



Совместная Международная  
научно-техническая конференция

**ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:**

КОСМИЧЕСКИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ,  
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

**ИРКУТСК | 2021**

# МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ОРГАНИЗАТОРЫ



РАКУРС



Роскартография



РОСКОСМОС



КАДАСТР СЪЕМКА

СПОНСОРЫ

**MAXAR**

**PHASEONE**

### **Уважаемые коллеги!**

Совместная конференция «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки» объединяет 20-ю Юбилейную Международную научно-техническую конференцию «От снимка к цифровой реальности: дистанционное зондирование Земли и фотограмметрия» (АО «Ракурс») и 3-ю Международную научно-практическую конференцию «Геодезия, картография и цифровая реальность» (АО «Роскартография»).

Иркутск – значимое место для наших компаний. 21 год назад, именно тут, на берегах озера Байкал зародилась традиция проводить ежегодную конференцию АО «Ракурс». К сожалению в прошлом году она не состоялась по причине пандемии. 2021 год является юбилейным для одного из старейших предприятий «Роскартографии» – АО «ВостСиб АГП», которому исполняется 75 лет. Вот так один город связал наши организации, укрепив многолетнее технологическое партнёрство и дружбу.

Госкорпорация «Роскосмос» является давним партнером АО «Ракурс» и АО «Роскартография», неоднократно принимавшей участие в профильных конференциях. В 2021 году «Роскосмос» принял решение присоединиться к организации конференции в связи с высокой важностью использования цифровых пространственных данных для развития экономики России.

Мы уверены, что объединённая конференция «Цифровая реальность: космические и пространственные данные, технологии обработки» соберет всех наших многочисленных друзей, партнёров, коллег по отрасли, чтобы не только вспомнить, как всё начиналось, но и определить будущее технологий картографии, геодезии, фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли.

До встречи на Байкале!

*С уважением,  
оргкомитет Совместной Международной научно-технической конференции  
«ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные,  
технологии обработки»*

Материалы конференции  
6-9 сентября, 2021, Иркутск, Россия

## СОДЕРЖАНИЕ

В.Н. Адров. Вокруг света за 20 лет...или краткая история конференций «Ракурса».....	3
<u>А.Д. Чекурин</u> , Е.Н. Нафиева, И.В. Елизаветин. Современное состояние и тенденции радиолокационной съемки из космоса. Возможности ПО PHOTOMOD Radar.....	6
Р.Н. Ахметов, <u>А.В. Филатов</u> , и др.Малые космические аппараты разработки АО «РКЦ «Прогресс»: текущее состояние и перспективы.....	7
Р.Р. Халилов. «МКА «АИСТ-2Д» – космические технологии становятся ближе.....	14
Г.Н. Мятлов, <u>А.А. Юдаков</u> , А.В. Филатов. Пути повышения точности координатной привязки высокодетальных снимков с КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс».....	16
<u>В.А. Ананьев</u> , Б.Е. Моисеев. Отечественная геоинформационная инфраструктурная платформа CoGIS для анализа и управления пространственными данными.....	23
А.В. Егоров, <u>Ю.С. Ядрихинская</u> . Применение данных воздушного лазерного сканирования при картографировании городов.....	25
М.В. Вьюнов. Вопросы автоматизации фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъёмки, полученных современными аэрофотосъёмочными системами.....	29
Е.А. Бровко. Актуализация нормативного обеспечения в области геодезии и картографии в целях создания и обновления единого геоинформационного пространства.....	30
Д.В. Кочергин. PHOTOMOD 7.1. Новые функциональные возможности.....	33
О.А. Корчагина. Организация фотограмметрического производства на базе платформы PHOTOMOD.....	34
А.И. Игонин. Тематическое картографирование. Значение и перспективы в отрасли.....	37
О.В. Евстафьев. Технология планово-высотной подготовки аэрофотоснимков, применяемая АО «Роскартография» в рамках выполнения работ по созданию цифровых ортофотопланов масштабов 1:2000 и 1:10000 для включения в состав ЕЭКО.....	44
В.Ю. Малков. Привязка фрагмента сети ГВО Крымского полуострова к основной сети ГВО России, соединяем пространство и решения.....	46
<u>Л.А. Мицевич</u> , С.А. Забагонский. Опыт интеграции фотограмметрических и геоинформационных технологий при решении межотраслевых задач в топографо-геодезическом производстве государственного предприятия «Белгеодезия».....	50
<u>В.И. Лесниченко</u> , А.В. Воронов. Определения геометрических параметров крупногабаритных объектов сложной конфигурации методами геодезических измерений.....	52
М.А. Ханзадян. Стационарный комплекс средств для метрологического обеспечения средств измерений азимута.....	55
А.В. Смирнов. Специфика фотограмметрической обработки БВС-съёмки айсбергов.....	57
А.Ю. Сечин. Технологии автоматического формирования базы данных опорных точек для повышения точности геодезической привязки космических снимков.....	58
М.И. Петухов. Технологии цифровой реальности Гексагон.....	59
О.В. Глухов. Создание однородно-точного координатного пространства для обеспечения геодезических, аэросъёмочных и кадастровых работ на территории города Иркутска.....	60
Т.Т. Куталиа. Новые технологии для проведения аэрофотосъёмочных работ и воздушного лазерного сканирования на беспилотных комплексах Supercam.....	61

## Вокруг света за 20 лет... или краткая история конференций «Ракурса»

В.Н. Адров

АО «РАКУРС», Москва, Россия

Как быстро летит время... Кажется, что совсем недавно мы с волнением готовились к проведению своего первого семинара пользователей разработанных нашей компанией фотограмметрических технологий PHOTOMOD, который состоялся в 2001 году. К тому времени система PHOTOMOD уже активно применялась в России и многих странах мира. Мы получали многочисленные вопросы по работе с системой и предложения по ее развитию.

Возникла идея собрать пользователей наших технологий из разных стран и организаций, чтобы понять их нужды и рассказать о наших планах. Хотелось также провести не «засушенный» технический семинар, а попытаться дать возможность участникам отдохнуть, пообщаться, создать распределенную команду друзей-единомышленников. Поэтому место проведения семинара выбиралось исходя из нескольких критериев: наличие компаний активных пользователей PHOTOMOD, возможность обеспечения хороших условий проведения и туристическая привлекательность.

Город Иркутск прекрасно соответствовал нашим критериям: находящийся рядом Байкал был и остается одним из самых привлекательных туристических мест России; Иркутск был одной из ГИС-столиц России, в нем находилось много предприятий, активно использующих ДЗЗ и фотограмметрию в своей повседневной практике; а Иркутская Земельная кадастровая палата (партнер «Ракурса» в организации этого семинара) была надежным партнером и опытным пользователем технологий Ракурса. Как писал впоследствии президент ГИС-Ассоциации С.А. Миллер: «Решение провести первый пользовательский семинар в Иркутске можно считать очевидной находкой руководства компании Ракурс» (<http://www.gisa.ru/2695.html>). В итоге семинар получился интересным и полезным для всех участников, международным (помимо Российских пользователей PHOTOMOD были также пользователи из Португалии, Индии, Латвии и Белоруссии), и, как писал С.А. Миллер: «главное, что удалось организаторам — это не просто организация неформального общения, а создание некоего высокого уровня предметов общения, когда все гармонично — и PHOTOMOD, и культурные ценности Иркутска, и исторические корни Прибайкалья, и, конечно, его фантастическая природа».

В конце семинара его участники задавали вопрос, который впоследствии стал традиционным:

где и когда будет следующий семинар. Понятно, что мы не должны были останавливаться, поэтому на следующий год мы опять собрали пользователей технологий Ракурса в не менее туристическом месте России – городе Санкт-Петербург. В этом семинаре приняли участие уже представители 12 стран. На следующий семинар, проводимый в год 10-летия компании Ракурс в Москве, приехали представители 15 стран мира. Росло количество пользователей PHOTOMOD, росло количество стран, где эти технологии использовались и их международное признание. Возникла идея проведения наших ежегодных семинаров в других странах совместно с локальными партнерами/дилерами. Помимо продвижения технологий «Ракурса» на мировой рынок это позволяло также российским специалистам-участникам конференций познакомиться с зарубежным опытом использования цифровой фотограмметрии, рассказать о своем опыте и технологических решениях, найти новых партнеров, да и мир посмотреть. Тем самым семинары стали своеобразным мостом, соединяющим российских специалистов с коллегами из других стран.

Развивались технологии фотограмметрии и ДЗЗ, расширялась тематика обсуждаемых вопросов. Поэтому в 2007 году семинары пользователей PHOTOMOD трансформировались в Международную научно-техническую конференцию «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». А в 2017 году, следуя логике развития геотехнологий, конференция немного поменяла свое название на «От снимка к цифровой реальности: дистанционное зондирование Земли и фотограмметрия».

За свою 19-летнюю историю семинар/конференция успешно проводилась в 16 странах мира. В них участвовали ведущие мировые и российские компании в области ДЗЗ, фотограмметрии и геоинформатики, такие как: MAXAR (в прошлом, GEOEYE и DigitalGlobe), HEXAGON (в прошлом, Leica и Intergraph), «Роскосмос», «СургутНефтегаз», Airbus D&S (в прошлом Spot Image), SI Imaging Services, «Рослесинфорг», «Роскартография» и её филиалы, «СканЭкс», «КБ Панорама» и многие другие компании. С докладами на актуальные темы развития фотограмметрии и дистанционного зондирования выступали признанные мировые авторитеты в этой области, такие профессора как: Гордон Петри (Великобритания), Готтфрид Конечный (Германия),

Франц Леберл (Австрия), Армин Грюн (Швейцария), Кристиан Хейпке (Германия), Матиас Лемменс (Нидерланды), Лена Холунова (Чехия), Чен Джун (Китай), Александр Михайлов (Россия) и многие другие.

Вспоминая конференции, трудно выделить какую-либо одну, как наиболее интересную научно, или наиболее удачную с точки зрения бизнеса и установленных партнерских отношений. Каждая конференция чем-нибудь запомнилась. Например, в первой заграничной конференции в Минске в 2004 году впервые участвовали такие известные в области ДЗЗ люди, как профессор В.П. Савиных (в то время ректор МИИГАиК) и Эмиль Майес (владелец и президент EuroSense Group, Бельгия), впервые возникла традиция участия в наших конференциях руководителей соответствующей отрасли страны проведения – в Минске принял участие Г.И. Кузнецов, руководитель Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь.

Из представленных докладов запомнился доклад латвийских коллег о неожиданной практике использования РНОТОМОД в задачах подометрии. В конференции 2007 года в Болгарии впервые приняли участие профессора Готфрид Конечный (Германия) и Гордон Петри (Великобритания), которые впоследствии стали большими друзьями «Ракурса» и неоднократно участвовали в наших конференциях. Конференция 2008 года в Хорватии запомнилась международным представительством: 27 стран-участниц, доклады сделали специалисты из 15 стран, а компании из 4 стран стали спонсорами конференции. Интересной на этой конференции получилась секция, посвященная аэросъемочным камерам, поскольку были представители производителей всех больших аэросъемочных систем: Leica, Intergraph, Vexcel и VisionMap.

Конечно, нельзя забыть конференцию 2010 года, прошедшую в городе Гаэта, Италия. В ней активное участие приняли представители космической отрасли России. Именно тогда образовалась устойчивая и продуктивная кооперация Ракурса с АО «НИИ ТП», которая привела к широкому использованию РНОТОМОД в этом институте и ряду совместных опытно-конструкторских работ, которые продолжаются и в настоящее время. Участники этой конференции, конечно, не забудут мэра города Гаэты, который выступил с приветственным словом при ее открытии и порадовал всех профессиональным исполнением итальянских и рок песен, став солистом музыкальной группы на гала-ужине.

Рост популярности конференций приводил к росту спонсирующих их организаций и конференции

2011, 2012 и 2013 годов спонсировало ежегодно по 7 российских и зарубежных компаний. Организаторы очень благодарны спонсорам конференций всех годов. Надо отметить, что регулярно спонсорами конференций Ракурса становились: МАХАР, Airbus D&S, «СканЭкс», VisionMap. Говоря о традициях спонсорства нельзя не сказать и о традициях участия. Помимо сотрудников Ракурса больше всего в конференциях участвовали: Игорь Кошечкин (АО «КадастрЪемка»), Юрий Райзман (PhaseOne, GeoCloud), Бруно Бертолини (ex.Spot Image), Олег Гомозов (НИИ ТП).

За 19 лет проведения конференций произошли существенные изменения в технологиях фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли. Эти изменения, их влияние на процессы получения пространственной информации, на сами продукты фотограмметрической обработки всегда были главными темами конференций. Новые сенсоры космической и аэросъемки, развитие беспилотных летательных аппаратов и их влияние на геоинформационный рынок, появление и внедрение технологий создания 3D моделей, облачные технологии и многое другое детально обсуждалось участниками конференций.

Конечно, хочется вспомнить многочисленные культурные и спортивные мероприятия, проводимые в рамках конференций. Спортивные соревнования в Хорватии, Греции, Италии и Испании; французские и китайские «уроки»; плавание на кораблях в Иркутске, Хорватии и Португалии; осмотры достопримечательностей в Санкт-Петербурге и Москве, Болгарии и Черногории, Мексике и Индии. А как забыть танец организаторов конференции в Греции и выступление рок-группы «Ракурса» во Франции. А замечательные гала-ужины в замках Испании и Франции, ужин в горной деревне Крита и на телебашне Сеула. Да, у конференций уже богатая история и работы, и отдыха.

Выбирая место проведения 20-й юбилейной конференции, мы хотели учесть просьбы ряда компаний, активно работающих в области ДЗЗ и являющихся партнерами «Ракурса», о проведении конференции в России (не секрет, что в современных реалиях у сотрудников некоторых организаций возникают проблемы с выездом за границу). Хотелось также сделать удобным участие в конференции азиатских компаний, потому что в последнее время рынок стран Азии (Китай, Индия, республика Корея, Монголия и др.) представляется наиболее перспективным для сотрудничества с российскими геоинформационными компаниями. И, как и всегда, хотелось, чтобы место проведения конференции

было бы туристически привлекательным и там же находился надежный партнер «Ракурс» и активный пользователь фотограмметрических технологий и данных ДЗЗ.

Поэтому 20-я конференция должна была проводиться, как и 1-ая, в замечательном сибирском городе Иркутск, а организатором конференции должна была стать компания «Кадастрсъемка», входящая в группу компаний, возглавляемых И.С. Кошечкиным, который был руководителем ФГУ «Земельная кадастровая палата по Иркутской области» в уже далеком 2001 году.

К сожалению, в 2020 году конференция не состоялась по причине пандемии, и мы приняли решение о её переносе на 2021 год. Так сложилось, что 2021 год является юбилейным для одного из старейших предприятий АО «Роскартография» – АО «ВостСиб АГП», которому исполняется 75 лет. АО «Роскартография» приняла решение провести свою 3-ю Международную научно-практическую конференцию «Геодезия, картография и цифровая реальность» тоже в Иркутске. Стало очевидно, что надо объединять усилия, укрепляя многолетнее технологическое партнёрство и дружбу, поэтому было принято решение о проведении Совместной Международной научно-технической конференции «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки». Организаторами стали АО «Ракурс», АО «Роскартография» и АО «Кадастрсъемка». С учетом большого значения данного мероприятия к организаторам присоединился ГК «Роскосмос», которая является давним партнёром наших компаний.

Мы уверены, что объединённая конференция «Цифровая реальность: космические и пространственные данные, технологии обработки» соберет

всех наших многочисленных друзей, партнёров, коллег по отрасли, чтобы не только вспомнить, как всё начиналось, но и определить будущее технологий картографии, геодезии, фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли.

До встречи на Байкале!

*Из выступления В.Н. Адрова, посвященного 10-летию конференций «Ракурс»:*

*«В 2001 году, организуя первую конференцию пользователей ЦФС РНОТОМОД в Иркутске, мы не думали, что она станет столь постоянной, разовьется в серьезное международное событие на рынке фотограмметрии, объединит специалистов почти со всех континентов... Конференция изначально задумывалась как международная, поскольку уже в 2001 году РНОТОМОД использовался во многих странах мира, и у нас было желание способствовать открытию «железного занавеса» и вовлечению российских специалистов в мировую геоинформатику. Сейчас, по прошествии 10 лет, думаю, что нам это во многом удалось. Ежегодно в конференциях участвуют специалисты из 20 и более стран мира. Происходит очень интенсивный обмен идеями и техническими решениями, ищутся новые деловые партнеры, появляются новые дружеские связи.... Да, нашей конференции всего лишь 10 лет, и я верю, что она будет продолжаться и развиваться, как и отрасль, в которой мы работаем. Нашей конференции уже 10 лет, и у нее есть традиции, возникло мировое признание, и появились поклонники, число которых, мы надеемся, будет расти».*

Статья опубликована в журнале «Геопрофи», № 4, 2021 г.

## Современное состояние и тенденции радиолокационной съёмки из космоса.

### Возможности ПО PHOTOMOD Radar

*А.Д. Чекурин, Е.Н. Нафиева, И.В. Елизаветин*

АО «РАКУРС», Москва, Россия

Радиолокационная съёмка играет важную роль и является одним из наиболее перспективных способов получения данных дистанционного зондирования. По сравнению с оптическими и инфракрасными средствами наблюдения радиолокационные системы имеют такие преимущества как: независимость получения снимков от погодных условий и времени суток; возможность широкого обзора на больших дальностях при высокой разрешающей способности; гибкость управления и изменения параметров радиолокатора, позволяющая варьировать положение и размеры зоны обзора, разрешающую способность и формы представления информации, и многие другие.

Радиолокационные коммерческие системы в настоящее время созданы и успешно эксплуатируются рядом стран. Наиболее активно используются данные, получаемые действующими аппаратами: TerraSAR-X (оператор Airbus D&S, Франция), KOMPSAT-5 (SI Imaging Services, Южная Корея), COSMO-SkyMed (Italian Space Agency, Италия) и бесплатно распространяемыми Sentinel-1A /1B (European Space Agency, Европейский Союз).

В последние годы активно развиваются группировки малоразмерных радиолокационных спутников, главной целью которых является сокращение времени повторного наблюдения и получение наиболее актуальной информации. В докладе перечислены основные представители: ICEYE (Финляндия), Capella (Capella Space, США), TY-SAR/Hisea-1 (Spacety, Китай). Эту тенденцию поддерживает, в частности, компания Spacety, планирующая запустить до 56 спутников.

В ПО PHOTOMOD Radar оперативно реализует-

ся поддержка новых типов данных.

Развитие спутниковых группировок приводит к увеличению потоков данных, что требует совершенствования методов обработки в ПО PHOTOMOD Radar.

