местности искусственными (антропогенными) ориентирами: городскими агломерациями, отдельно стоящими крупными строениями, аэропортами, транспортными сетями, морскими портами, гаванями, судоходными каналами [8]. В свою очередь качественный и количественный состав ориентиров, особенно естественных, во многом определяется природно-географическими зонами и рельефом. Естественная окраска поверхности Земли к опорным ориентирам не относится, однако использование в этом качестве контрастных границ и локальных площадных образований с большим интервалом спектральной яркости представляется вполне эффективным. Несмотря на неизбежно присутствующие на борту ПКА различия в условиях наблюдения и освещенности земной поверхности, вследствие генерализации цветное поле таких объектов остается относительно стабильным. Можно полагать, что разработка системы географических ориентиров для космонавтов и ее использование в виде векторного слоя семантической информации, наложенного на базовую карту, позволило бы существенно облегчить экипажу ПКА выполнение этапа поиска и обнаружения объектов наблюдения.

В качестве источников данных, содержащих сведения об ориентирах, могут быть использованы цифровые топографические карты, космофотокарты.

Основную информационную нагрузку для привязки и обнаружения наблюдаемых районов несут цветовая окраска и отражательная особенность объектов наблюдения. Следовательно, карта, предназначенная для правильной пространственной привязки в ходе ВИН, должна обеспечивать физиологическое подобие модели визуальной обстановки и отражать пространственное распределение цветовых характеристик ландшафтов. Для создания картографической основы «карты космонавта» – картографической подложки, так называемой базовой карты, – источником данных может служить сведенная растровая мозаика космических снимков (спутниковая мозаика) дневного вида на всю поверхность Земли [9].

Учитывая то, что карта предназначена для космонавтов-исследователей, занимающихся в том числе проблемами изучения природных ресурсов Земли, включая проведение спектрметрических исследований, она (карта) должна отражать не только пространственное, но и временное (сезонное) распределение цветовых характеристик ландшафтов, поскольку параметры ландшафтов, в том числе их цвет, несут информацию об отдельных его компонентах. Максимально возможное сходство по цвету между объектами наблюдения и элементами картографического изображения дает возможность для их безошибочного распознавания при дефиците времени восприятия [10]. Очевидно, что такие изменения в цветовом оформлении неизбежно влекут за собой модификацию объектового состава и условных знаков карты. В связи с этим целесообразно разработать «сезонные» варианты картографической подложки «карты космонавта» на основе аэрокосмических снимков разных времен года (зима, весна, лето, осень), которые помогут учесть широтные и сезонные изменения цветовых характеристик природных ландшафтов. Решение задачи определения основных ориентиров и элементов орографии, сохраняющих в разные сезоны четкие границы, например, бере-

говые линии материков, контуры рек, озерных котловин и зеркала озер, ареалы растительности, особенно лесной, городские агломерации, вероятнее всего потребует привлечение разного рода дополнительных источников данных, таких как карты и атласы природных зон и ландшафтов, справочно-статистических данных о климатических условиях и состояниях местности в конкретный период года [11, 12].

Теням и их изображениям на карте нередко принадлежит решающая роль при распознавании объемных форм рельефа и объектов, наблюдаемых при разных углах Солнца над горизонтом [13]. Именно поэтому на «карте космонавта» целесообразно моделировать текущую светотеневую обстановку поверхности Земли с применением карт высот и реализовать плавное замещение «дневного» варианта карты на карту «ночных городов» вдоль линии терминатора (границы раздела освещенной и неосвещенной частей Земли). Картографические материалы, отображающие ночное свечение земной поверхности, представляют собой ценный ресурс для обеспечения ориентации в пространстве. На картах «ночных городов» отчетливо визуализируются границы крупных урбанизированных территорий, магистральные транспортные сети, мостовые переходы и акватории крупных рек. Данные характерные признаки позволяют эффективно идентифицировать координаты ключевых центров мирового масштаба, например, такие как Москва (по специфическому контуру кольца Московской кольцевой автомобильной дороги). Интенсивность искусственного света также выступает надежным индикатором отдельных регионов Земли. Видимый контраст между освещенностью прибрежных зон и морскими просторами способствует корректному определению контуров материков и морских бассейнов. Примером такого контраста служат побережья Средиземного, Северного и Черного морей.