В частности, для адаптации к растущему разнообразию и увеличивающимся потокам данных реализуются и планируются следующие доработки:

- распараллеливание, на OpenMP и на MPI (на нескольких вычислительных узлах).
- переход на кроссплатформенное программирование;
- повышение степени модульности софта, разделение процесса получения информационных продуктов, на множество более мелких автономных процессов, объединённых общим интерфейсом обмена данными и сообщениями.

В части новых режимов обработки, внедряется:

- автоматическое формирование больших стеков данных, совмещением картинок как по амплитудной, так и по фазовой информации;
- автоматическая привязка к опорной информации или покрытию, автоматическое использование покрытия, например, ЦМР при орторектификации;
- автоматическое выявление изменений по результатам обработки стеков данных;
- использование нейросетевых технологий для автоматического обнаружения и классификации интересующих пользователей объектов.

В презентации приведены примеры обработки данных новых группировок в ПО PHOTOMOD Radar, а также примеры работы разрабатываемых алгоритмов.

## **Малые космические аппараты разработки АО «РКЦ «Прогресс»: текущее состояние и перспективы**

*Р.Н. Ахметов, А.В. Филатов, О.В. Власенко, А.А. Федосеев*  
Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

Исторически сложилось, что одним из основных направлений деятельности АО «РКЦ «Прогресс» является создание космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). С 60-х годов XX века предприятием было выпущено более 20 типов КА ДЗЗ в интересах решения народнохозяйственных задач и задач национальной безопасности. А спутники типа «Зенит», «Янтарь», «Ресурс» стали гордостью отечественного космического аппаратаостроения.

При разработке каждого нового типа КА ДЗЗ внедрение современных технологий позволяло существенно улучшать основные тактико-технические свойства отдельных КА: линейное разрешение на местности, ширину полосы захвата, производительность. При этом, погоня за достижением предельных характеристик КА оставляла массогабаритные характеристики КА на уровне нескольких тонн, ограничиваясь только возможностями используемой для запуска ракеты-носителя.

Современный же уровень развития техники обеспечивает возможность минимизации массоэнергетических характеристик бортовой обеспечивающей и целевой аппаратуры и позволяет находить компромиссное решение по обеспечению предельных значений одних основных тактико-технических характеристик КА (например, ЛРМ) с сохранением если не предельного, то приемлемого значения других (например, ширина полосы захвата и производительность) в рамках отдельного КА и с обеспечением существенного уменьшения массогабаритных характеристик КА. Что, в свою очередь, позволяет с использованием одной ракеты-носителя запускать несколько маломассогабаритных космических аппаратов, разворачивая за один пуск целую орбитальную группировку.

Учитывая это, на современном этапе развития КА ДЗЗ наблюдается тенденция перехода от использования отдельных тяжелых, высокопроизводительных, унифицированных КА с предельными характеристиками к использованию орбитальных группировок, состоящих из малых КА (МКА) нескольких типов, каждый из которых обеспечивает решение на высоком уровне своих задач. При этом, высокая производительность обеспечивается не одним КА, а использованием нескольких однотипных МКА.

АО «РКЦ «Прогресс» не осталось в стороне от данной тенденции. В настоящей статье приводится опыт АО «РКЦ «Прогресс» в разработке и использовании МКА, описание текущих проектов и возможных перспективных путей развития.

### **История развития в АО «РКЦ «Прогресс» направления МКА**

Развитие направления МКА в АО «РКЦ «Прогресс» началось в 2007 году, когда в инициативном порядке в АО «РКЦ «Прогресс» совместно с Самарским государственным аэрокосмическим университетом им. С.П. Королёва (СГАУ) (в настоящее время – Самарский университет) началась разработка МКА «Аист» научного и образовательного назначения [1]. Основными задачами разработки МКА «Аист» (рисунок 1, таблица 1) были:

- разработка унифицированной малогабаритной космической платформы массой до 50 кг для проведения длительных (до 3 лет) научных исследований, технологических экспериментов и реализации современных образовательных программ;
- разработка и отработка технологических задач производства и испытания МКА;
- ввода в эксплуатацию на территории АО «РКЦ «Прогресс» и Самарского университета наземного комплекса управления малыми космическими аппаратами;
- проведение ряда научных экспериментов (исследования магнитного поля Земли, исследования на орбите энергетического состава и характера движения микрочастиц, исследование уровня электризации аппарата и динамики изменения поверхностного заряда, экспериментальная отработка в космосе перспективных типов батарей фотоэлектрических из арсенида галлия (GaAs);
- внедрение процессов разработки, изготовления и эксплуатации МКА «Аист» в учебный процесс СГАУ.

Было изготовлено и успешно запущено в качестве попутной нагрузки два МКА «Аист»:

- МКА «Аист» №1: 19.04.2013 г. околокруговая орбита с высотой 575 км, наклоном 64,9°;
- МКА «Аист» №2: 28.12.2013 г. околокруговая орбита с высотой 575 км, наклоном 64,9°.



Рис. 1. МКА «Аист»

Таблица 1. Основные технические характеристики МКА «Аист»

Масса МКА	38 кг
Габариты	400x500x600мм
Срок активного существования	3 года
Ориентация	неориентированный полет
Среднесуточное энергопотребление	18 Вт

Оба МКА «Аист» успешно функционируют и в настоящее время. Управление МКА «Аист» №1 и №2 в настоящее время осуществляет Самарский университет.

Несмотря на скромные технические характеристики, реализация проекта позволила разработать и отработать интегрированную командно-управляющую навигационную систему ДОКА-276. Данный прибор, несмотря на свою скромную массу, решал задачи командно-измерительной системы, системы телеметрических измерений, системы спутниковой навигации, системы терморегулирования, которые в полноразмерных КА решались несколькими отдельными приборами.

Работы по созданию малого космического аппарата (МКА) «Аист-2Д» явились вторым шагом АО «РКЦ «Прогресс» совместно с Самарским университетом в создании опытно-технологических МКА. Реализация данного шага была начата в 2012 г. вслед за проектом по созданию МКА «Аист». Если первые два аппарата серии «Аист» имели на борту кроме обеспечивающей только научную аппаратуру, то в рамках проекта по созданию МКА «Аист-2Д» была поставлена более амбициозная задача – установка помимо научной аппаратуры ещё и телескопического комплекса для съёмки земной поверхности с высоким разрешением, что, как предполагалось, должно было расширить круг решаемых МКА задач, в том числе, экспериментального

и исследовательского характера. Конечно, решение об установке оптико-электронной аппаратуры повлекло за собой предъявление более жёстких требований к бортовой обеспечивающей аппаратуре, что в результате сказалось на изменении в значительной степени габаритно-массовых и энергетических характеристик МКА. Но это, в свою очередь, определило предпосылки к созданию такого аппарата, который бы стал демонстратором и прототипом для серии малых космических аппаратов нового поколения, способных занять определённую нишу на рынке.

Датой начала работ по созданию МКА «Аист-2Д» можно считать 4 октября 2012 г., когда на заседании президиума научно-технического совета АО «РКЦ «Прогресс» был одобрен проектный облик малого космического аппарата «Аист-2Д», с рекомендациями приступить к работам по разработке тактико-технического задания на космический комплекс «Аист-2» и организацией работ на АО «РКЦ «Прогресс» по созданию МКА «Аист-2Д».

Через несколько месяцев, в начале 2013 г. стартовал комплексный проект АО «РКЦ «Прогресс» и Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (Самарский университет) «Создание высокотехнологичного производства маломассогабаритных космических аппаратов наблюдения с использованием гиперспектральной аппаратуры в интересах соци-

ально-экономического развития России и международного сотрудничества», реализовавшийся в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218. В рамках данного комплексного проекта, в основном, и была организована разработка МКА «Аист-2Д». Общий вид МКА представлен на рисунке 2. Основные технические характеристики МКА отражены в таблице 2.



Рис. 2. МКА «Аист-2Д»

Таблица 2. Основные характеристики МКА «Аист-2Д»

Проекция пикселя (H=490 км): – в панхроматическом диапазоне – в мультиспектральном диапазоне	1,48 м 4,44 м
Полоса захвата в видимом диапазоне (H=490 км)	39,7 км
Скорость передачи целевой информации на наземный пункт приема	до 150 Мбит/с
Емкость запоминающего устройства	280 ГБ
Максимальная протяжённость маршрута съёмки	700 км
Точность координатной привязки снимков (СКО)	до 20 м
Срок активного существования	не менее 3 лет

ный набор приборов и систем уже получил лётную квалификацию в составе МКА «Аист-2Д».

Во-вторых, в процессе создания МКА «Аист-2Д» был отработан новый для предприятия подход к организации работ, при котором в условиях отсутствия государственного заказчика и, соответственно, контроля с его стороны вся ответственность за результат, сроки и качество выполненных работ лежит полностью на исполнителе, который сам определяет порядок контроля себя и подрядных организаций, ответственных за выполнение составных частей проекта.

В-третьих, при реализации проекта «Аист-2Д» АО «РКЦ «Прогресс» была создана «альтернативная» кооперация из числа организаций-исполнителей составных частей проекта (разработчиков блоков, приборов и систем), отличная от «традиционной» кооперации, задействованной при выполнении проектов по созданию «больших» космических аппаратов. Как показало время, в условиях сжатых

Значение проекта «Аист-2Д» для АО «РКЦ «Прогресс» сложно переоценить.

Во-первых, в процессе создания МКА «Аист-2Д» был создан серьёзный задел для будущих проектов по МКА, выраженный в виде универсальной космической платформы, представляющей собой унифицированный набор приборов, систем и элементов конструкции. К настоящему моменту дан-

сроков и ограничений по финансированию новая кооперация зарекомендовала себя положительным образом, а срок функционирования МКА на орбите, составляющий уже более 5 лет (вместо 3 лет запланированных), является хорошим подтверждением этому тезису. Данная кооперация в настоящее время задействована при реализации проекта по созданию двух МКА «Аист-2Т» по заказу Госкорпорации «Роскосмос».

В-четвёртых, в процессе создания МКА «Аист-2Д» на территории АО «РКЦ «Прогресс» были развернуты также наземные средства управления, планирования, приёма и обработки информации ДЗЗ с указанного МКА. Благодаря ежедневной возможности выполнения полного цикла работ с МКА, включающего указанные процессы, у специалистов предприятия появились возможности не только значительно шире взглянуть на результаты собственной работы, но также лучше понять состав и суть практических задач, решаемых потребителями ма-

териалов космической съёмки. Это, в свою очередь, является важным аспектом при реализации перспективных проектов, когда необходимо обосновывать требования как к целевой аппаратуре, так и к аппарату в целом.

В-пятых, за 5 лет эксплуатации МКА «Аист-2Д» проведен ряд технологических экспериментов, имеющих важное практическое значение для АО «РКЦ «Прогресс» с точки зрения использования результатов в текущих и перспективных разработках предприятия по направлению космического аппаратостроения. Так, в рамках реализации эксперимента по съёмке космических объектов было разработано специальное программное обеспечение и отработана технология съёмки космических объектов. Продолжаются эксперименты по оценке возможности получения качественной целевой информации при постоянном нахождении крышки светозащитного устройства ОЭА «Аврора» в открытом состоянии. Также проводятся эксперименты по верификации тепловой модели МКА и исследованию возможности получения качественной информации при реализации маршрутов съёмки большой длительности. За время эксплуатации МКА отработана технология коррекции бортового программного обеспечения не только путем внесения требуемого кода в оперативное запоминающее устройство, но и путем перепрограммирования постоянного запоминающего устройства. С использованием данной технологии откорректировано бортовое программное обеспечение и введены новые возможности системы управления. В том числе введена возможность съёмки маршрутов с произвольным азимутом, проведение съёмки в режиме «скольжения» для осуществления калибровки целевой аппаратуры. С использованием введённых возможностей отработана технология и проведена калибровка целевой аппаратуры. В настоящее время прорабатывается возможность проведения экспериментов по отработке технологии полетной радиометрической калибровки целевой аппаратуры. В случае положительных результатов эксперимента данная технология также найдет применение в других космических аппаратах разработки АО «РКЦ «Прогресс».

Таким образом, проект по созданию и эксплуатации МКА «Аист-2Д» обеспечил АО «РКЦ «Прогресс» необходимыми инструментами, технологиями и опытом для реализации перспективных проектов по созданию МКА.

Стоит отметить, что, с одной стороны, при создании МКА «Аист-2Д» у АО «РКЦ «Прогресс» отсутствовали сроки и контрактные требования, которые обычно определяются Госзаказчиком. С другой

стороны, реализовывая проект, коллектив предприятия хорошо понимал, что от результатов зависит будущее направления космического аппаратостроения на предприятии, а с учётом общемировых тенденций миниатюризации космических аппаратов, что уже в ближайшей и среднесрочной перспективе нам необходимо также будет особое внимание сосредоточить на развитии как раз данного направления. В этой связи необходимо было для создания качественного задела в сжатые сроки и учётом ограничений по финансированию отработать новые для предприятия решения и технологии практически для всех этапов создания МКА – от проектирования до испытаний, которые должны были лечь в основу последующих проектов АО «РКЦ «Прогресс» по созданию МКА. Несмотря на сложность проделанной работы можно считать, что с данной задачей предприятие справилось.

Сегодня данные ДЗЗ с МКА «Аист-2Д» используются для решения практических задач как на территории Самарской области, так и за её пределами и предоставляются органам государственной власти, образовательным и коммерческим организациям.

### **Текущие проекты МКА в АО «РКЦ «Прогресс»**

Следующим этапом развития направления МКА в АО «РКЦ «Прогресс» явилось заключение в декабре 2019 г. госконтракта с Госкорпорацией «Роскосмос» на создание двух МКА «Аист-2Т» (рисунок 3). Новый космический комплекс предназначен для получения панхроматических и цветных (спектрозональных) перекрывающихся конвергентных (стереоскопических) изображений земной поверхности. В рамках работ по созданию комплекса создаются два МКА «Аист-2Т» (таблица 2), Стенд Генерального конструктора, специальное программное обеспечение для обеспечения функционирования МКА (СПО МКА), а также модернизируется наземный комплекс управления (НКУ) для МКА «Аист-2Д». Завершение работ планируется к концу 2023 г. В отличие от МКА «Аист-2Д» на борту МКА «Аист-2Т» размещено два комплекта оптико-электронной аппаратуры. Кроме того, МКА «Аист-2Т» снабжён двигательной установкой.

В рамках проекта серьёзно решается вопрос удешевления создания МКА, в т.ч. за счёт разработки и внедрения новых технологий. Опыт, полученный при создании МКА «Аист-2Д» нашел применение при реализации ОКР «Аист» в рамках государственного контракта с Госкорпорацией «Роскосмос», заключенного в декабре 2019 г, где такой подход ча-

стично внедрен: контроль за выполнением работ по этапам контракта выполняет не военная приёмка, как это предусмотрено в рамках других ОКР, а специализированная государственная научно-иссле-

довательская организация (ГНИО РКП) и служба качества АО «РКЦ «Прогресс», уполномоченные Заказчиком выполнять данные работы.



Рис. 3. МКА «Аист-2Т»

Таблица 2. Основные характеристики МКА «Аист-2Т»

Проекция пикселя (H=490 км):	
– в панхроматическом диапазоне	1,48 м
– в мультиспектральном диапазоне	4,44 м
Полоса захвата в видимом диапазоне (H=490 км)	39,7 км
Скорость передачи целевой информации на наземный пункт приема	до 1440 Мбит/с
Емкость запоминающего устройства	560 ГБ
Максимальная протяжённость маршрута съёмки	700 км
Максимальная протяжённость маршрута стереосъёмки	300 км
Точность координатной привязки снимков (СКО)	
– в надире без использования опорных точек в плане (с использованием опорных точек)	6 (3) м
– по стереоснимкам без использования опорных точек в плане (по высоте)	8 (16) м
– по стереоснимкам с использованием опорных точек в плане (по высоте)	4 (10) м
Срок активного существования	не менее 5 лет

В сентябре 2020 г. завершён этап технического проектирования космического комплекса. В настоящее время завершается разработка рабочей конструкторской документации и уже выполняется изготовление самих МКА.

Данные ДЗЗ, планируемые к получению с данного аппарата, предназначаются, прежде всего, для создания картографической продукции и планово-высотной основы на основе как одиночных, так и стереоскопических снимков, формируемых за один проход МКА благодаря размещению на борту двух телескопических комплексов. Кроме того, планируется, что областью применения данных с МКА «Аист-2Т» будет являться также мониторинг чрезвычайных ситуаций (наводнения, засухи, пожары, оползни). Указанные задачи закреплены в тактико-техническом задании на выполнение ОКР. У нас также нет сомнений, что данные ДЗЗ с МКА «Аист-2Т» найдут своё применение и в других областях

отечественной экономики, т.к. ОКР «Аист» реализуется в рамках проекта «Информационная инфраструктура» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

#### Перспективы развития направления МКА в АО «РКЦ «Прогресс»

Задел, сформированный при реализации проектов по созданию МКА «Аист-2Д» и МКА «Аист-2Т», планируется применять в перспективных проектах по созданию многоспутниковых группировок МКА.

Основными особенностями при реализации таких проектов являются:

- единый пуск 3-4 МКА с использованием одной ракеты-носителя;
- пуск МКА без использования разгонного блока;
- каждая из орбитальных группировок (ОГ) ре-

шает свой блок задач при помощи отдельного набора целевой аппаратуры;

– МКА создаются на базе единой космической платформы;

– реализуется концепция цифровых двойников, а именно создаются цифровые модели КА для использования в процессе создания и последующей эксплуатации.

По результатам проработок АО «РКЦ «Прогресс» готово предложить следующие виды ОГ:

– ОГ с МКА обзорного наблюдения (рисунок 4);

– ОГ с МКА ВР (рисунок 5);

– ОГ с радиолокационными МКА (рисунок 6).

АО «РКЦ «Прогресс» готово предложить указанные виды КА и ОГ как в обеспечение реализации мероприятий федеральной целевой программы «Сфера», так и другим государственным, коммерческим и иностранным заказчикам.

## Заключение



Параметр	Расчетное значение (H=565 км)
Границы спектрального канала, мкм	
- панхроматическая съемка	0,450-0,850
- мультиспектральная съемка	0,440-0,537 0,502-0,597 0,615-0,705 0,770-0,925
Пространственное разрешение (GSD)	
- панхроматическая съемка, м	1,7
- мультиспектральная съемка, м	5,1
Ширина полосы захвата при съемке в надир, км	85
Ширина полосы обзора за счет поворота КА по углу крена, км	788
Производительность в сутки, не менее, тыс. км <sup>2</sup>	2400 (по территории РФ 1100)
Максимально возможный угол отклонения от надира, не менее, ...°	30
Ошибка (СКО) привязки изображений без ОТ, не более, м	9,5
Радиолиния передачи целевой информации	X-диапазон; до 1440 Мбит/с
Управление и телеметрический контроль КА должны осуществляться с использованием КИС	УКВ-диапазон
Срок службы КА на орбите, не менее, лет	5 лет
Масса КА, кг	~700

Рис. 4. КА обзорного наблюдения



Параметр	Расчетное значение (H=500 км)
Границы спектрального канала, мкм	
- панхроматическая съемка	0,450-0,850
- мультиспектральная съемка	0,440-0,537 0,502-0,597 0,615-0,705 0,77-0,925
Пространственное разрешение (GSD):	
- панхроматическая съемка, м	0,5
- мультиспектральная съемка, м	2,0
Ширина полосы захвата при съемке в надир, км	8,7
Производительность в сутки, не менее, тыс. км <sup>2</sup>	270 в т.ч. по территории РФ 125
Макс. возможный угол отклонения от надира, не менее, ...°	45°
Радиолиния передачи целевой информации	X-диапазон; до 1440 Мбит/с
Срок службы КА на орбите, не менее, лет	10 лет
Масса, кг	~950

### Особенности:

доработки МКА «Аист-2Т» в части использования другой ОЗА, введения поворотного механизма БА РЛЦИ, использования СГК

Рис. 5. КА ВР



Параметр	Расчетное значение (H=570 км)
Режимы съемки	Детальный Маршрутный Обзорный
Пространственное разрешение (H=500 км), не менее, ...м	
- в режиме детальный	1
- в режиме маршрутный	2,5
- в режиме обзорный	12
Полоса захвата (H=570 км), км, не менее	
- в режиме детальный	10
- в режиме маршрутный	20
- в режиме обзорный	60
Полоса обзора (H=570 км) правая/левая, км	670/670
Поляризация (во всех режимах):	Единичная, двойная
Макс. протяж. трассы в маршрутном режиме, км	~ 600
Макс. протяженность трассы в обзорном режиме, км	~ 600
Макс. p-ры площад. объектов в дет. режиме, кмхкм	10х10
Радиолиния передачи целевой информации	X-диапазон; до 1440 Мбит/с
Срок службы КА на орбите, не менее, лет	10
Масса, кг	<1900

**Особенности:** использование аппаратуры TAS HE-R1000, увеличение мощности СЭП

Рис. 6. Радиолокационные КА

Таким образом, к настоящему моменту в АО «РКЦ «Прогресс» создан научно-технический и технологический задел в области малого космического аппаратостроения и эксплуатации МКА, подкреплённый успешной штатной эксплуатацией МКА «Аист»,

«Аист-2Д» и лётной квалификацией бортовой аппаратуры и систем, позволяющий в ближайшей перспективе в кратчайшие сроки реализовать посредством групповых пусков орбитальные группировки МКА, обеспечивающие удовлетворение потребностей отечественных потребителей из различных отраслей экономики в данных ДЗЗ.

Следующим шагом в развитии малого космического аппаратостроения в АО «РКЦ «Прогресс» видится развитие технологий, направленных на уменьшение массы как платформы, так и полезной нагрузки при сохранении основных тактико-техни-

ческих характеристик космических комплексов и высокого качества целевой информации.

### Литература

1. Малые космические аппараты серии «Аист» (проектирование, испытания, эксплуатация, развитие) / Под ред. Кириллина А.Н. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2017. 348 с.
2. Опытно-технологический малый космический аппарат «Аист-2Д» / Кириллин А.Н., Ахметов Р.Н., Шахматов Е.В., Ткаченко С.И. [и др.] – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2017. 324 с.
3. Космическое аппаратостроение. Научно-технические исследования и практические разработки АО «РКЦ «Прогресс» (Издание второе и дополненное) / Под. Ред. А.Н. Кирилина. – Самара: 2017. – 376 с.

## «МКА «АИСТ-2Д» – космические технологии становятся ближе

*Р.Р. Халилов*

Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

В настоящее время динамично развиваются технологии связанные с использованием космического пространства. Одно из направлений такого развития – это использование космических аппаратов ДЗЗ.

Сокращение дистанции между производством КА ДЗЗ и конечным пользователем, введение высоких технологий в технологический процесс производства и интеграция систем в законченный пол-нофункциональный комплекс с интерактивным взаимодействием человек–машина привело к необходимости построения космических систем обеспечивающих решение поставленных задач с глубоким комплексированием имеющихся технологий. Одним из перспективных направлений такого развития является создание малых космических аппаратов (МКА) различного назначения. В качестве основных преимуществ МКА необходимо отметить низкую стоимость, короткие сроки изготовления, а также большие возможности по быстрому созданию орбитальной группировки.

Для демонстрации возможностей АО «РКЦ «Прогресс» в сегменте создания МКА был разработан, изготовлен и запущен 28 апреля 2016г. с космодрома «Восточный» опытно-технологический МКА «АИСТ-2Д», который является совместной разработкой АО «РКЦ «Прогресс» и Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва. На борту МКА «Аист-2Д», размещено оптическое оборудование дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), научная аппаратура (НА) и высокоскоростная радиолиния передачи информации на пункт приёма ин-



Рис.1 Снимок МКА «АИСТ-2Д». Поверхность Луны

формации. Оптико-электронная аппаратура МКА «Аист-2Д» позволяет получать мультиспектральные изображения в трёх спектральных диапазонах 0,45–0,52 (синий) мкм., 0,52–0,6 (зелёный) мкм. и 0,63–0,69 (красный) мкм. и в панхроматическом с размером пикселя при съёмке в надир с высоты 490 км 1,46 метра, при этом полоса захвата составляет 39 км. В настоящее время МКА «АИСТ-2Д» является лучшим в своём классе среди российских МКА, им отснято более 64 млн. кв. км.

Для данного МКА на территории АО «РКЦ «Прогресс» развёрнут полный набор средств дистанционного обслуживания МКА. Совокупность



Рис. 2 Снимок МКА «АИСТ-2Д». Санкт-Петербург.

средств дистанционного обслуживания ОТ МКА «АИСТ-2Д» получила название Наземные средства управления, получения и обработки информации (НСУПОИ) КК «АИСТ-2Д». В состав НСУПОИ ОТ МКА «АИСТ-2Д» входят: наземный комплекс управления (НКУ); комплекс радиотехнических средств приёма информации ДЗЗ (КРСПИ); комплекс целевого планирования (КЦП); комплекс метеопрогноза (КМП); комплекс обработки информации ДЗЗ (КОИ); комплекс хранения и информационного взаимодействия (КХИВ); центр пользователя НА (ЦП НА) входит функционально. В состав наземного комплекса управления (НКУ) входят: комплекс радиотехнических средств управления (КРСУ); центр управления полетом (ЦУП).

Совместное функционирование Центра управления полётом МКА и средств приёма и обработки

информации обеспечивает замкнутый цикл дистанционного взаимодействия наземного оборудования и КА и делает дистанционное обслуживание МКА полнофункциональным. Необходимо отметить, что в рамках перспективного предложения АО «РКЦ «Прогресс» может предложить полный цикл работ по созданию МКА от разработки МКА и проведения всех видов испытаний до его эксплуатации в рамках единой работы. Таким образом, заказчик может полностью сконцентрироваться на решении поставленной задачи, а процесс подготовки и работы с космическим пространством становится простым и доступным.

Информация о РКЦ «Прогресс», МКА «АИСТ-2Д» и заказе снимков представлена на сайте [sam-space.ru](http://sam-space.ru).

## Пути повышения точности координатной привязки высокодетальных снимков с КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

Г.Н. Мятов, А.А. Юдаков, А.В. Филатов

Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

### Введение

С момента запуска первого гражданского оптико-электронного космического аппарата (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) «Ресурс-ДК1», прошло более 15 лет. За это время АО «РКЦ «Прогресс» приобрело опыт по достижению тактико-технических характеристик КА ДЗЗ. Эксплуатируемые в настоящее время КА ДЗЗ обеспечивают потребителей информацией с разрешающей способностью порядка одного метра и с точностью координатной привязки снимков на уровне единиц метров. В ближайшей перспективе планируются запуски высокодетальных топографических и сверхвысокодетальных КА ДЗЗ с улучшенными тактико-техническими характеристиками, что стало возможным благодаря

совершенствованию разработанных и апробированных на КА типа "Ресурс-П" научно-прикладных подходов в области проектирования, испытаний и эксплуатации КА ДЗЗ.

### Базовые положения

На стадии проектирования КА ДЗЗ выявлены основные факторы, влияющие на точность геодезической привязки снимков (см. Рисунок 1):

- линейные элементы внешнего ориентирования снимка (ЛЭВО);
- угловые элементы внешнего ориентирования снимка (УЭВО);
- элементы внутреннего ориентирования оптико-электронной аппаратуры (ЭВНО).

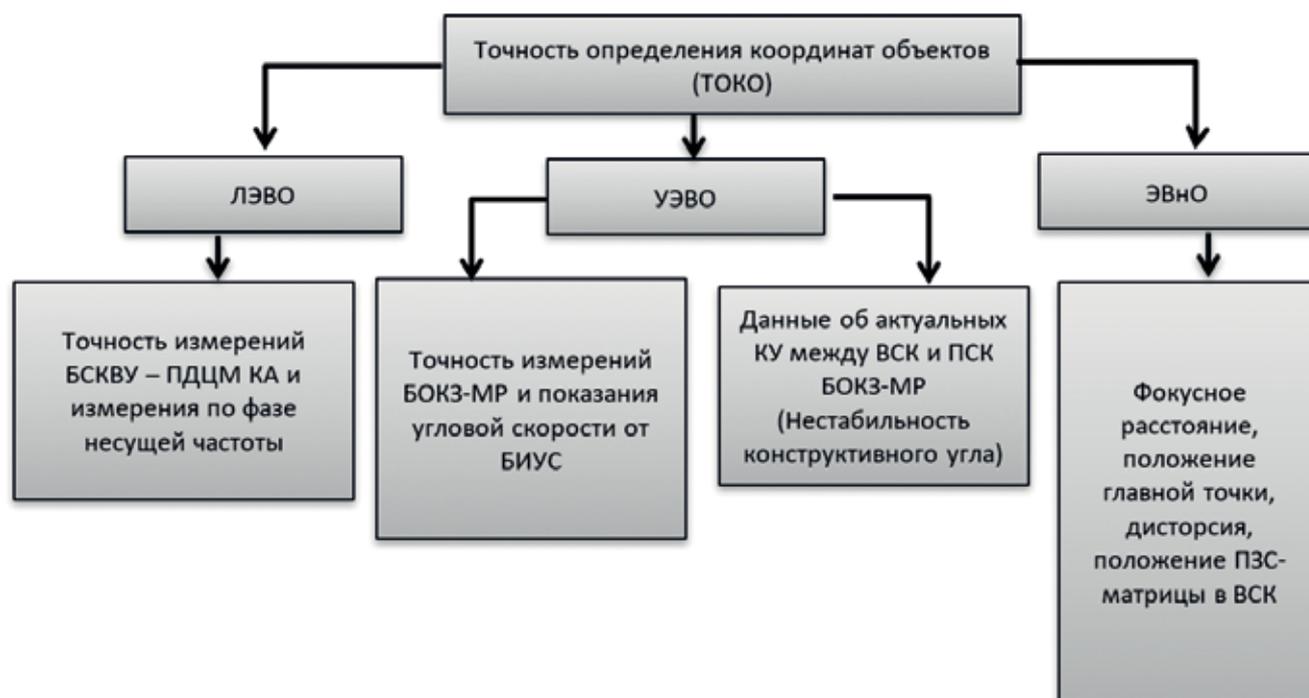


Рис. 1. Основные факторы влияющие на точность геодезической привязки снимков.

УЭВО снимка синтезируются в наземном комплексе обработки информации на моменты определения каждой строки изображения, формируемого оптико-электронной аппаратурой (ОЭА) по апробированным алгоритмам технологии геометрической калибровки съёмочной системы оптико-электронных КА ДЗЗ [4-6].

Для проведения синтеза ЛЭВО используются измерения бортового синхронизирующего координатно-временного устройства (БСКВУ) в виде псевдопараметров или параметров движения центра масс КА (ПДЦМ) с привязкой к (ДМВ) и бортовой шкале времени (Пасынков, 2015).

ЭВНО (фокусное расстояние, положение глав-

ной точки, дисторсия объектива, положение каждой ПЗС-матрицы в ВСК) определяются при наземной калибровке съемочной аппаратуры и заносятся в фотограмметрический формуляр, а затем уточняются в процессе геометрической полетной калибровки съемочной системы КА.

Мероприятия по повышению точности координатной привязки

натной привязки

Показатели точности геодезической привязки, которые были достигнуты на КА «Ресурс-П» № 3 за счет следующих мероприятий:

1. В части улучшения показателей ЛЭВО:

- установка более точного прибора определения ПДЦМ КА;

Наименование КА	Наименование прибора	Значение ПДЦМ, м
Ресурс-ДК	БСКВУ	10
Ресурс-П	БСКВУ	3,3

- проведение наземной калибровки межлитерных задержек радиочастотного тракта модуля приемовычислительного (МПВ) при изготовлении БСКВУ для сигналов каждого частотного диапазона для глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS;

- проведение наземной калибровки положения фазовых центров антенных устройств БСКВУ;

- проведение полетной калибровки БСКВУ с целью компенсации межлитерных задержек к измеренным значениям псевдодальности для каждого МПВ, рассчитанных с использованием первичных

измерений БСКВУ и данных Системы высокоточного определения эфемеридо-временной информации (СВО ЭВИ);

- применение при обработке снимков на этапе штатной эксплуатации информации от СВО ЭВИ.

Данные мероприятия позволяют определять ПДЦМ КА с точностью до 0,5 метра.

2. В части улучшения показателей ЭВНО:

- проведение полетной геометрической калибровки, основанной на строгой модели съемочной системы ОЭА, с применением высокоточных геодезических полигонов.

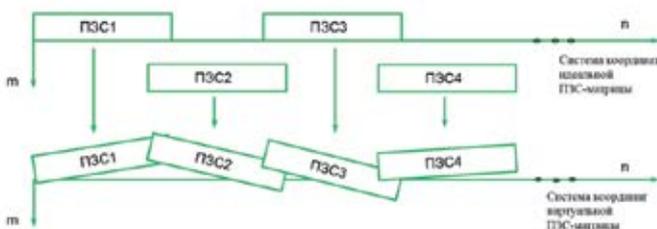


Рис. 2. Схема съемки геодезических полигонов

Данные мероприятия позволяют уточнять положение ПЗС-матриц в фокальной плоскости с учетом дисторсии и фокусного расстояния объектива с точностью до 1 пикселя.

3. В части улучшения показателей УЭВО:

- установка более точных звездных датчиков с

учетом термодформаций прибора;

На рисунке 3 показан приборный ряд БОКЗ. Видно, что разработчик БОКЗ ИКИ РАН совершенствует свой прибор, и в перспективе возможно получить точность определения углового положения КА на уровне 0,5-0,7 угл. сек.



Рис. 3. Доработки БОКЗ в части выполнения требований по ТОКО

Наименование КА	Наименование прибора	Значение ПДЦМ, м
Ресурс-ДК	БОКЗ-М	12"
Ресурс-П	БОКЗ-М60	7"

- полетная калибровка приборов БОКЗ;
- взаимная юстировка БОКЗ и апостериорная обработка системы приборов БОКЗ;
- апостериорная обработка информации с приборов БОКЗ со всей видимой части витка.

Совершенствование приборов БОКЗ и возможность использования данных аппаратуры спутниковой навигации, совместно с БСКВУ, позволило получить невязки измерений БОКЗ и уточнять конструктивные углы между ОЭА и БОКЗ после гео-

метрической калибровки съемочной системы ОЭА на уровне конструктивных особенностей КА (рисунок 4). И стало возможным учитывать погрешности на прецизионном уровне, которые ранее были «поглощены» более грубыми ошибками. Точность геопривязки теперь напрямую зависит от стабильности ОЭА и стабильности конструкции обеспечивающего модуля (ОМ), в частности стабильности кронштейнов крепления БОКЗ и стабильности конструкции посадочных мест под эти приборы.

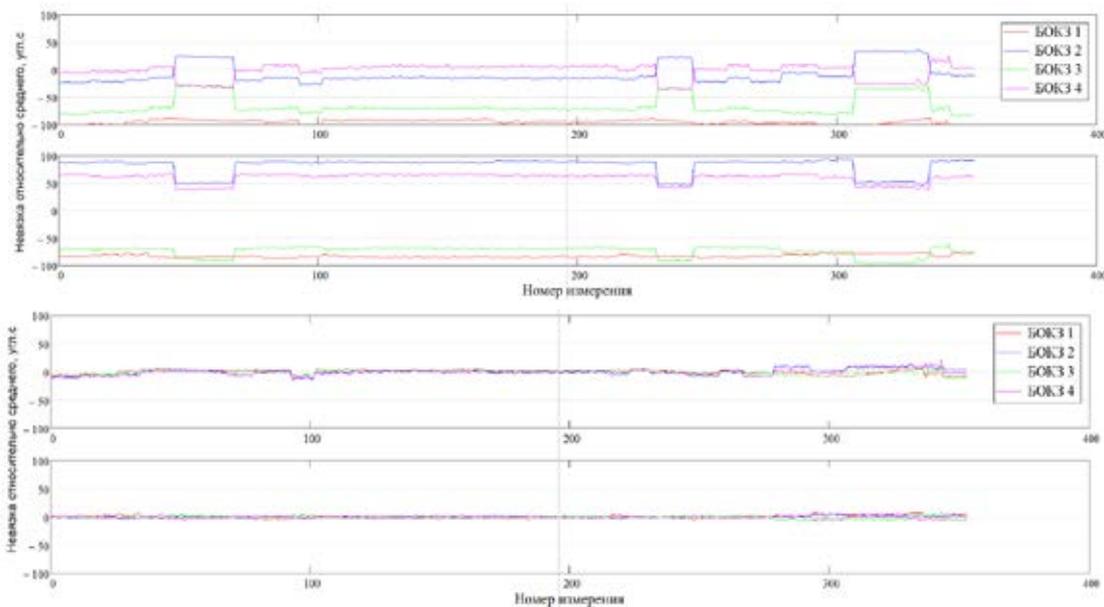


Рис. 4. Графики невязок измерений БОКЗ по двум высокоточным осям: а) до уточнения, б) после уточнения конструктивных углов

Пути повышения точности координатной привязки

Вопрос стабильности конструкции требует отдельного детального исследования в связи с тем, что разработчик элементов конструкции КА не имеет возможности подтвердить требуемую стабильность конструкции на уровне единиц секунд (в общемировой практике не существует систем, позволяющих проводить измерения сложных и крупногабаритных конструкций с такой точностью).