Масштаб бортовой «карты космонавта» в первую очередь должен гарантировать возможность показа местности с сохранением полноты и подробности элементов содержания. Угловые размеры наземных объектов, наблюдаемых космонавтом невооруженным

глазом через иллюминатор, соответствуют угловым размерам элементов карты масштаба 1 : 1 500 000. При выполнении исследований космонавты используют средства наблюдения, имеющие различную кратность увеличения. Этот факт обуславливает потребность представления экипажу карты сразу в нескольких масштабах (мультимасштабной карты) с географической нагрузкой и картографическими проекциями, информацией, обладающей наилучшими условиями для поиска, обнаружения и опознавания объектов и их привязки к ориентирам.

Для разработки мультимасштабной карты целесообразно выбирать диапазон масштабов, охватывающий крупный, средний и мелкие масштабы. Из-за различий в разрешениях мониторов и количества пикселей на дюйм пользоваться традиционным понятием масштаба в мультимасштабном картографировании имеет смысл только при обработке данных и проектировании карты в геоинформационных системах. При отображении карты на экране устройства используют понятие «масштабный уровень», который связан с технологией TileMapService и принципом двукратного изменения масштаба на каждом уровне, при этом на нулевом масштабном уровне весь мир отображается в одном тайле.

Выбор максимального уровня детализации определяется разрешающей способностью системы «глаз – прибор» и должен обеспечивать полное выявление признаков интересующих объектов с учетом их важности и сезона наблюдения. Таким образом, оптимальная структура должна включать следующие масштабные уровни: крупные (10–11 уровни, примерно соответствует диапазону масштабов 1 : 250 000–1 : 1 000 000) для детального изучения ключевых районов и анализа конкретных целей наблюдения; средние (7–9 уровни, масштабы 1 : 1 000 000–1 : 4 000 000) для перехода от подробного изучения к процессу общего осмотра поверхности невооруженным глазом; мелкие (2–6 уровни, масштабы 1 : 4 000 000–1 : 75 000 000) для выявления общих закономерностей земных ландшафтов и образного представления земной поверхности.

При этом стоит отметить, что решение задачи обеспечения картографическими мате-

риалами перспективных ПКА на основе совершенствования существующих бортовых карт не представляется возможным по причине того, что орбитальные параметры перспективной станции РОС будут существенно отличаться от ее предшественниц [14]. Реализация данной задачи – создание принципиально новой карты, базирующейся на результатах научно-технического прогресса в области анимационной, мультимедийной, навигационной картографии, и комплексное использование бортовых стационарных и переносных (смартфоны, планшеты, ноутбуки) устройств отображения навигационной обстановки, включенных в контур управления и коммуникации ПКА.

Одной из эффективных форм представления указанной выше информации может служить цифровая космонавигационная карта (ЦКНК), основными функциями которой станут ориентирование на местности, информационная поддержка, коммуникативные возможности.

Современная цифровая космонавигационная карта – это специальная карта, созданная при помощи ГИС-технологий на базе исходных картографических материалов и космических снимков, выполненная в картографической проекции, содержащая в себе метрическую и семантическую информацию, дополненная специальной (навигационной) информацией, позволяющей рассчитывать и определять местоположение пилотируемого космического аппарата.

Содержание космонавигационной карты, учитывая ее потенциальных пользователей, должно включать две категории информации: общегеографическую и специальную (навигационную). Общегеографическая информация должна представлять собой базовую картографическую основу (подложку), выполненную из космоснимков, как наиболее реалистичное отображение видимых космонавту характеристик земной поверхности. Специальная информация, дополняющая общую картину, должна содержать сведения об объектах наземной космической инфраструктуры частных и государственных компаний, операторов космических систем, объектов и явлений, предусмотренных программой

наблюдений, объектов персонального интереса космонавтов, объектов-ориентиров и точек-реперов для поддержки навигации. Создание общегеографического и специализированных слоев потребует привлечения различных государственных и частных источников данных: баз пространственных данных, специализированных тематических материалов и карт. Перечень объектов планово-периодического наблюдения должен определяться организациями и ведомствами, ответственными за эксплуатацию и целевое использование ПКА.