Для уменьшения влияния указанных погрешностей необходимо комплексное решение задач, включающих в себя повышение компактности расположения аппаратуры, оптимизацию несущей

конструкции и снижение неоднородности температурных полей, вызывающих ее перекосы, использование материалов с наиболее благоприятным сочетанием физико-механических свойств: минимальным коэффициентом температурного линейного расширения, низким удельным весом, стабильностью и конструкционной прочностью. Важно на стадии проектирования и отработки КА располагать возможностью корректировки параметров, которые описывают элементы внутреннего и внешнего ориентирования съемочной системы КА, с учётом расчётных характеристик температурных полей оптической аппаратуры и несущей конструкции КА [6].

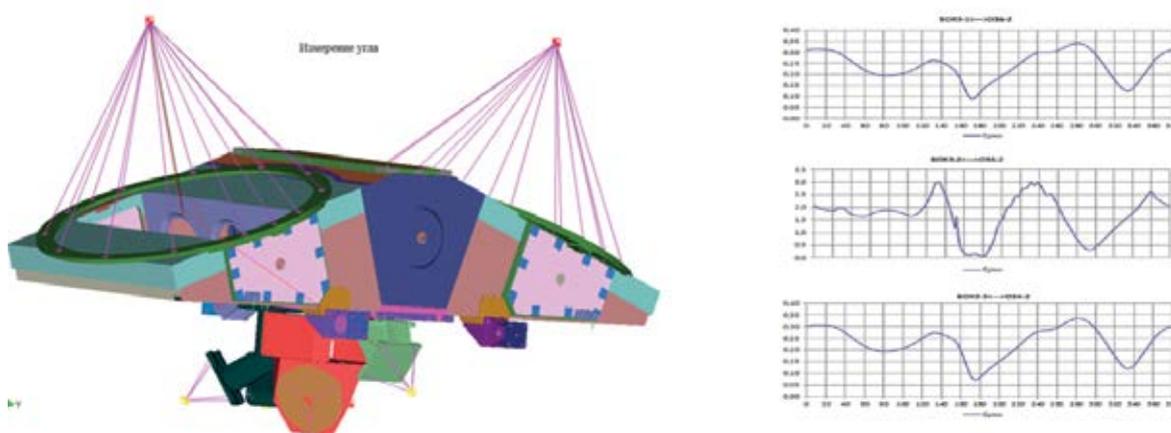


Рис. 5. Изменение пространственного угла между нормалью посадочных мест под звездные датчики и ОЭА МКА «АИСТ-2Т»

Для определения влияния на точность привязки стабильности конструкции требуется разработка конечно-элементной модели (КЭМ) всей конструкции КА, включая ОЭА и ОМ. Разработанная КЭМ позволит рассчитывать параметры внутреннего ориентирования ОЭА и параметры внешнего ориентирования, включая расчет конструктивных углов в соответствии с текущими тепловыми воз-

действиями.

Верификация термооптических моделей оптической аппаратуры и термомодеформационных моделей несущей конструкции должна проходить на стадии наземной отработки путем верификации отдельных составляющих конструкции ОЭТК, элементов конструкции и КА в целом.



Рис. 6. КЭМ и твердотельная модель МКА «АИСТ-2Т»

В дальнейшем полученную модель следует использовать на стадии летных испытаний для выявления влияний термодформаций на качество изображения и изменения конструктивных углов конструкции. При этом, исходя из опыта эксплуатации КА «Ресурс-П» №3, необходимо учитывать и предъявлять требования к стабильности конструкции (тепловым нагрузкам), в первую очередь, в режиме съемки подстилающей поверхности КА и перехода КА из зоны «тень» в зону «свет».

### Заключение

Определены пути повышения точности координатной привязки объектов наблюдаемой сцены на основе отработанной на КА типа «Ресурс-П» полетной калибровки съемочной системы КА и внедрения новой технологии проектирования и создания КА ДЗЗ на основе строгой КЭМ КА, позволяющей рассчитывать термодформации конструкции КА в условиях полета. Данная технология в настоящее время внедряется в АО «РКЦ «Прогресс» при разработке МКА «Аист-2Т».

### Литература

1. Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли / Под ред. Еремеева В.В. М.: Физматлит, 2015. 460 с.
2. Ахметов Р.Н., Еремеев В.В., Кузнецов А.Е., Мятлов Г.Н., Пошехонов В.И., Стратилатов Н.Р. Вы-

сокоточная геодезическая привязка изображений земной поверхности от КА «Ресурс-П» // Исследование Земли из космоса. 2017. №1. С. 48-53.

3. Ахметов Р.Н., Зинина И.И., Юдаков А.А., Еремеев В.В., Кузнецов А.Е., Пошехонов В.И., Пресняков О.А., Светелкин П.Н. Точностные характеристики выходной продукции высокого разрешения КА «Ресурс-П». // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. №3 Т.17. 2020. С. 142-148.

4. Мятлов Г.Н. Координатно-временная модель процесса дистанционного зондирования Земли оптоэлектронным космическими аппаратами // Научно-техн. сб. №7. 2014. М.: ОАО «НИИ ТП». С. 98-105.

5. Пасынков В.В. Высокоточное навигационное обеспечение низкоорбитальных КА по данным аппаратуры спутниковой навигации ГЛОНАСС. // Тезисы IV Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-технической техники» («IV Козловские чтения»). АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара. 2015. С.126-127.

6. Ахметов Р.Н., Я.М. Клебанов., А.Н. Козлов, А.Е. Кузнецов, Г.Н. Мятлов, А.С. Нонин, А.Ф. Филатов, А.А. Юдаков. Научный подход к повышению точности геодезической привязки изображений от космических аппаратов высокодетаальной оптико-электронной съемки Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. №1 Т.18. 2021. С. 43-52.

# «Ресурс-П»

**Оптико-электронная аппаратура высокого разрешения**  
Панхроматический / Мультиспектральный режим (1 / 3,4 м)

**Широкозахватная мультиспектральная аппаратура высокого разрешения (ШМСА-ВР)**  
Панхроматический / Мультиспектральный режим (12 / 23,8 м)

**Широкозахватная мультиспектральная аппаратура среднего разрешения (ШМСА-СР)**  
Панхроматический / Мультиспектральный режим (60 / 120 м)

**Гиперспектральная аппаратура (ГСА)**  
96 спектральных каналов (30 м)



**РКС**  
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ



Аэропорт, г. Брюссель, Бельгия, съемка КА «Ресурс-П»  
© Все права защищены, РОСКОСМОС, 2016



# Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ  
СЪЁМКА



АЭРОФОТОСЪЁМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ  
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО  
ОБОРУДОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ  
ЦИФРОВОЙ  
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ

Информация о сотрудничестве: +7 (499) 177 50 00 | [info@roscartography.ru](mailto:info@roscartography.ru)

 [www.roscartography.ru](http://www.roscartography.ru)

## Отечественная геоинформационная инфраструктурная платформа CoGIS для анализа и управления пространственными данными

*В.А. Ананьев, Б.Е. Моисеев*

«Дата Ист», г. Новосибирск, Россия

Роль пространственной информации в современных процессах цифровой трансформации бизнеса, управления и даже в повседневной жизни людей уже становится не просто заметной, но и определяющей. Многие ведущие эксперты обуславливают развитие отрасли геоинформационных технологий следующими основными драйверами:

- Огромное количество накопленной географической информации и непрекращающийся процесс генерации новых геоданных мировым сообществом.

- Развитие тенденции открытого обмена геоданными внутри сообщества и резкий рост потребительского спроса на доступные геоданные и программные решения.

- Появление удобных, простых в использовании мобильных и веб ГИС-приложений, что привело к революции в эффективном использовании цифровых электронных карт и электронных навигационных систем, массовому пониманию возможностей ГИС.

Поступательное движение к формированию «цифровой картины мира» – такого цифрового близнеца, в котором можно использовать компьютерные технологии для получения нового знания и своевременного реагирования на новые социально-экономические вызовы, предопределило массовое использование платформенных решений. Цифровые платформы стали передовым трендом, обеспечивающим новый уровень алгоритмизированного взаимодействия между участниками сообщества в единой информационной среде, создавая принципиально новую систему разделения труда и обеспечивая переход к цифровой экономике. В исследовании Ростелеком «Цифровые платформы: подходы к определению и типизации» выделены 3 основных типа цифровых платформ – инструментальная, инфраструктурная и прикладная. Геоинформационные экосистемы, такие как ArcGIS, называются яркими представителями инфраструктурных цифровых платформ, предназначенных для формирования экосистемы поставщиков и потребителей инструментов, сервисов и данных с целью принятия эффективных и своевременных решений. Инфраструктурная платформа должна содержать в себе и средства технологической обработки данных, и данные, что позволяет в рамках соответствующих экосистем строить полезные в прикладном смысле

ИТ-сервисы, насыщенные данными, необходимы для решений задач региональной, муниципальной или отраслевой информатизации. В случае ГИС эти данные имеют пространственную географическую привязку, а среди методов технологической обработки обязательно присутствуют аналитические инструменты и технологии пространственной трансформации.

Основные характеристики и анализ предназначения инфраструктурных цифровых платформ легли в основу набора функциональных и программно-архитектурных требований к комплексной программной разработке CoGIS, ставшей, по сути, первой отечественной цифровой геоинформационной инфраструктурной платформой, в ядре которой лежит оригинальный отечественный картографический сервер, созданный российскими разработчиками. CoGIS – это вертикально интегрированная кроссплатформенная (MS Windows Server и семейство ОС Linux, включая AstraLinux) геоинформационная система, объединяющая:

- СУБД (MS SQL Server, PostgreSQL/PostGIS)
- eLiteGIS Сервер (публикация геосервисов)
- CoGIS Конструктор карт и приложений для создания полнофункциональных картографических веб-приложений без программирования
- CoGIS портал для доступа к иерархическому каталогу карт
- Мобильные приложения CoGIS Mobile под iOS и Android для доступа к тем же картам и геосервисам, включая офлайн-режим
- Модуль инструментов для обработки данных, создания статистических отчетов и пространственного анализа.

Платформа реализована по принципу открытой архитектуры, которая позволяет практически без ограничений интегрировать отдельные компоненты в существующую информационно-вычислительную инфраструктуру организации или предприятия. Для расширения возможностей широкого круга участников экосистемы по работе с картографическими проектами нами был предусмотрен механизм продвинутой интеграции со свободной ГИС QGIS, позволяющей публиковать созданный и сохранённый qgs/qgz файл путём простой операции drag&drop, по умолчанию сохраняя все основные настройки – иерархию слоев, раскраску (символьная, кластеризация, тепловая карта), подписи, масштабы ви-

димости, настройки временных слоёв, настройки полей (видимость, порядок, псевдонимы, домены/справочники, доступность редактирования), системы координат и трансформации и т.д.

Среди остальных ключевые возможности CoGIS следует отметить:

- Разворачивание и публикация геоинформационных сервисов любых типов, включая тайлы, динамические карты, сервисы геообработки, геокодирования, сетевого анализа (построение маршрутов и зон обслуживания).

- Наличие REST API для популярных картографических веб-протоколов TMS, WMS, WFS, WMTS и AGS, обеспечивающих совместимость с различными клиентскими приложениями и инфраструктурами.

- Прогрессивные возможности оформления цифровых карт благодаря использованию фильтров, настроек и временных слоёв.

- Настраиваемые виджеты инструментов геообработки и анализа для интерактивных карт.

- Регулирование доступа к картам, сервисам, слоям, отдельным объектам и территориям для определённых пользователей и групп пользователей.

- Интеллектуальный генератор тайлов, позволяющий подготавливать кэш тайлов к первому запуску, оптимизировать размер кэша за счёт выделения нужных областей на карте и обновления только тех участков карты, которые содержат изменённые данные.

- Встроенная подсистема геообработки, позволяющая внедрять уникальные алгоритмы и пользовательские действия для расширения функциональности интерактивных карт.

- Интеллектуальная система преобразования исходных данных в конечную структуру на основе predetermined правил и фильтров для импорта геоданных с нестандартной структурой (таких как OpenStreetMap).

- Наличие готового мобильного приложения с функциями полевого сбора данных для последующей синхронизации собранной информации на сервер.

Мы ожидаем, что геоинформационные технологии будут лидерами процесса преобразования информационного сообщества. ГИС-экосистемы все в большей мере формируются вокруг облачных вычислений и виртуализации, обеспечивающих сбор геоданных и доступ к ним в любом месте и с любого устройства. Платформа CoGIS позволяет разворачивать облачные геоинформационные системы любого уровня и предназначена для широкомасштабного использования для мониторинга территорий и пространственных объектов на данных территориях, динамического снабжения актуальной пространственной информацией, необходимой для повышения скорости и эффективности принятия управленческих решений, взаимодействия субъектов рынка и поддержания общественных инициатив.

## Применение данных воздушного лазерного сканирования при картографировании городов

*А.В. Егоров, Ю.С. Ядрихинская*

АО «Аэрогеодезия», Санкт-Петербург, Россия

С 2020 года АО «Аэрогеодезия» осуществляет аэросъемку с использованием цифровой камеры RCD30 и лазерного сканера ALS80-HP компании Leica. В течение 2020 и 2021 годов была выполнена съемка площадью более 17000 км<sup>2</sup> территорий в Нижегородской и Саратовской областях, городах Липецкой, Рязанской, Вологодской областей, Ставропольского края, Республик Татарстан, Адыгея, Калмыкия. Впервые в предприятиях АО «Роскартография» при выполнении работ в рамках государственных контрактов выполнялось воздушное лазерное сканирование (далее – ВЛС).

Высокая точность и детальность данных лазерного сканирования являются ключевыми факторами при выборе технологий, используемых для решения задач, связанных с геопространственными данными. В частности, ВЛС может быть использовано при крупномасштабном картографировании городов. Данные ВЛС были использованы АО «Аэрогеодезия» при создании топографической карты масштаба 1:2000 на город Пенза. При выполнении государственных контрактов, аэрофотосъемка ряда территорий осуществляется в летнее время. По результатам съемок создаются ортофотопланы и, на их основе, составляются и обновляются цифровые планы городов. При создании цифровой модели рельефа (далее – ЦМР) по данным съемки в летнее время возникают трудности из-за высокой доли растительного покрова. С такой проблемой и столкнулось АО «Аэрогеодезия» при картографировании Пензы. Для получения качественной ЦМР было принято решение выполнить ВЛС.

Необходимо отметить, что требования к точности рельефа разные для создания ортофотопланов (далее – ЦОФП) и крупномасштабного картографирования. Точность ЦМР для ортотрансформирования регламентируется «Инструкцией по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов», а точность к модели рельефа (горизонталям) – «Инструкцией по топографической съемке в масштабе 1:2000». При создании ЦМР для топографического плана необходимо дорабатывать фотограмметрический проект, добиваясь необходимой точности по высоте. Однако, в случае выполнения аэрофотосъемки в летний период, добиться требуемого результата сложно, а иногда практически невозможно. Решением этой проблемы является применение ВЛС. Качество информации о рельефе и высотах объектов по данным

ВЛС выше, чем по фотограмметрическим данным. Использование ВЛС позволяет создать ЦМР с нужной точностью и применять ее при создании ЦОФП.

Выполнение ВЛС способствует получению информации об истинном рельефе даже под кронами деревьев. Это позволяет получить достоверную информацию о земной поверхности в сравнении с результатами фотограмметрической обработки. Более того, благодаря использованию ЦМР, созданной по данным сканирования, сокращается время на доработку горизонталей по сравнению с применением ЦМР, созданной по фотограмметрическим данным.

Из опыта специалистов АО «Аэрогеодезия» выявлено, что при картографировании территорий в масштабе 1:2000 возникают значительные временные затраты, связанные с определением:

- высот и типов опор ЛЭП, растительности, арок, заборов, насыпей, трубопроводов, глубин каналов;
- количества проводов ЛЭП и их местоположение;
- объектов, находящихся под плотным растительным покровом;
- геометрического положения фундаментов зданий, этажности.

В настоящее время, при выполнении государственных контрактов, эти задачи решаются с применением только стереофотограмметрической модели. Использование данных ВЛС увеличивает производительность этих работ. При наличии данных лазерного сканирования есть возможность создания цифровой модели местности (далее – ЦММ) в виде облака точек со значениями высот относительно земной поверхности. Такой метод позволяет ускорить получение необходимых характеристик объектов и не требует проведения измерений с использованием стереомониторов и полевых выездов. Использование ВЛС позволяет избегать ошибок, связанных с геометрическим расположением объектов как в плане, так и по высоте. По данным ВЛС определение абсолютных отметок высот, особенно на территории с лесной растительностью, выполняется точнее, чем по ЦМР, полученной фотограмметрическим способом.

Применение результатов ВЛС не ограничивается созданием ЦМР. АО «Аэрогеодезия» выполняет договорные работы для телекоммуникационных компаний по созданию ЦММ для частотного планирования. Эта задача эффективно решается с использованием ВЛС, так как затрачивается меньше

время на обработку данных и вычисление высот объектов по сравнению с аэрофотосъемкой. На облаке точек лазерных отражений высокой плотности контуры объектов выделяются однозначно. Отсутствуют искажения в ЦММ, связанные с растительностью и тенями от объектов.

По данным лазерной съемки реализуема задача создания высокоточной 3D-модели, которая необходима для планирования застройки городов, проектирования инженерных и архитектурных сооружений, сохранения объектов культурного наследия и так далее. Благодаря использованию ВЛС, уменьшаются затраты на выполнение таких работ, как:

- автоматизированная векторизация зданий и контуров растительности;
- проведение точных измерений (например, расстояний между зданиями);
- создание моделей ЛЭП и определение потенциально опасной растительности в охранной зоне;
- проектирования строительства и реконструкции транспортных сетей;
- выделение речной системы вне зависимости от плотности растительности, определение береговой линии водных объектов;
- проведение геоморфологического анализа рельефа;
- экологический и лесной мониторинг.

Все перечисленные сферы применения результатов ВЛС могут быть направлены на поддержание развития концепции «Умный город», которая реализуется в рамках национального проекта «Цифровая экономика». Анализ международного опыта пока-

зывает, что такие аналогичные программы существуют во многих странах. Результатом их функционирования является высокоточная ЦМР, полностью покрывающая территорию страны. Так, в США с 2001 года существует программа NED (National Elevation Dataset). На протяжении многих лет развивается программа 3DEP (3D Elevation Program), использующая данные только ВЛС и направленная на получение полного покрытия страны высокоточными цифровыми картами рельефа. В рамках этих программ разработаны соответствующие стандарты и требования к точности и плотности данных ВЛС. На сегодняшний день многие города сканируются с плотностью более 8 точек на м<sup>2</sup> и требованием точности по высоте лучше 10 см.

Предлагаем использовать результаты ВЛС при выполнении государственных контрактов, в первую очередь, для создания крупномасштабных планов городов. Это должно сопровождаться разработкой отдельных требований к ЦМР и ЦММ в зависимости от решаемой задачи: крупномасштабного картографирования, создание ЦОФП и так далее. Необходимо также рассматривать ВЛС как отдельный вид работ, где Росреестр мог бы стать поставщиком пространственных данных для других заинтересованных ведомств (например, Минстрой, МЧС, Минприроды, Росавиация). Существует потребность в разработке нормативной базы по использованию ВЛС для решения различных задач, в том числе стандарта для ЦМР и ЦММ как отдельных видов продукции.



# EARTH INTELLIGENCE AT SCALE

Solving mission-critical  
challenges

Maxar simplifies access to advanced  
geospatial information and analytics  
to help you monitor, understand and  
address change in new ways.

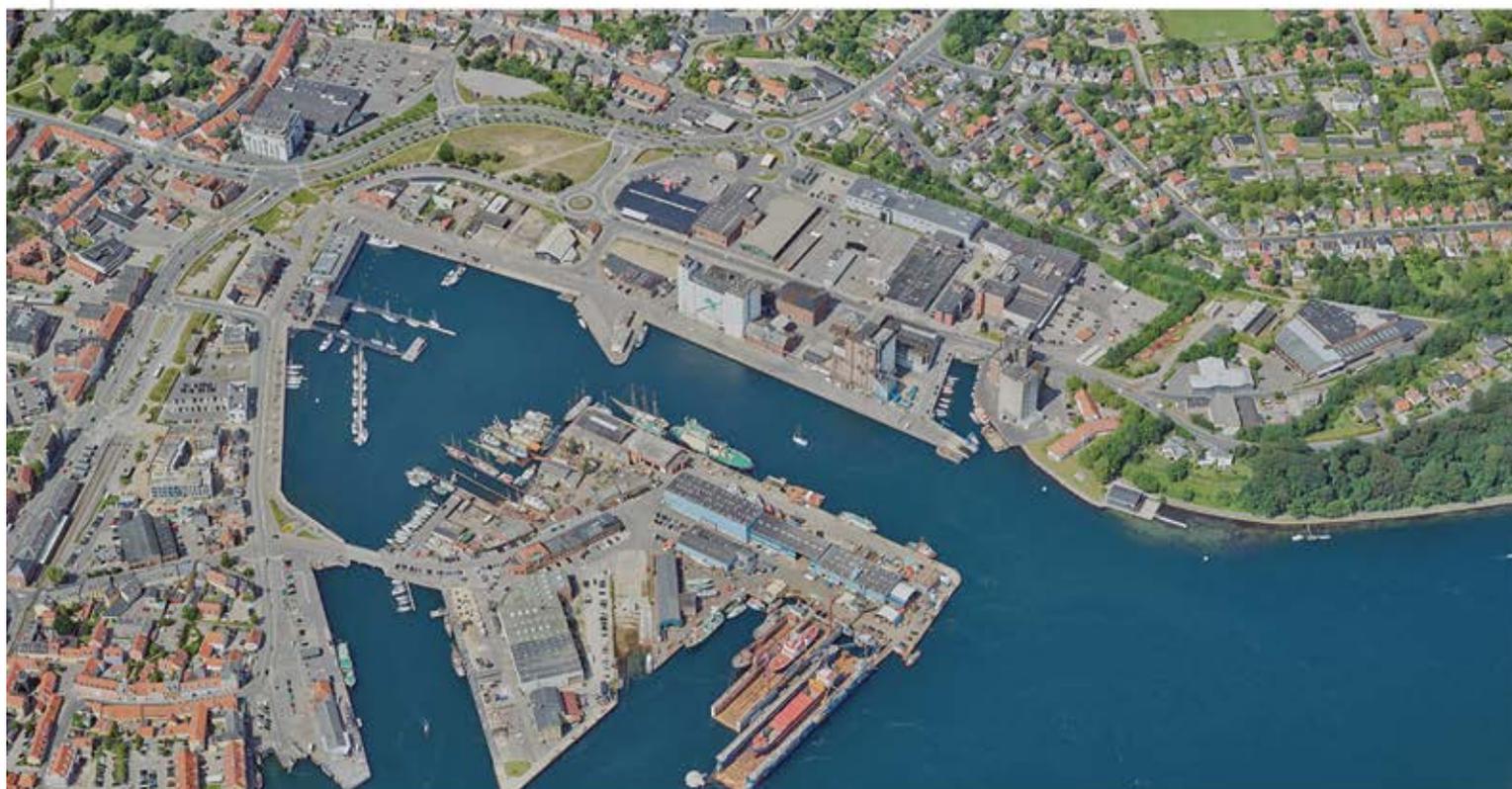


See what's possible at [maxar.com](https://maxar.com)

# MAXAR

## Аэрофотокамеры и системы Phase One

Цифровые камеры среднего и крупного формата со сверхвысоким разрешением, аэрофотосъемочные системы и полезные нагрузки для БПЛА, предназначенные для воздушного картографирования, фотограмметрии, аэрофотосъемки и инспекций



### PAS 880

Точная и производительная широкоформатная 880MP система для плановой и перспективной аэрофотосъемки



### P3 - Полезная нагрузка

Непревзойденная производительность инспекций и универсальность  
Для дронов DJI M300 и БПЛА с поддержкой MAVLink



### PAS 280

Широкоформатная 280 Мп аэрофотосъемочная система  
Производительная и компактная  
Превосходное качество изображения



### Phase One серия iXM

Аэрокамеры со сверхвысоким разрешением 150 Мп и 100 Мп для воздушных картографических и инспекционных миссий



## Вопросы автоматизации фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъёмки, полученных современными аэрофотосъёмочными системами

*М.В. Вьюнов*

НПК «Йена Инструмент», Москва, Россия

Непрерывный рост производительности вычислительных систем в какой-то момент привёл к коренному пересмотру комплекса фотограмметрических работ. Мощные распределённые вычисления, в том числе на графических процессорах, позволяют сначала извлекать всю возможную информацию из материалов съёмки, а затем вычленять необходимые данные, а ряд процессов становится всё более и более автоматизированным. Однако существуют ряд процессов, которые сложно поддаются автоматизации или работают при весьма ограниченном наборе условий.

Целью доклада является обозначение некоторых этапов фотограмметрической обработки, в которых в том или ином программном обеспечении применяется перспективное нестандартное или инновационное решение, позволяющее минимизировать участие оператора.

Для достижения поставленной цели необходимо: установить некоторые требования к исходным данным, обозначить проблемы, связанные с автоматизацией поиска связующих точек, исключением областей, занятых водой (рис. 1), автоматизацией классификации рельефа (рис. 2), рассмотреть под-

ход к решению вышеуказанных проблем в различном современном программном обеспечении и обозначить возможные перспективы в данных направлениях.

Материалами служат архивные данные аэрофотосъёмки и воздушного лазерного сканирования из фондов научно-производственной компании «Йена Инструмент» за 2017-2021 годы. Для работы с данными использовалось программное обеспечение Vexcel UltraMap, Pix4DMapper, CloudCompare, TerraSolid, QGIS, PHOTOMOD и др.

В докладе освещаются такие решения, как автоматизация поиска и сохранения мостов (рис. 3) при автоматизации классификации облаков точек и моделей местности до рельефа с целью ортофототрансформирования, автоматизация измерений опорных данных, подход к автоматизации классификации рельефа с использованием машинного обучения и ряд других.

Некоторая часть доклада посвящена опыту внедрения указанных параметров в реальную производственную цепочку при обработке данных аэрофотосъёмки.



Рис. 1. Накладной монтаж с масками воды.

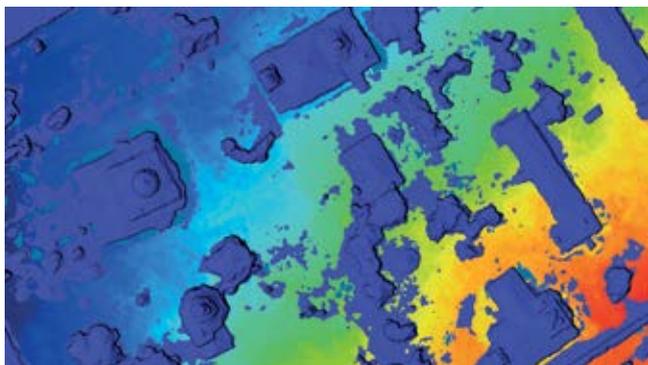


Рис. 2. Пример классификации цифровой модели местности.

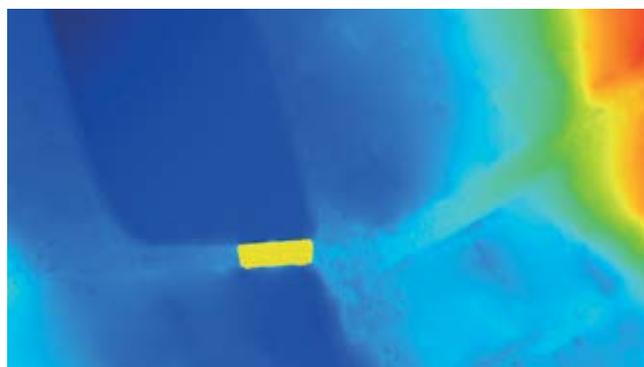


Рис. 3. Мост на цифровой модели местности.

## Актуализация нормативного обеспечения в области геодезии и картографии в целях создания и обновления единого геоинформационного пространства

*Е.А. Бровко*

АО «Роскартография», Москва, Россия

Решение проблемы актуализации нормативного правового, нормативно-технического и методического обеспечения единого геоинформационного пространства страны, в современных условиях цифровой трансформации и развития геодезии, картографии, дистанционного зондирования Земли и спутниковой навигации имеет первостепенное значение.

Разработка новых и актуализации ранее действующих нормативно-технических документов, отмеченных статьей 32, пунктом 5 Федерального закона «О геодезии, картографии и пространственных данных...» [1], регламентирующих современные технологические процессы создания и обновления пространственных данных – государственных цифровых топографических карт (ЦТК) и цифровых топографических планов (ЦТП), составляющих основу федерального фонда пространственных данных (ФФПД) и формирующих геоинформационное пространство Российской Федерации [2], – в настоящее время является приоритетной задачей АО «Роскартография».

АО «Роскартография» в настоящее время выполняет работы по актуализации нормативной базы в области геодезии, картографии, инфраструктуры пространственных данных, дистанционного зонди-

рования Земли для регулирования геодезической и картографической деятельности в масштабе страны.

Разработанные, стандарты организаций (СТО), нормативно закрепляющие объекты стандартизации — технологические процессы топографо-геодезических и картографических работ, контроля качества данных продукции и прошедшие производственную апробацию с целью метрологической, терминологической, научно-технической, правовой, патентной экспертизы размещены на официальном сайте АО «Роскартография». СТО предназначены в качестве основы для создания национальных стандартов и их включения в Программу национальной стандартизации (ПНС) на последующие годы.

Разработанные по результатам НИР «Геокарта 2020» проекты семи национальных стандартов (ГОСТ Р) пройдя этап производственной апробации в структурных подразделениях АО «Роскартография» включены в Программу национальной стандартизации 2021 г. (Таблица 1) и направлены в Технический комитет 404 «Геодезия и картография» для размещения в ФГИС «БЕРЕСТА» Росстандарта для обсуждения научной профессиональной общественностью.

Для включения в ПНС-2022 в АО «Роскартогра-

Таблица 1. Перечень наименований первых редакций национальных стандартов, включенных в ПНС 2021

№ п/п	Наименование первой редакции проекта национального стандарта
1	ГОСТ Р Картография. Требования к отображению государственной границы Российской Федерации, границ между субъектами Российской Федерации и границ автономных округов на цифровых топографических картах и планах
2	ГОСТ Р Картография. Картографические издания. Выходные сведения. Основные требования
3	ГОСТ Р Картография. Методы цифрового описания рельефа на государственных цифровых топографических картах масштаба 1: 25 000. Общие требования
4	ГОСТ Р Картография. Трехмерные электронные карты (планы) населенных пунктов, зданий и сооружений масштабов 1: 200, 1:500. Общие требования
5	ГОСТ Р Геодезия и картография. Оценка качества ортофотопланов и ортофотокарт при создании и обновлении государственных цифровых топографических карт и государственных цифровых топографических планов
6	ГОСТ Р Геодезия и картография. Требования к контролю качества и приемке геодезических, топографических и картографических работ
7	ГОСТ Р Картография. Процессы создания и обновления цифровых топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Общие требования

фия» разрабатываются первые редакции проектов ГОСТ Р (таблица 2).

Таблица 2. Перечень проектов ГОСТ Р, разрабатываемых АО «Роскартография» и предлагаемых для включения в ПНС на 2022 г.

№ п/п	Наименование первой редакции проекта национального стандарта
1	ГОСТ Р Геодезия и картография. Процессы и методы спутниковых определений при выполнении геодезических работ в ГСК-2011. Основные требования
2	ГОСТ Р Геодезия и картография. Методы преобразования координат и высот при спутниковых определениях
3	ГОСТ Р Геодезия и картография. Требования к средствам технологического обеспечения, процессам аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных ап-паратов, фотограмметрическим работам и их результатам при создании цифровых ортофотопланов масштаба 1:2 000
4	ГОСТ Р Геодезия и картография. Процессы создания цифровых топографических планов масштаба 1:2 000. Общие требования
5	ГОСТ Р Геодезия и картография. Требования к техническому контролю исходных картографических материалов
6	ГОСТ Р Геодезия и картография. Требования к отображению названий географических объектов на планах и картах
7	ГОСТ Р Геодезия и картография. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию технического задания на выполнение геодезических и картографических работ.

В системе нормативного обеспечения единого геоинформационного пространства необходима совместно с ВТУ ГШ ВС РФ и ГК «Роскосмос» разработка проектов нормативных правовых актов: изменений и дополнений в федеральный закон Российской Федерации № 431-ФЗ [1], в Приказ Минэкономразвития № 271[2], а также создание основных нормативно-технических документов, регламентирующих унифицированные:

- систему классификации и кодирования пространственных объектов единого геоинформационного пространства Российской Федерации;
- правила цифрового описания картографической информации;
- условные знаки пространственных объектов;
- требования к исходным материалам - данным ДЗЗ, спутниковым определениям ГЛОНАСС, отраслевым пространственным данным, другим источникам.

В качестве перспективного направления геодезической и картографической деятельности, в целях реализации государственной политики в сфере технического регулирования научно-обоснованного планирования работ по созданию и обновлению государственных топографических карт и актуализа-

ции пространственных данных, является создание системы государственного топографического мониторинга (системы ГТМ) [3]. Система ГТМ – постоянное регламентированное слежение за пространственно-временными изменениями географических (природных и антропогенных) объектов и явлений – элементов содержания государственных топографических карт, на основе разновременных материалов аэро и космической съемки ДЗЗ в процессе обзорного и детального мониторинга с использованием данных глобальных навигационных спутниковой систем (ГЛОНАСС и GPS).

Результаты обзорного мониторинга – научно-методическое обеспечение планирования текущего и перспективного планирования обновления ЦТК и ЦТП в масштабе страны.

Данные детального топографического мониторинга – фактографические сведения для оперативной актуализации пространственных данных – ЦТК и ЦКП, а также для контроля и прогноза развития, как отдельных объектов местности, так и регионов страны, в целом.

Проект предлагаемого законодательного, нормативного правового и нормативно-технического обеспечения системы ГТМ, приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Законодательная, правовая и нормативно-техническая база системы ГТМ (проект)

АКС – аэро- и космическая съемка, ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система, ИКО – информационно-картографическое обеспечение, НПД – нормативные правовые документы, НТД – нормативно-технические документы, ПО – программное обеспечение

Функционирование единого геоинформационного пространства Российской Федерации должно регламентироваться едиными законодательными, нормативными правовыми актами, нормативно-техническими и методическими документами, определяющими взаимодействие между участниками и удовлетворяющими требованиям актуальности, научной и технической обоснованности, обороны и национальной безопасности.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 30.12.2015 г. №431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации При-

нят Государственной Думой 22 декабря 2015 года Одобрен Советом Федерации 25 декабря 2015 года. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_191496/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191496/)

2. Приказ Минэкономразвития от 06.06.2017 N 271 (ред. от 11.12.2017) «Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт»

3. Бровко Е.А. Создание системы государственного топографического мониторинга в едином геоинформационном пространстве страны/ Е.А.Бровко// Информация и Космос. –2021. – № 1. – С.138-145.

## PHOTOMOD 7.1. Новые функциональные возможности

Д.В. Кочергин

АО «РАКУРС», Москва, Россия

Темой доклада является новый функционал системы цифровой фотограмметрии PHOTOMOD, который был включен в последнюю версию программного обеспечения (7.1) выпущенную в августе 2021 года.

### Новые программные решения: PHOTOMOD AutoUAS.

Программа PHOTOMOD AutoUAS предназначена для оперативной полностью автоматической обработки материалов, получаемых с помощью беспилотных съемочных комплексов. Выходными продуктами программы являются: цифровые модели поверхности, истинные ортофотопланы (TrueOrtho) и 3D модели. Входные данные: растровые изображения (JPEG) центральной проекции с внешним и внутренним ориентированием (EXIF). Максимально простой интерфейс не требует профессиональных знаний в области фотограмметрии. Программа легко интегрируется с полнофункциональной версией ЦФС PHOTOMOD или PHOTOMOD UAS за счет использования единой системы управления данными. PHOTOMOD AutoUAS может использоваться пользователями PHOTOMOD для выстраивания эффективной технологической схемы обработки данных БВС.

### PHOTOMOD StereoClient.

Программа PHOTOMOD StereoClient предназначена для организации удаленной работы со стереоизображениями: стереовизуализация, стереоизмерения, стереовекторизация. Технология позволяет работать на удаленных рабочих местах практически как с локального места, предъявляя при этом минимальные требования к параметрам компьютера. В частности, не требуется специальной видеокарты с поддержкой стерео и установки драйвера. Необходимым условием является стереомонитор того или иного типа на рабочем месте оператора. PHOTOMOD StereoClient позволит организовать полноценную работу по стереофотограмметриче-

ской обработке данных в удаленном режиме, при котором проект хранится на сервере организации, а операторы могут находиться вне офиса, в других городах или даже странах. Технология пошла апробацию в производственном отделе АО «РАКУРС» и в компаниях-партнёрах.

### PHOTOMOD GeoCalculator.

Новая версия бесплатного геодезического калькулятора для персональных компьютеров создана с учетом ГОСТ 32453-2017 (ГСК-2011). В комплект поставки входят базы данных систем координат, используемых в России и в мире (около полутора тысяч систем координат). Кроме того, пользователь может создавать собственные системы координат, задавая необходимые параметры. Реализован переход в местные системы координат. Возможен пакетный пересчет координат.