Важно отметить, что для морских, авиационных и автомобильных навигационных карт вопросы выбора картографических проекций, элементов их содержания, условных знаков, методов оформления и отображения, а также порядка обновления четко регламентированы в соответствии с положениями Конвенции о международной гражданской авиации и приказа Министерства экономического развития Российской Федерации (Приложение 4 к Конвенции о международной гражданской авиации, издание. Аэронавигационные карты. – ИКАО, 2009. – Изд. 11. – 166 с.; Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации «Об утверждении Порядка создания, обновления, использования, хранения и распространения цифровых навигационных карт» от 01.10.2010 № 464. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/99672/>. – Текст : электронный). Аналогичные же аспекты для специальных космонавигационных карт остаются неопределенными, что делает решение этих проблем весьма актуальной задачей.

Анализ процесса подготовки космонавтов к выполнению ВИН показывает целесообразность одновременного использования нескольких картографических проекций, динамически сменяемых в зависимости от выбранного масштаба карты и региона наблюдения. Так, для решения общих задач обзора и анализа обстановки на масштабных уровнях 2–4 рекомендуется использование концепции вращающегося глобуса. В средних масштабах, т. е. масштабных уровнях 4–7, предлагается использовать внешнюю перспективную азимутальную проекцию эллипсоида с позитивным изображением. Главная точка проекции меняется в зависимости от положения

наблюдателя, что усиливает реалистичность и удобство использования, учитывая особенности среды пребывания космонавтов (невесомость) и вариативность возможных ракурсов наблюдения поверхности Земли. Азимутальная проекция обеспечивает показ полярных областей, что соответствует выбранному наклонению орбиты станции в $96,9^\circ$ [15]. Сохраняя углы и формы объектов, проекция имеет значительные искажения площадей и расстояний, особенно на краях карты, что в целом не мешает восприятию картографических данных в среднем масштабе. Для целей общего ориентирования и непосредственного наблюдения объектов через иллюминатор невооруженным глазом и системой «глаз – прибор» на среднем и крупном масштабных уровнях (7–11) предлагается использовать косую цилиндрическую равноугольную проекцию, большой круг которой совпадает с плоскостью орбиты станции. В проекции нет искажений всех видов на трассе, т. е. трасса есть линия нулевых искажений. При удалении от трассы в обе стороны искажения длин и площадей нарастают, и их величина зависит от ширины полосы. В полосе шириной $\pm 11^\circ$ (2 500 км – минимальная ширина картографируемой полосы для отображения всей земной поверхности) максимальные искажения длин не превышают 2 %, а искажения площадей – 4 %.

Обновление космонавигационных карт должно проходить не реже одного раза в 5 лет для картографической основы, специальной нагрузки – не реже 1 раза в 2 года, согласно приказу Министерства экономического развития РФ (Приказ Министерства экономического развития РФ «Об утверждении Порядка создания, обновления, использования, хранения и распространения цифровых навигационных карт» от 01.10.2010 № 464. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/99672/>. – Текст: электронный), или же по установленным редакторским планам.

Результаты и обсуждение

В результате вышеизложенного можно сформулировать необходимые требования к цифровым космонавигационным картам.

1. ЦКНК по назначению, содержанию, математической основе, точности планового и высотного положения объектов, современного состояния местности должны соответ-

ствовать государственным цифровым навигационным картам.

2. Данные о плановом положении объектов местности и рельефа должны быть представлены в векторной форме.

3. Графическое и цветовое оформление ЦКНК должны обеспечить максимальное сходство одноименных объектов местности, отображаемых на карте, с теми же объектами, наблюдаемыми визуально с борта ПКА, используя в качестве основы точные и актуальные космоснимки.

4. Цветовая гамма условных обозначений и их размеры должны обеспечивать читаемость картографического изображения в целом и его отдельных элементов.