Значительно ускорены процессы вычисления фотограмметрического облака точек и выходной 3D модели (3D TIN).

Новый набор фильтров предназначен для повышения качества и точности облака точек.

Алгоритм измерения связующих точек объектно-ориентированным коррелятором модифицирован с целью повышения качества измерений на разновременных снимках и в случае съемки различными камерами.

Внесены изменения в predeterminedные наборы параметров измерения связующих точек для разных типов съемки и подстилающей поверхности.

Новые параметры построения 3D модели позволяют уменьшить ее объем без потери качества.

Доклад также иллюстрирует ряд менее значительных изменений в модулях аэротриангуляции, уравнивания, построения DTM/DSM, ортотрансформирования, 3D-моделирования стереовекторизации и обработки космических изображений

## Организация фотограмметрического производства на базе платформы PHOTOMOD

О.А. Корчагина

АО «НПК «Ракурс Проекты», Москва, Россия

АО «РАКУРС» — разработчик программного комплекса PHOTOMOD, реализует новый подход к организации фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования Земли. Данный подход превращает линейку программных продуктов PHOTOMOD в фотограмметрическую платформу, реализованную на различных вычислительных средствах и объединяющую программные компоненты, связанные общими алгоритмами, идеологией и организацией данных.

Создаваемая платформа обеспечивает возможность гибкого конфигурирования и масштабирования технологий PHOTOMOD с целью организации коллективной распределенной работы над производственными проектами в различных, в том числе облачных вычислительных средах. Новый подход значительно повышает эффективность фотограмметрического производства.

В докладе рассматриваются варианты оптимального выбора модулей программной платформы PHOTOMOD, обеспечивающих решение основных задач фотограмметрического производства. Приведены рекомендации по организации технологического цикла обработки исходной информации (космическая и аэросъемка с различным разрешением снимков) и использованию вычислительных средств при создании основных видов фотограмметрической продукции: ортофотопланы, горизонталы и цифровые модели рельефа и местности.

Описываются пути повышения производительности вычислительных процессов при выполнении этапов фотограмметрической обработки. Рассматриваются методы оптимизации технологических решений, обеспечивающие рост производительности, на примерах конкретных производственных проектов. Проводится анализ возможных ошибок при выполнении фотограмметрических работ.

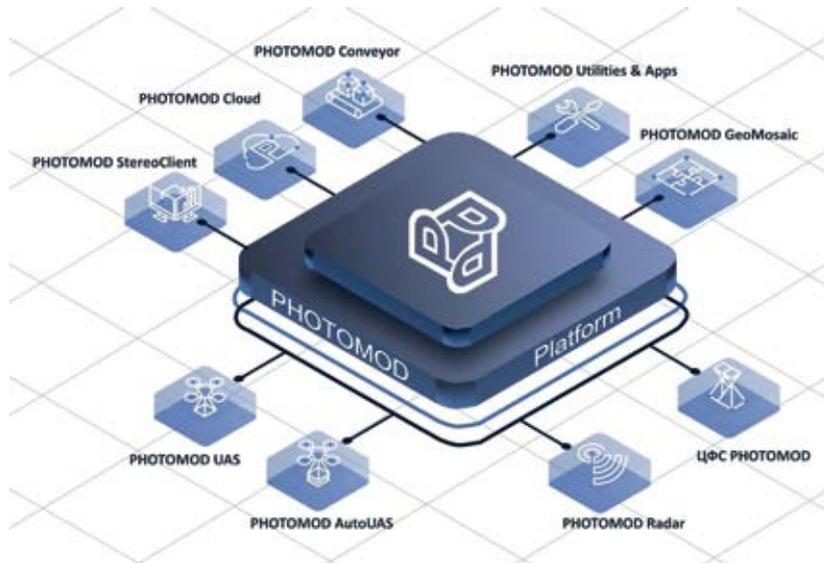


Рис. 1. Состав фотограмметрической платформы PHOTOMOD.

# НОВЫЙ ОБОРОННЫЙ ЗАКАЗ

СТРАТЕГИИ

Журнал «Новый Оборонный Заказ. Стратегии» – экспертный информационный ресурс в сфере промышленности и ОПК, новостной портал для коммуникации промышленных предприятий и предприятий ОПК. Актуальные новости, аналитика, мнения экспертов.

**ИСТОРИИ УСПЕХА,  
НЕТРИВИАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ,  
ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ  
И ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ИЗ ПЕРВЫХ РУК!**

Издается: с 2008 года  
Периодичность: 6 номеров в год  
Язык: русский и английский  
Обрезной формат: 210x280 мм, глянец  
Тираж: 12000 экз.  
Объем номера: 88–120 полос

## **РУБРИКИ**

Военно-техническое сотрудничество  
Международная безопасность  
Стратегии и технологии  
Консалтинг для ВПК

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТИРАЖА**

Международные  
отраслевые выставки – 80 %  
Подписка – 10%  
Рассылка – 10 %

Phone +7 (812) 309 27 24  
E-mail: avg@dfnc.ru

**WWW.DFNC.RU**

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ!

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

ГЕОПРОФИ



Новости и статьи на

[www.GEOPROFI.RU](http://www.GEOPROFI.RU)

[geoprofi\\_2020](https://www.instagram.com/geoprofi_2020)

[geoprofi2020](https://www.facebook.com/geoprofi2020)

- геодезическое оборудование: ГНСС, электронные тахеометры, цифровые нивелиры, лазерные нивелиры и построители плоскостей
- спутниковые технологии геопозиционирования
- наземное лазерное сканирование – оборудование и методы
- беспилотные и пилотируемые воздушные системы для топографической съемки
- геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации зданий и сооружений
- топографо-геодезические работы при инженерных изысканиях
- пространственные данные с космических аппаратов ДЗЗ



Почтовый адрес редакции: 117513, Москва, Ленинский пр-т, 135, корп. 2  
E-mail: [info@geoprofi.ru](mailto:info@geoprofi.ru)

## Тематическое картографирование. Значение и перспективы в отрасли

А.И. Игонин

АО «Роскартография», Москва, Россия

К географическим картам относятся все математически определенные, обобщенные образно-знаковые изображения земной поверхности на плоскости, показывающие размещение, состояние, связи и динамику различных природных и общественных явлений, отбираемых и характеризующихся в соответствии с назначением конкретных карт. По содержанию выделяют две большие группы карт:

- общегеографические, они дают математически определённые, обобщённые образно-знаковые изображения земной поверхности на плоскости. В их число входят топографические, обзорно-топографические и обзорные карты.

- тематические, они показывают разнообразные природные и общественные явления их сочетания и комплексы. Эти карты могут изображать любые явления географической оболочки, но они всегда локализируются на карте относительно земной поверхности. Среди них выделяют карты природных и карты общественных явлений. [3]

Системное тематическое картографирование обеспечивает эффективное комплексное изучение природных и общественных явлений для всей территории страны, межрегиональные сопоставления и оценки, территориальное управление и планирование на уровне страны и крупных её регионов, картографическое обоснование общегосударственных экономических и социальных программ. [2] Для решения этой задачи требуется создание государственных научно-справочных карт в масштабах 1:4 000 000; 1:3 000 000 (с дополнительными масштабами 1:2 500 000 и 1:1 000 000 для густозаселенных территорий). В настоящее время системный подход в государственном мелкомасштабном тематическом картографировании утрачен.

### Применение в отраслевом планировании

Применение тематических карт в управлении, экономике и планировании позволяет использовать все их основные функции: познавательную, оперативную и коммуникабельную. Изучение объектов планирования как сложных организационных систем осуществляется посредством картографического моделирования. Географическая достоверность карт, их детализация и точность соответствуют уровню планирования. [1]

Повышение эффективности планирования и реализации работ по созданию Единой электронной картографической основы (ЕЭКО) важнейшая задача в отрасли геодезии и картографии. Решение её во многом зависит от взвешенного и обоснованного

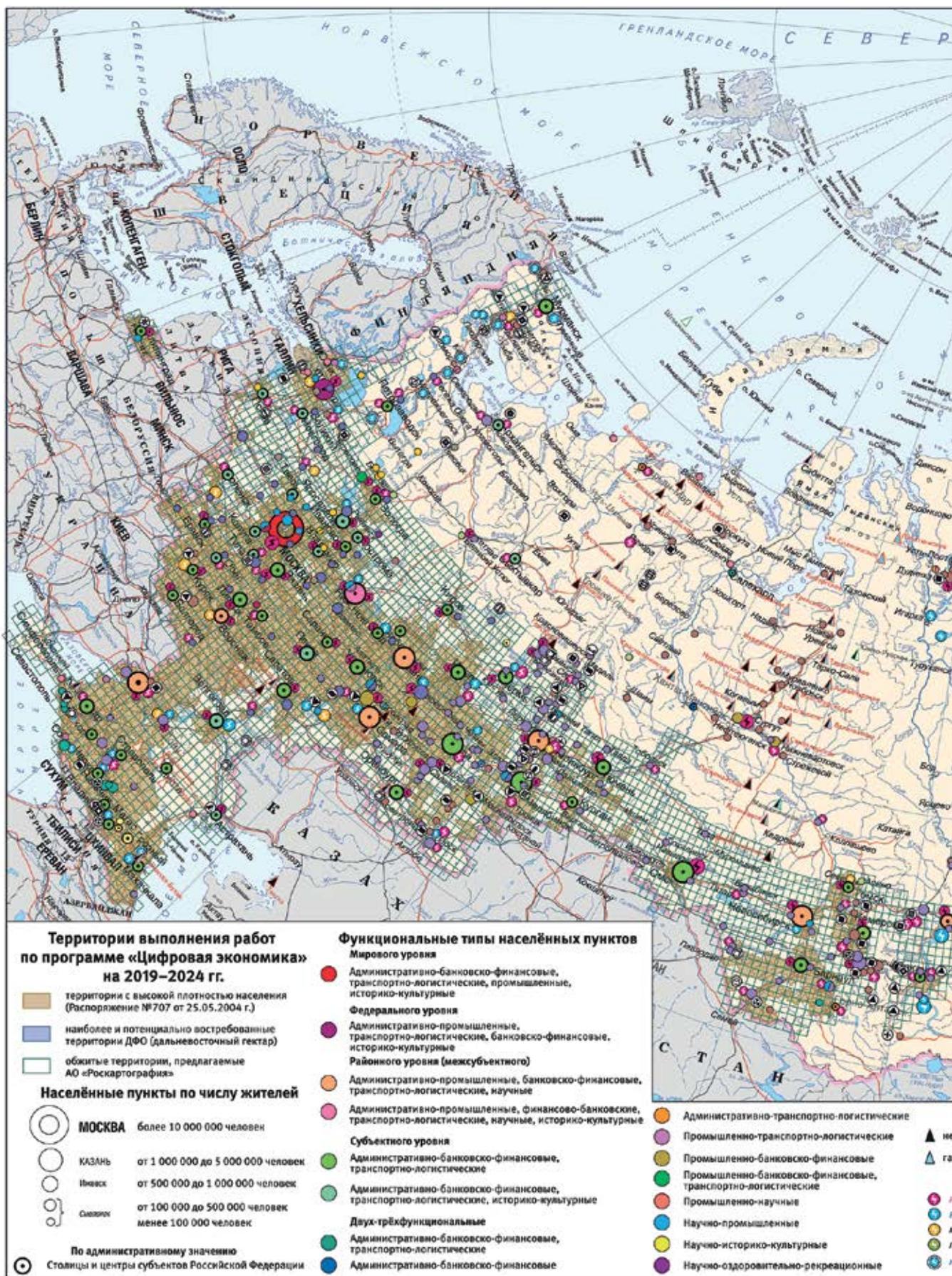
анализа информации. В том числе путем совершенствования форм представления информации в целях принятия управленческих решений.

Так, в рамках обсуждения особенностей создания ЕЭКО в РФ, была подготовлена серия аналитических тематических карт, по результатам изучения которых разработаны предложения по усовершенствованию планирования работ. В процессе исследования выявлен ряд недостатков планирования.

Выполнение работ по созданию ЦОФП в рамках программы «Цифровая экономика 2019-2024 гг. осуществляется по густонаселенным районам согласно Распоряжению Правительства РФ от 25.05.2004 № 707-р (ред. от 04.11.2004) "Об утверждении перечней субъектов Российской Федерации и отдельных районов субъектов Российской Федерации (в существующих границах), относящихся к территориям с низкой либо с высокой плотностью населения". Перечень субъектов и районов РФ с низкой и высокой плотностью создан в целях реализации положений статьи 85 Федерального закона "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2003, N 40, ст. 3822). Статья 85 ссылается на статью 11 ФЗ-131, где четко указано, что речь идет о критериях плотности сельского населения.

Из этого следует, что к районам с низкой плотностью населения относятся территории где плотность сельского населения ниже 0,72 чел./км<sup>2</sup> при средней плотности сельского населения РФ 2,17 чел./км<sup>2</sup>. При этом к районам с высокой плотностью населения относятся территории где плотность сельского населения выше 6,5 чел./км<sup>2</sup>. Важно отметить, что большое число муниципальных районов не входит в эти группы, поскольку плотность сельского населения на таких территориях от 0,72 до 6,5 чел./км<sup>2</sup> – территории со средней плотностью населения. Среди них большинство районов Астраханской области, Пермского края, Свердловской области, областей СЗФО и ПФО.

В состав районов создания ЦОФП с GSD 50 см (размер пикселя фотоснимка на местности) предлагается включать экономически развитые территории, в том числе со средней плотностью сельского населения, территории перспективного развития, наиболее и потенциально востребованные территории субъектов ДФО (по программе Дальневосточного гектара).



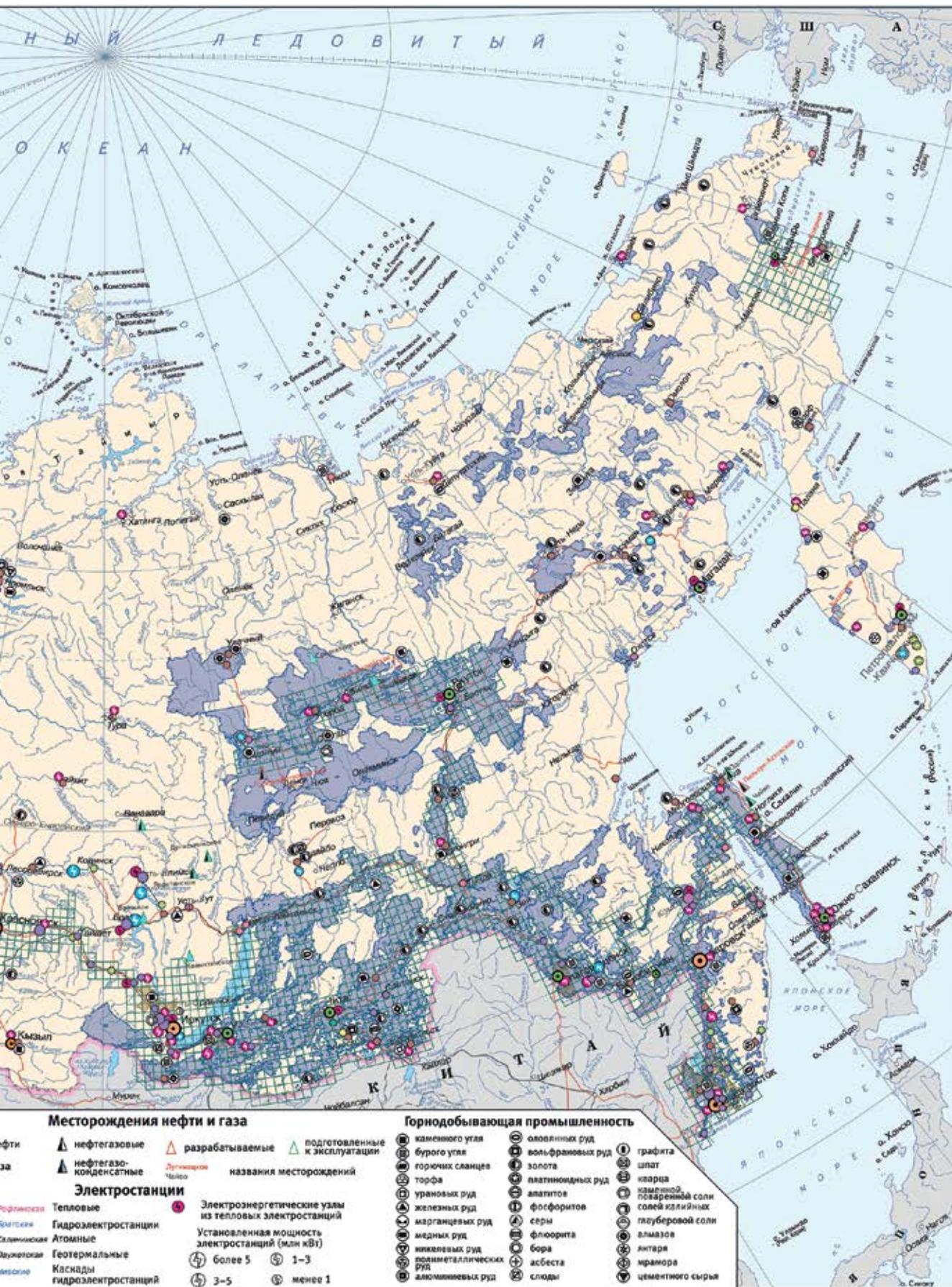
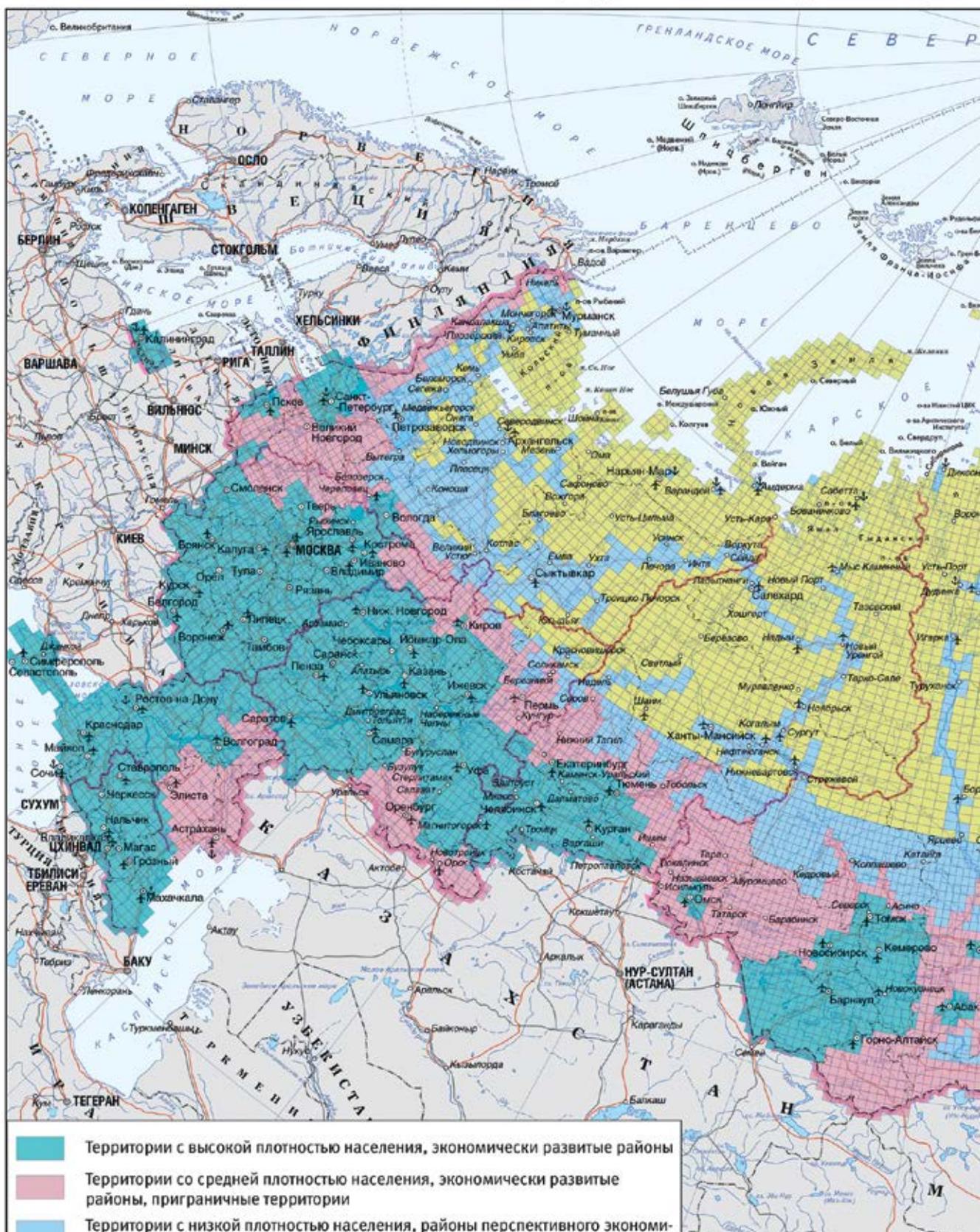


Рис. 1. Программа «Цифровая экономика» на экономической карте РФ.

# Предложение по районированию



# анию Российской Федерации

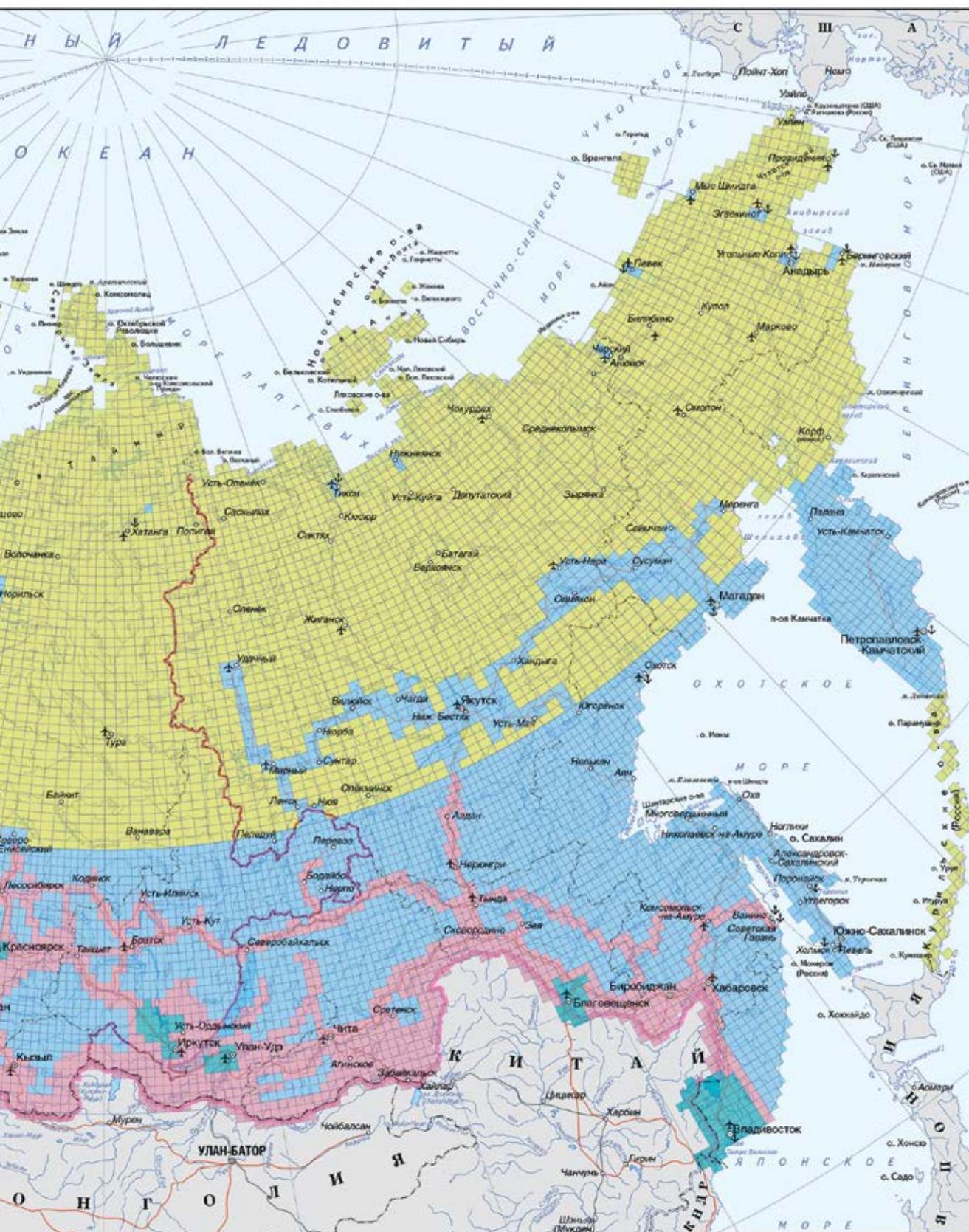


Рис. 2. Предложение по районированию РФ для целей картографирования территории.

### **Предложение по районированию РФ для целей картографирования территории**

В число критериев для районирования вошли показатели, оценивающие состояние и перспективы развития экономики, особенности расселения, транспортно-инфраструктурные особенности территории.

Базовые дифференцирующие признаки на основе которых построено районирование:

1. Освоенность территории, оцениваемая через плотность населения, которая отражает степень благоприятности климата, тип хозяйственного использования, обеспеченность инфраструктурой и другое. Положение по отношению к районам Севера и 60° с.ш., опорному каркасу расселения с главной полосой расселения и хозяйственного освоения.

2. Уровень экономического развития территории. Важный дифференцирующий признак в России. Оценивался по совокупности индикаторов – Валовый региональный доход (на душу населения и на единицу площади), уровень промышленного и сельскохозяйственного производства, степень развития сферы услуг и рыночной инфраструктуры.

3. Перспективы экономического развития территории. Наличие факторов – выгодное экономико-географическое положение, значимые сырьевые ресурсы, крупные предприятия и транспортные объекты, наличие крупных инвестиционных проектов.

### **Описание результатов районирования**

1. Территории с высокой плотностью населения, экономически развитые районы. Центр и юг Европейской части территории РФ, Среднее Поволжье, Южный Урал, юг Западной Сибири и крупнейшие города и городские агломерации – Санкт-Петербургская, Владивостокская и т.д. Эти территории отличаются относительно высокой плотностью населения, большим числом крупных городов и городских агломераций. Регионы освоенной зоны с высоким и средним уровнем экономического развития.

2. Территории со средней плотностью населения, экономически развитые районы, приграничные территории. Территории Европейской части РФ (кроме севера) и юга освоенной зоны не вошедшие в список с высокой плотностью населения поскольку плотность сельского населения на таких территориях от 0,72 до 6,5 чел/км<sup>2</sup>. Среди них большинство районов Астраханской области, Пермского края, Свердловской области, областей СЗФО и ПФО, юга Сибири и Дальнего Востока.

3. Территории с низкой плотностью населения,

районы перспективного экономического развития. Регионы слабо освоенной и переходной зоны, с крупными транспортными коридорами и объектами, с перспективными инвестиционными проектами. Например, опорные пункты Северного морского пути (СМП)

4. Незаселенные и слабо освоенные территории. Слабо освоенные территории страны – районы Севера выше 60° с.ш. и Крайнего Севера и труднодоступные острова с низкой плотностью населения и низким экономическим развитием территории.

Предложение АО «Роскартография» согласуется с опорным каркасом расселения РФ, территории полностью входят в главную полосу расселения и хозяйственного освоения. Они отличаются относительно высокой плотностью населения, большим числом крупных городов и городских агломераций. Первый и второй районы формируют широтную зону, которая охватывает 34% территории страны (5,5 млн.км<sup>2</sup>). В ее пределах проживает более 135 млн. человек (более 92% населения).

Площадь пяти регионов практически полностью не попавших в список территорий с высокой плотностью населения 647 тыс. км<sup>2</sup>. Здесь проживает 11,1 млн. человек и создается почти 5,5 трлн. руб. ВРП (6,5 % ВВП РФ). При этом территории дальневосточного гектара составляют порядка 1900 млн. км<sup>2</sup>. В регионах ДФО (в большинстве вне территории «гектара») проживает 4,3 млн. чел и создается 3 трлн. руб. ВРП (3,5 % ВВП РФ). При этом большая часть (90 %) населения и экономики сосредоточена вдоль узких полос расселения, которые входят в предложение АО «Роскартография».

### **Выводы**

Успешному использованию карт в планировании в значительной мере должно способствовать создание и постоянное обновление научно-справочных тематических карт природы, населения и хозяйства на территорию всей страны, федеральных округов и отдельных регионов. Принцип целенаправленности системного тематического картографирования четко проявляется в создании системных комплексов карт для целей планирования и управления на разных уровнях: региональном и общегосударственном.

Создание единой системы автоматизированных банков данных позволит решить задачи временной сопоставимости и обновления тематических карт, а по ряду направлений – и осуществлению мониторинга развития природных и социально-экономических явлений.

### **Литература**

1. Географическая картография. Взгляд в будущее / Под. ред. Г.И. Рычагова, А.М. Берлянта, В.С. Тикунова – М.: Изд-во МГУ, 1985. 229 с.
2. Евтеев О.А. Проектирование и составление

социально-экономических карт: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 224 с.

3. Салищев К.А. Картоведение. 2-е изд. М., Изд-во МГУ, 1982. 408 с.

## **Технология планово-высотной подготовки аэрофотоснимков, применяемая АО «Роскартография» в рамках выполнения работ по созданию цифровых ортофотопланов масштабов 1:2000 и 1:10000 для включения в состав ЕЭКО**

*О.В. Евстафьев*

АО «Роскартография», Москва, Россия

Планово-высотная подготовка аэрофотоснимков является неотъемлемой частью и одним из ключевых этапов работ по созданию цифровых ортофотопланов для включения в состав Единой электронной картографической основы Российской Федерации» в рамках исполнения государственных контрактов между Росреестр и АО «Роскартография».

Планово-высотная подготовка аэрофотоснимков (ПВП) выполняется с целью получения данных, необходимых для внешнего ориентирования аэрофотоснимков или космических снимков, создания и контроля точности ЦОФП. Она включает:

- геодезическое сопровождение аэрофотосъёмки - определение высокоточных траекторных данных и центров проекций аэрофотоснимков;
- определение координат и высот точек (опознаков) ПВП аэрофотоснимков;
- вычисление локальных параметров преобразования координат;
- составление абрисов (описаний) и картограмм опознаков.

Работы по ПВП аэрофотоснимков выполняются последовательно в пять этапов:

- подготовительные работы;
- составление проекта ПВП аэрофотоснимков;
- полевые работы;
- камеральные работы;
- составление отчётных материалов с результатами ПВП аэрофотоснимков.

Исходной геодезической основой при выполнении ПВП аэрофотоснимков являются пункты государственной геодезической сети (ГГС) и государственной нивелирной сети (ГНС).

Основными результатами ПВП аэрофотоснимков, получаемых в рамках работ по созданию ЦОФП для включения в состав ЕЭКО, являются:

- плоские прямоугольные координаты опознаков (опорных (ОТ) и контрольных точек (КТ)) в системе координат ГСК-2011;
- координаты и высоты опознаков в системе координат WGS-84 (G1150) - плоские прямоугольные координаты в проекции UTM и в геодезической системе высот (под WGS-84 (G1150) понимается всемирная система координат, связанная параметрами семи-параметрического преобразования Гельмерта, приведенными в ГОСТ 32453-2017);

- координаты и высоты опознаков в МСК и высоты в Балтийской системе высот 1977 года;

- координаты и высоты базовых станций сопровождения АФС и дифференциальных геодезических станций (ДГС), используемых в работе, в WGS-84 (G1150);

- абрисы (описания) и картограммы опознаков;
- локальные параметры преобразования координат от МСК к WGS-84 (G1150) на территории съёмочных участков с границами области их применения.

Особенности технических требований к планово-высотной подготовке аэрофотоснимков при создании ЦОФП для включения в состав ЕЭКО:

1. Средняя квадратическая погрешность определения координат центров проекций аэрофотоснимков должна быть не хуже 0,15 м в плане и 0,20 м по высоте.

2. Средняя погрешность определения плановых координат опорных и контрольных точек относительно ближайших пунктов ГГС должна быть не хуже 0,1 мм в масштабе плана, высот – не более 0,15 от погрешности построения цифровой модели рельефа, используемой для ортотрансформирования.

3. Определение координат и высот точек ПВП аэрофотоснимков выполняется с применением относительного метода спутниковых определений в статическом режиме с постобработкой данных синхронных сеансов спутниковых наблюдений

4. Геодезическое сопровождение АФС с пространственным разрешением аэрофотоснимков не хуже 0,14 м выполняется с применением относительного метода спутниковых определений. При выполнении геодезического сопровождения АФС с пространственным разрешением аэрофотоснимков 0,50 м, допускается применение метода точного абсолютного определения местоположения PPP.

5. В качестве исходных пунктов для определения пространственных координат в ГСК-2011 используются ближайшие пункты ФАГС с постоянно функционирующей спутниковой геодезической аппаратурой, а также пункты ВГС и СГС-1, координаты которых определены в результате прямых спутниковых определений относительно пунктов ФАГС.

6. В качестве исходных пунктов в МСК исполь-

зуются пункты АГС 1, 2 классов и сетей сгущения, с известными плановыми координатами в МСК и/или высотами в Балтийской системе высот 1977 года.

7. В качестве исходных пунктов для передачи высот в Балтийской системе высот используются пункты ГГС и (или) ГНС, высоты которых определены в Балтийской системе высот 1977 года методом геометрического нивелирования I - IV класса.

8. В целях ПВП аэрофотоснимков в районе работ создается сеть сгущения исходной геодезической основы (геодезическая сеть сгущения (ГСС)). ГСС включает в себя исходные пункты (пункты ГГС и ГНС) и переходные точки, используемые для передачи координат и высот от исходных пунктов к определяемым точкам. В качестве переходных точек могут использоваться постоянно действующие ДГС, а также собственные спутниковые базовые (опорные, референчные станции), устанавливаемые временно на съемочном участке на период выполнения работ по ПВП.

9. Вычисление локальных параметров преобразования (трансформирования) координат выполняются путем решения обратной задачи с использованием формул семи-параметрического преобразования Гельмерта. В результате вычислений получают набор параметров для преобразования координат между МСК и WGS-84 (G1150).

10. Использование результатов работ по госу-

дарственным контрактам АО «Роскартография» с Росреестр прошлых лет (результатов полевых спутниковых наблюдений на пунктах ГГС) при ПВП аэрофотоснимков в целях создания ЦОФП масштаба 1:10 000.

Отчётные материалы ПВП аэрофотоснимков подготавливаются и сдаются в цифровом виде. Отчетные материалы, кроме каталогов координат и высот, абрисов, картограмм расположения опознаков, включают в себя: проект и технический отчет о ПВП аэрофотоснимков, карточки обследования и восстановления пунктов ГГС, данные спутниковых наблюдений (включая RINEX файлы) и локальные параметры преобразования координат на территории объектов работ.

В соответствии с государственными контрактами на создание ЦОФП работы по ПВП аэрофотоснимков выполняются силами дочерних предприятий АО «Роскартография». Группа координатных определений Центра геодезии осуществляет проектирование работ по ПВП в части геодезических определений, промежуточный контроль материалов спутниковых наблюдений, вычисление локальных параметров преобразования, проверку состава и комплектности отчётных материалов ПВП аэрофотоснимков и качества результатов выполнения геодезических работ.

## Привязка фрагмента сети ГВО Крымского полуострова к основной сети ГВО России, соединяем пространство и решения

*В.Ю. Малков*

АО «Роскартография», Москва, Россия

1. В 2015-2016 гг. выполнен комплекс работ по развитию Главной высотной основы (ГВО) на территории Республики Крым.

В рамках общей цели – развития Главной высотной основы Российской Федерации, задачей работы являлось выполнение нивелирования I и II классов на территории Республики Крым, в результате чего обновлены высоты предыдущих измерений.

Выполнено по ГК от 14.05.2021 №0032-21-15, от 14.05.2021 №0039-21-15 и от 19.05.2016 №0043-19-16:

- Нивелирование I класса (с учетом привязки в узловых пунктах) – 1516, 1 км. дв. хода;
- Нивелирование II класса (с учетом привязки в узловых пунктах) – 365,3 км. хода;
- Закладка нивелирных пунктов 372 пункта;
- Обследование нивелирных пунктов – 1393 пункта;
- Восстановление нивелирных пунктов – 639 пунктов;
- Спутниковые определения координат нивелирных пунктов – 1018 пункта.

Исполнители работ:

1. АО «Роскартография»
2. АО «Аэрогеодезия»
3. АО «Сев.-Кав. АГП»
4. АО «ПО «Инжгеодезия»
5. АО «Уралаэрогеодезия»
6. АО «Верхневолжское АГП»

Всего было выполнено нивелирование 11 линий I класса и 7 линий II класса.

Результаты выполненных работ оценены как хорошие.