5. Объектовый состав и цветовое оформление карты должны гарантировать устойчивое цветовозражение и безошибочное опознавание элементов картографического изображения на экране монитора при динамическом режиме предъявления картографической информации.

6. Нагрузка и оформление карты должны удовлетворять психофизиологическим особенностям зрительного восприятия космонавта.

7. ЦКНК должна создаваться в диапазоне масштабных уровней со 2 по 11 на всю территорию земного шара, определяемых орбитальными параметрами (наклонением) ПКА.

8. Карты на разных масштабных уровнях должны быть согласованы между собой по содержанию и оформлению с учетом требований ранжировки объектов.

9. ЦКНК должна обеспечивать решение следующих задач:

– индикация картографического изображения для требуемого района в динамическом режиме в штриховом, шрифтовом и цветовом оформлении;

– выделение фрагмента изображения, его масштабирование в пределах масштабных уровней карты;

– определение и индикация атрибутивной информации об объекте;

– построение зон визуальных наблюдений, зон радиовидимости в заданной полосе, а также трассы полета орбитальной станции.

10. Средства программного обеспечения должны решать задачи построения любого варианта картографического отображения (в том числе аналитическое трансформирова-

ние данных в требуемые картографические проекции) и управления отображением карты в целом в реальном масштабе времени.

11. Пакет прикладных программ должен обеспечивать аналитическое трансформирование координат.

12. Структура карты должна обеспечивать возможность расширения состава информации в базе общегеографических и навигационных данных.

13. Должна предусматриваться возможность информационного сопряжения бортовой карты с системой управления движением и навигацией орбитальной станции и наземным контуром управления ЦУП, а также инфраструктурой пространственных данных государственных структур, ведомств и министерств.

ЦКНК предназначена для использования в бортовой навигационной системе, на экран которой будет выводиться картографическая информация. Поэтому качество картографического изображения в немалой степени зависит от технических возможностей средств отображения.

В связи с определенными условиями функционирования навигационных систем, устанавливаемых на борту перспективного ПКА, к средствам отображения предъявляются следующие требования.

1. Для обеспечения выбора масштаба и содержания карты, а также для предварительного отбора и обработки получаемой целевой информации на борту РОС должны быть предусмотрены специальные высокопроизводительные компьютеры и серверы с большими объемами текстурной памяти [16].

2. Для наглядного отображения цифровой картографической информации в число средств отображения должны входить современные электронные цветные мониторы, в том числе в составе переносимых и стационарных устройств с разрешением не хуже стандарта FullHD (1920×1080 пикселей).

3. Для передачи оперативной информации с борта и на борт станции должны быть использованы более мощные и скоростные системы передачи на спутники-ретрансляторы и на наземные измерительные пункты (НИП).

Решение задач обновления, оперативного учета и корректировки данных (параметров орбиты, метеорологических условий наблюдений, сезонной и светотеневой обстановки,

информации о географических ориентирах и объектах наблюдения) при выполнении программы ВИН, и прежде всего катастрофических и аномальных явлений, должно быть обеспечено сопряжением бортового банка пространственных данных с единой наземной инфраструктурой пространственных данных Российской Федерации (ИПД РФ) или отдельных ведомственных/министерских геопорталов. Обмен данными должен производиться между программно-техническими комплексами в виде компьютерных пакетов посредством широкополосных каналов связи либо на накопителях памяти с помощью космических кораблей при больших объемах передаваемых данных (рисунок).

Таким образом, на борту перспективного ПКА необходима специализированная информационная навигационно-картографическая система, центральным компонентом которой станет информационно-картографический продукт – цифровая космонавигационная карта совместно с базой пространственных данных. Такая база должна содержать произвольные общегеографические и тематические слои, а также необходимые метаданные. Система должна обеспечивать возможность реализации информационных запросов и оперативной обновляемости данных, обеспечивая получение и публикацию космонавтами целевой космической информации.

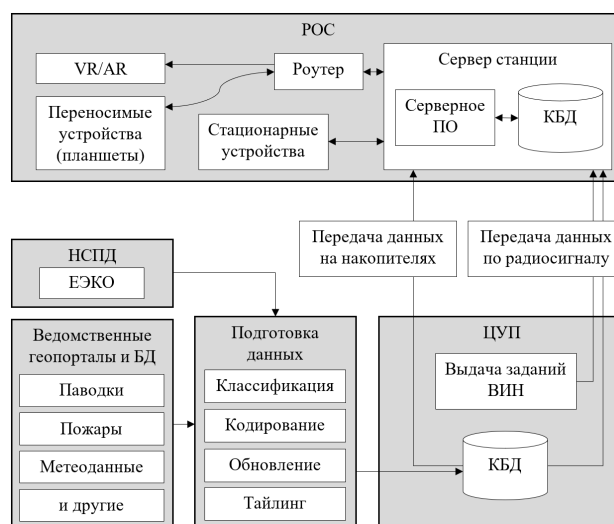


Схема информационных потоков пространственных данных между центром управления полетами, перспективной космической станцией и переносимыми устройствами космонавтов на ее борту

Заключение

Использование современных геоинформационных технологий в области картографического обеспечения перспективных ПКА и орбитальных станций позволит создать инновационную систему оперативной доставки точной картографо-геодезической информации космонавтам, необходимой для эффективного решения навигационных задач в полете.

Исследование практического применения программно-аппаратных комплексов, обеспечивающих представление навигационных данных, а также современных технических средств подготовки космонавтов к выполнению ВИН на основе цифровых моделей местности и компьютерной генерации визуальной обстановки, позволяет выявить следующие направления дальнейшего совершенствования перспективных систем баллистико-навигационного обеспечения:

- использование в качестве бортовых картографических материалов цифровых моделей местности и рельефа;
- автоматизация и формализация процессов подготовки картографического мате-

риала и планирования наблюдений с участием наземных служб ЦУП;

- использование новейших технологий отображения информации, в том числе на основе средств виртуальной и дополненной реальности;
- построение программно-аппаратного комплекса на основе программных средств нового поколения с технологиями облачного хранения данных (геопорталов);
- интеграции с современными системами мультиспектральной съемки.

В рамках создания РОС разработка требований к бортовым информационным сервисам и средствам подготовки экипажа должна вестись с учетом этих направлений совершенствования. В результате исследовательской работы по этой теме должно быть сформировано техническое задание на разработку программно-аппаратного комплекса баллистико-навигационного и картографического обеспечения.

В статье сформулированы основные требования к мультимасштабной космонавигационной карте с учетом современных технологий создания геоинформационных систем и направлений совершенствования картографического обеспечения ВИН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Торгашев Р. Е. Вопросы картографической подготовки космонавтов. Идеи К. Э. Циолковского в инновациях науки и техники : материалы 51-х Научных чтений памяти К. Э. Циолковского, Калуга, 01 сентября 2016 г. Калуга : Эйдос, 2016. С. 333–336.
2. Беляев М. Ю., Боровихин П. А., Бронников С. В. и др. Отображение баллистиконавигационной информации экипажу космического аппарата. Труды ЛП чтений К. Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». 19–21 сентября 2017 г. Калуга, 2018. С. 25–37.
3. Митина А. А. Навигационно-баллистическая подготовка космонавтов // XLVI Академические чтения по космонавтике : Сборник тезисов, посвященных памяти академика С. П. Королева и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства. В 4 т., Москва, 25–28 января 2022 г. Том 2. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. – С. 249–252.
4. Квасова Е. А., Митина А. А., Прудков В. Н. [и др.]. Предложения по совершенствованию программы баллистико-навигационного отображения полетной обстановки «СИГМА», разработанные на основе анализа результатов ее эксплуатации. Пилотируемые полеты в космос. 2022. Т. 42, № 1. С. 86–97. DOI 10.34131/MSF.22.1.86-97.
5. Вагнер И. В., Василье В. И., Дедкова Е. В. [и др.]. Подготовка космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений земной поверхности. Идеи и новации. 2022. Т. 10, № 1-2. С. 93–98. DOI 10.48023/2411-7943_2022_10_1-2_93.
6. Дедкова Е. В. Средства и методы отображения навигационной обстановки пилотируемых космических аппаратов и перспективы их развития. Известия высших учебных заведений.

Геодезия и аэрофотосъемка. 2023. Т. 67, № 6. С. 162–173. DOI 10.30533/GiA-2023-046. EDN WQPUH.

7. Смирнов Л. Е., Афанасьев А. И. Орбитальные карты Земли. Вестник ЛГУ. 1977. № 18. С. 122–127.

8. Савиных В. П. Визуально-инструментальные исследования Земли с пилотируемого космического комплекса. М. : Недра, 1991. 109 с.

9. Воронина М. В. Развитие базовой подложки в мультимасштабном картографировании. ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2013. Т. 19. С. 19–22. DOI 10.24057/2414-9179-2013-1-19-22. EDN YQVQSL.

10. Зверев Л. П., Овечкин И. Г., Рюмин О. О. [и др.]. Цветовые измерения в космосе; под общ. ред. О. О. Рюмина. М. : Машиностроение, 1996. 174 с.

11. Алексеенко Н. А., Сваткова Т. Г. Зимние топографические карты. Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2008. № 3. С. 8–12. EDN JVIVNR.

12. Нокелайнен Т. С. Картографирование сезонной автотранспортной доступности арктического региона России. ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27, № 2. С. 102–113. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-102-113. EDN BAУTVA.

13. Верещака Т. В., Ковалева О. В. Изображение рельефа на картах: теория и методы (оформительский аспект). М. : Науч. мир, 2016. 181 с.

14. Маринин И. К высоким широтам: интервью с В. А. Соловьевым. Русский космос. 2022. № 42. С. 7–15.

15. Ковалева О. В., Баранова Н. А. Трехмерное картографирование: подходы, методы, классификации. Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2022. Т. 66. № 3. С. 77–91. DOI 10.30533/0536-101X-2022-66-3-77-91.

16. Бартош В. С., Белого И. В., Дьяков М. С., Кузиковский С. А., Переверзев А. С. Особенности моделирования визуально-инструментальных наблюдений Земли с борта МКС. Автометрия. 2016. Т. 52, № 3. С. 45–52. DOI 10.15372/AUT20160306.

REFERENCES

1. Torgashev R. E. (2016). Voprosy kartograficheskoy podgotovki kosmonavtov. *In materialy 51-h Nauchnyh chtenij pamjati K. Ciolkovskogo: Idei K. Ciolkovskogo v innovacijah nauki i tehniki [Proceedings of the 51th Scientific readings in memory of K.E. Tsiolkovsky: Issues of cartographic training of astronauts]* (pp. 333-336). Kaluga: Jejdos [in Russian].

2. Belyaev M. Yu., Borovikhin P. A., Bronnikov S. V. [et al]. (2017). *Otobrazhenie ballistikonavigacionnoj informacii jekipazhu kosmicheskogo apparata. In trudy LII chtenij K. Ciolkovskogo [Proceedings of the LII readings by K. Tsiolkovsky: Displaying ballistic and navigation information to the spacecraft crew]* (pp. 25–37). Kaluga [in Russian].

3. Mitina A. A. (2022). Navigacionno-ballisticheskaja podgotovka kosmonavtov. *In Sbornik tezisov XLVI Akademicheskikh chtenij po kosmonavtike, posvjashhennye pamjati akademika S.P. Koroljova i drugih vydajushhihsja otechestvennyh uchenyh - pionerov osvoenija kosmicheskogo prostranstva. goda [Proceedings of the XLVI Academic Readings on Cosmonautics: A collection of abstracts dedicated to the memory of Academician S.P. Korolev and other outstanding Russian scientists, pioneers of space exploration: Navigation and ballistic training of astronauts]*, Vol. 2. (pp 249-252). Moskva: Izdatel'stvo MGTU im. N. Baumana [in Russian].

4. Kvasova E. A., Mitina A. A., Prudkov V. N. [et al.]. (2022). Proposals for improving the SIGMA flight situation ballistic navigation display program, developed on the basis of an analysis of the results of its operation. *Pilotiruemye polety v kosmos [Manned space flights]*, 1(42), 86–97. DOI 10.34131/MSF.22.1.86-97 [in Russian].

5. Vagner I. V., Vasil'e V. I., Dedkova E. V. [et al.]. (2022). Preparation of astronauts for performing visual and instrumental observations of the Earth's surface. *Idey i novacii [Ideas and innovations]*, 1-2(10), 93-98 – DOI 10.48023/2411-7943_2022_10_1-2_93 [in Russian].

6. Dedkova E. V. (2023). Means and methods of displaying the navigation situation of manned spacecraft and prospects for their development. *Izvestija vyssshih uchebnyh zavedenij. Geodezija i ajerofotosemka [News of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"]*, 6(67), 162–173. DOI 10.30533/GiA-2023-046 [in Russian].
7. Smirnov L. E., Afanas'ev A. I. (1977). Orbital'nye karty Zemli. *Vestnik LGU [Vestnik of Leningrad State University]*, 18, 122-127 [in Russian].
8. Savinyh V.P. (1991). *Vizual'no-instrumental'nye issledovanija Zemli s pilotiruемого kosmicheskogo kompleksa [Visual and instrumental studies of the Earth from a manned space complex.]*. Moscow: Nedra, 109 p. [in Russian].
9. Voronina, M. V. (2013). Development of the basic substrate in multiscale mapping. *InterKarto. InterGIS [The intercart. InterGIS]*, 19, 19-22. DOI 10.24057/2414-9179-2013-1-19-19-22 [in Russian].
10. Zverev L. P., Ovechkin I. G., Rjumin O. O. [et al.]. (1996). *Cvetovye izmerenija v kosmose [Color measurements in space]*. O. O. Rjumin (Ed.). Moscow: Mashinostroenie, 174 p. [in Russian].
11. Alekseenko N. A., Svatkova T. G. (2008). Zimnie topograficheskie karty. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija. [Vestnik of the Moscow University. Episode 5: Geography]*, 3, 8–12 [in Russian].
12. Nokelajnen T. S. (2021). Mapping seasonal road accessibility in the arctic region of Russia. *InterKarto. InterGIS [The intercart. InterGIS]*, 2(27), 102-113. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-102-113 [in Russian].
13. Vereshchaka T. V., Kovaleva O. (2016). *Izobrazhenie rel'efa na kartah: teorija i metody (ofornitel'skij aspekt) [The image of relief on maps: theory and methods (design aspect)]*. Moscow: Nauch. mir, 181 p. [in Russian].
14. Marinin I. (2022). K vysokim shirotam: interv'ju s V.A. Solov'jovym. *Russkij kosmos [Russian space]*, 42, 7–15 [in Russian].
15. Kovaleva O. V., Baranova N. A. (2022). Three-dimensional mapping: approaches, methods, classifications. *Izvestija vuzov «Geodezija i ajerofotosemka» [Izvestiya vuzov "Geodesy and aerial photography"]*, 3(66), 77-91. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-3-77-91 [in Russian].
16. Bartosh V. S., Belago I. V., Dyakov M. S., Kuzikovskiy S. A., Pereverzev A. S. (2016). Simulation of visual instrumental observations of the earth from the international space station. *Optoelectronics, instrumentation and data processing*, 3(52), 252-258. DOI 10.15372/AUT20160306.

Об авторах

Екатерина Владимировна Дедкова – аспирант кафедры картографии МИИГАиК; ведущий специалист по подготовке космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина».

Глеб Игоревич Загребин – кандидат технических наук, декан картографического факультета МИИГАиК.

Author details

Ekaterina V. Dedkova – Ph. D. Student, Cartography Department of MIIGAik; Leading Specialist in cosmonaut preparation at Yu. A. Gagarin Research and Testing Cosmonaut Training Center.

Gleb I. Zagrebin – Ph. D., Dean of the Cartographic Faculty of MIIGAik.

Получено / Received 23.04.2025

Поступила после рецензирования / Revised 11.07.2025

Принята к публикации / Accepted 13.08.2025