Создана нивелирная сеть I и II классов, как система первоклассных полигонов с узловыми пунктами. Выполнено предварительное уравнивание, т. е. уравнивание одиночных ходов между исходными узловыми пунктами по Инструкции [2].

2. 2019 – 2023 годы. Привязка фрагмента сети ГВО Крымского полуострова к основной сети ГВО России

Для окончательного полигонального уравнивания ГВО Крым необходимо выполнение связи с материковой ГВО РФ.

Было принято решение о проведении привязки по новому железнодорожному мосту, соединяюще-

му полуостров Крым и Таманский полуостров через Керченский пролив.

Длина выполняемых линий нивелирования, участвующих в привязке -650,8 км. дв. хода.

Длина линии нивелирования по транспортному переходу (железнодорожному мосту) – 19 км. дв. хода.

Выполнение нивелирных привязочных ходов позволит выполнить уверенное полигональное уравнивание пунктов высотной основы Крыма, модернизацию материковых линий, входящих в полигоны, участвующих в уравнивании.

Результаты выполняемых работ позволят получить окончательные отметки всех пунктов ГВО Крыма.

Потребность в отметках пунктов ГВО Крыма высочайшая, с учетом масштабов строительных работ, проводимых на полуострове.

3. 2019 год, ГК от 27.05.19 № 0012-19-19

Первый год работы. В 2019 году выполнено по ГК:

- Нивелирование I класса (с учетом привязки в узловых пунктах) – 42,4 км. дв. хода, из них 19 км. дв. хода повышенной точности по железнодорожному транспортному переходу
- Закладка нивелирных пунктов – 10 пунктов;
- Закладка вековых реперов – 2 репера;
- Обследование нивелирных пунктов – 33 пунктов;

Исполнители работ:

1. АО «Роскартография»
2. АО «Сев.-Кав. АГП» (закладка вековых реперов)

Вековые реперы обеспечивают сохранность Главной высотной основы на продолжительное время, позволяют изучать современные вертикальные движения земной коры и колебания уровней морей и океанов, сохраняют полную независимость изучаемых явлений от экзогенных и техногенных процессов. Вековыми реперами закреплены места пересечений линий нивелирования в узлах сети ГВО I класса.

Глубина закладки репера в гор. Керчь - 18850 мм, заглублен в несжимаемые породы на 2350 мм.

Глубина закладки репера в с. Джигинка - 37000 мм.

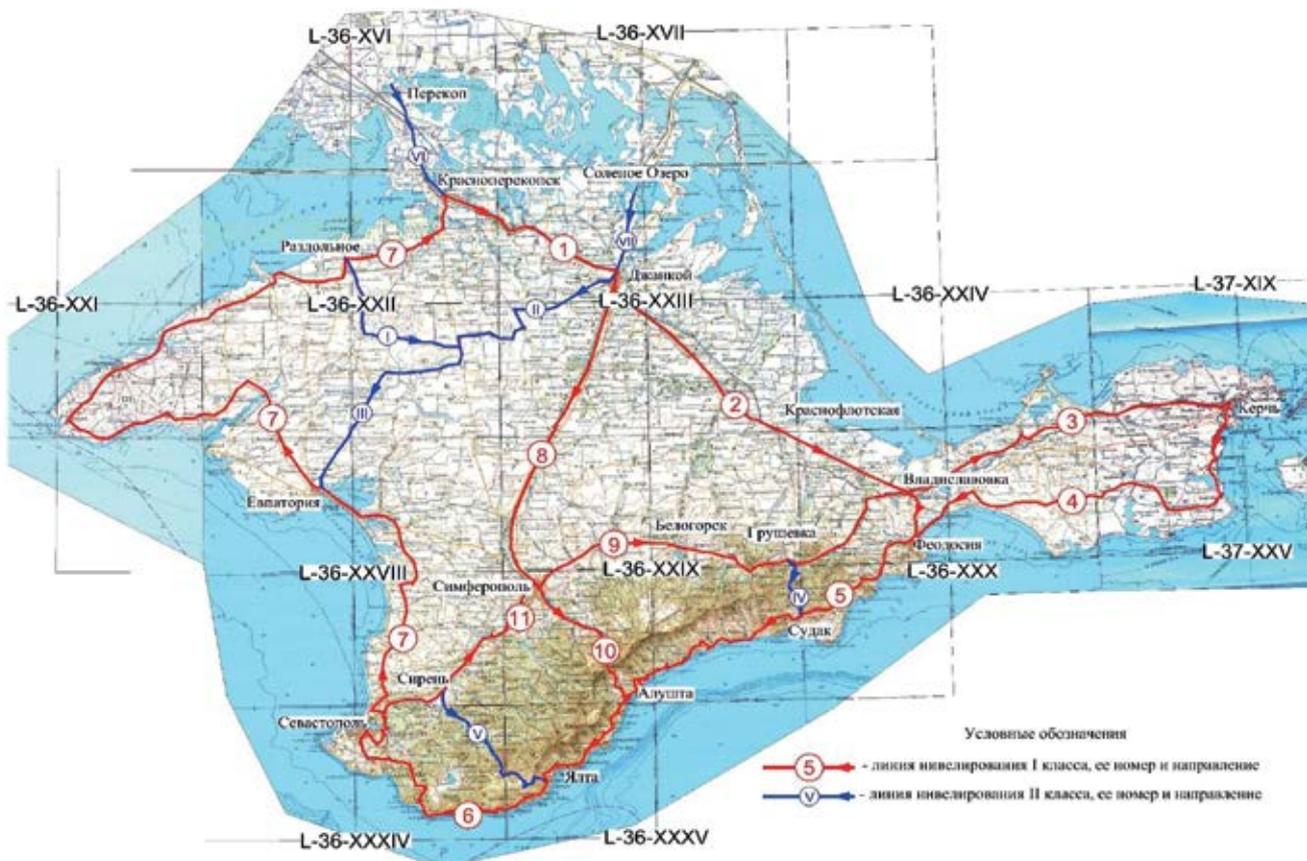


Рис. 1. Обзорная схема расположения объекта работ на территории Республики Крым.



Рис. 2. Обзорная схема расположения объекта.

Результаты работ по выполненному нивелированию I класса по транспортному переходу отличного качества.

4. 2020 год, ГК от 30.03.2020 № 321-0051/19-20

Второй сезон работы. В 2020 году выполнено по ГК:

- Нивелирование I класса (с учетом привязки в узловых пунктах) – 109,6 км. дв. хода;
- Закладка нивелирных пунктов - 6 пунктов;

- Обследование нивелирных пунктов – 80 пунктов;
- Восстановление нивелирных пунктов – 37 пунктов;
- Спутниковые определения координат нивелирных пунктов – 58 пунктов;
- Спутниковые определения координат и высот нивелирных пунктов по программе СГС-1 – 4 пункта.



Рис. 3. Обзорная схема расположения объекта и пунктов СГС-1.

В 2020, с целью контроля передачи высот через Керченский пролив по Крымскому транспортному переходу, выполнены спутниковые определения координат и высот пунктов по программе СГС-1 на фундаментальных реперах линий нивелирования I класса, расположенных в районе Керченского пролива. В Крыму на фнд.рп.751(Керчь) и фнд.рп.0614(Заветное), в Краснодарском крае на фнд.

рп.3 (Тамань) и фнд.рп.6 (Ильич).

Спутниковые определения выполнены синхронно, одним сеансом, продолжительность наблюдений более 24 часов по Гринвичу.

По данным спутниковых наблюдений определены координаты (в ГСК-2011, МСК-23, МСК-90) и превышения ортометрических высот нивелирных пунктов.

№ п/п	Тип и Номер (название) пункта, тип центра, год закладки, номенклатура трапеции масштаба	Ортометрическая (EGM2008) (м)	Превышение из спутникового нивелирования (м)	Длина хода, км	Превышение из геометрического нивелирования I класса (м)
1	2	3	4	5	6
2	Фнд.рп., 751 (Керчь), тип 161 оп.знак, 1975 г., L-37-085	20.891			
			-7.108	41.8	-7.0919
3	Фнд.рп., 3, тип 161 оп.знак, 1975 г., L-37-098 Тамань)	13.783			

$$V_{\text{пол}} = h_{\text{сп}} - h_{\text{гм}} = (-7108.0) - (-7091.9) = -16.1 \text{ мм}$$

$$V_{\text{доп}} = 3 \text{ мм} \sqrt{L} = +19.4 \text{ мм, где:}$$

$L$  = – длина хода, км

Полученная невязка не превышает допустимую.

5. 2021 год, ГК от 09.06.2021 № 321-0016/19-21

Третий сезон работ. В 2021 году выполняется по ГК:

- Нивелирование I класса (с учетом привязки в узловых пунктах) – 88,4 км. дв. хода;
- Закладка нивелирных пунктов - 32 пункта;
- Обследование нивелирных пунктов – 300 пунктов;
- Восстановление нивелирных пунктов – 16 пунктов;
- Спутниковые определения координат нивелир-

ных пунктов – 108 пунктов;

Окончание работ – 25 ноября.

6. На 2022-2023 годы намечено завершение работ по привязке фрагмента сети ГВО Крымского полуострова к основной сети ГВО России.

- Нивелирование I класса (с учетом привязки в узловых пунктах) – 520 км. дв. хода;
- Закладка нивелирных пунктов - 30 пункта;
- Восстановление нивелирных пунктов – 150 пунктов;
- Спутниковые определения координат нивелирных пунктов – 120 пунктов;
- Уравнивание ГВО РФ и ГВО Крыма.
- Получение окончательных отметок в Балтийской системе высот 1977 года.

## Опыт интеграции фотограмметрических и геоинформационных технологий при решении межотраслевых задач в топографо-геодезическом производстве государственного предприятия «Белгеодезия»

*Л.А. Мицевич, С.А. Забагонский*

Топографо-геодезическое РУП «Белгеодезия», Минск, Беларусь

### Введение

Основной целью топографо-геодезического производства государственного предприятия «Белгеодезия» является обеспечение возрастающей потребности отраслей хозяйства Республики Беларусь в достоверных геопространственных данных, базированных на высокоточной геодезической основе и актуальных материалах дистанционного зондирования в режиме реального времени или близком к нему.

Запросы на формирование массивов данных в виде моделей с атрибутивной информацией поступают как от предприятий землеустроительной отрасли, так и всех, где требуется высокая точность определения координат и высот объектов: государственная и гражданская аэронавигация, строительство, лесное, сельское хозяйство и т.п.

Большинство задач, поставленных потребителем – это поиск решений, в результате которых конечный пользователь получит векторную или растровую модель, легко извлекаемую специализированную атрибутивную информацию, а также инструмент для их визуализации.

В итоге технологический алгоритм должен привести к результату высокого качества с экономически обоснованным подходом к затратам по каждому этапу до получения пользовательской версии продукта.

Формирование специализированных баз геоданных в государственном предприятии «Белгеодезия» производится на основе геодезических данных от постоянно действующих пунктов Спутниковой системы точного позиционирования (ССТП РБ), мультиспектральной стереоскопической аэрофото съемки (цифровой сканер авиационного базирования ADS-100, Leica Geosystems, Швейцария) с пространственным разрешением 0.15-0.30 м, и отраслевых источников метаданных.

Для сбора и анализа пространственных данных в предприятии с 2003 года используется цифровая фотограмметрическая система (ЦФС) PHOTOMOD (Ракурс, РФ), основанная на принципах классической фотограмметрии и геодезии и обеспечивающая надежность пространственных измерений.

В процессе работы над отраслевыми проектами специалистами экспериментально определяется возможность интеграции различных видов данных,

исследуются способы хранения и обмена информацией и инструменты визуализации. При контроле по стереоизображениям сводится к минимуму вероятность потери метрической или семантической информации на каждом этапе – от определения размеров и местоположения объектов до конвертации баз геоданных.

### Опыт применения ЦФС PHOTOMOD в решении межотраслевых задач

Постоянно расширяющийся спектр модулей и автоматизированных процессов обработки и контроля данных ЦФС PHOTOMOD позволяет решать большое количество задач с минимальным вовлечением геоинформационного программного обеспечения (ПО Панорама, ArcGIS), что в итоге ведет к более оперативной разработке новых технологических решений в таких направлениях как:

*Топографо-геодезическое производство. Сделано:* произведена сравнительная оценка рельефа, отображенного на цифровых топографических картах масштаба 1:10 000 и на местности, разработаны технологические решения по внедрению стереотопографического метода дешифрирования в технологию создания цифровых топографических карт, выполнено согласование классификаторов (структур баз геоданных) с ПО «Панорама», рассчитана экономическая эффективность при использовании стереотопографического дешифрирования вместо полевого обследования. **На стадии доработки:** алгоритмы сглаживания изолиний, согласование состава информации при импорте-экспорте горизонталей в \*SHP, \*SXF.

*Аэронавигация и землепользование приаэродромных территорий. Сделано:* создана и отлажена технология сбора и оценка данных о местности и препятствиях аэродромов; выполнены работы по созданию цифровых моделей рельефа и картографической базы данных аэродромов (AMDB) при реконструкции международных аэродромов Республики Беларусь МИНСК-2 и ОРША; выполнены исследования по зонированию и картографированию приаэродромных территорий, определению безопасных для полетов высоты и возраста древесных насаждений. **На стадии доработки:** использование аэронавигационного классификатора из ПО Панорама; типы и диапазон значений атрибутов,

конверсия данных в специализированные аэронавигационные форматы.

**Лесоустройство. Сделано:** разработана технология внедрения фотограмметрических методов в процесс лесотаксации и лесного дешифрирования. **На стадии доработки:** согласование специального формата геоданных для целей лесоустройства; векторизация полигонов кварталов и выделов, спектральный анализ снимков в комбинации каналов RGB+NIR.

**Точное земледелие. Сделано:** создана экспериментальная цифровая модель рельефа для точного земледелия на тестовом участке с точностью по высоте 0.3 м, сечением 0.2 м. **На стадии доработки:** экспорт полигонов и линий в выходном формате \*SHP, возможность конвертации в формат GeoJSON.

Наилучшие результаты в каждом направлении достигнуты при интеграции различных видов информации в цифровую фотограмметрическую систему, на основе их наблюдения и измерения по стереомодели соответствующего разрешения и геодезической точности, обмена и контроля по независимым наборам данных.

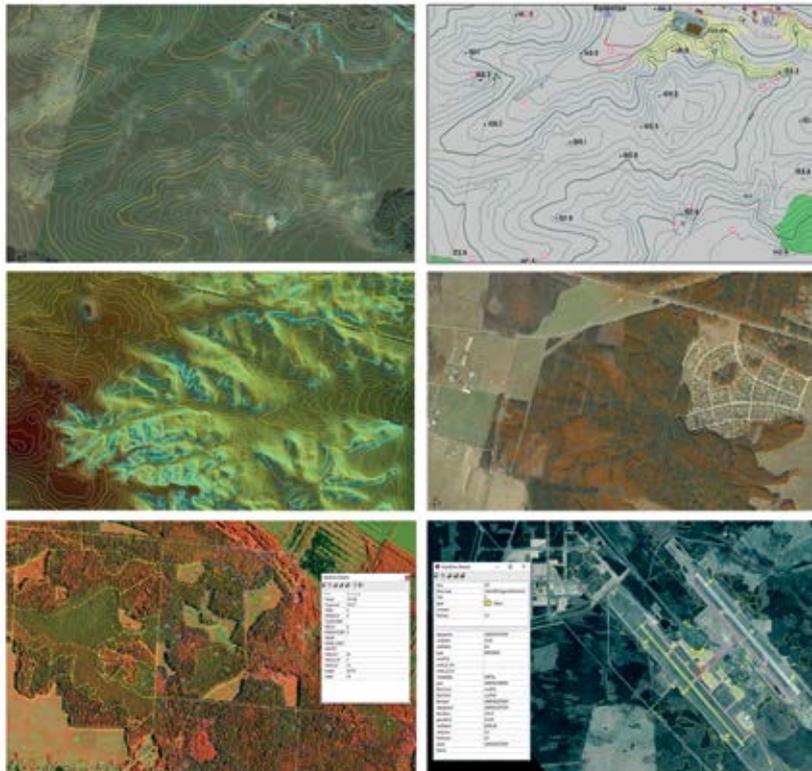
### Заключение

Благодаря широким возможностям обработки и анализа растровых и векторных данных и их атрибутивной информации непосредственно в стереомодели, ЦФС PHOTOMOD в государственном

предприятии «Белгеодезия» принята в качестве платформы для разработки технологических решений в топографо-геодезическом производстве, и смежных отраслях. Достигнутые результаты повышают уровень доверия и рост интереса к современным форматам геопространственных данных как основы для поддержки отраслевых ресурсов государства.

Среди проблем, распространенных в отрасли, основной является отсутствие стандартизации при сборе, оценке и передаче геоданных. Необходимость постоянного согласования форматов и способов представления данных заказчику значительно увеличивает количество скрытых затрат на каждом этапе работы. Из текущих пожеланий – еще более гибкие инструменты преобразования баз данных и пользовательский стерео-навигатор (стерео-браузер) для предоставления потребителю вместе с результатами работ.

Как многолетние пользователи ЦФС PHOTOMOD специалисты государственного предприятия «Белгеодезия» искренне признательны разработчикам за высокотехнологичный продукт и его постоянное развитие, за оперативную техническую поддержку и решение текущих вопросов, благодаря чему наше предприятие имеет возможность расширить диапазон деятельности и решать как топографо-геодезические так и межотраслевые задачи с высокой степенью уверенности в точности и достоверности предоставляемых данных.



## Определения геометрических параметров крупногабаритных объектов сложной конфигурации методами геодезических измерений

*В.И. Лесниченко, А.В. Воронов*

ФГУП «ВНИИФТРИ», г.п. Менделеево, Московская область, Россия

Аннотация.

В докладе излагаются способы определения деформаций параболической антенны, посредством определения смещения контрольных точек зеркала методами геодезических измерений, а также визуализация этого процесса.

Технические допуски на точность изготовления параболических антенн должны быть определены таким образом, чтобы электрические параметры антенн не выходили из заданных пределов во всем диапазоне температурных воздействий и механических напряжений конструкции и обеспечивалась ее требуемая прочность и устойчивость. Допустимые деформации профиля рефлектора параболических антенн определяются в основном требованиями к отклонению ее диаграммы направленности от расчетной. Отклонение профиля зеркала от заданной формы приводит к искажению фазовых соотношений принимаемого сигнала в фокусе зеркала, следовательно, к искажению диаграммы направленности.

Разработанный метод основан на измерениях в полевых условиях с использованием высокоточных координатно-измерительных систем путем многократных измерений координат контрольных точек

профиля антенны с их последующей обработкой при помощи специального программного обеспечения и построением визуальной модели для последующего анализа.

Показаны результаты измерений из нескольких серий с построением модели параболического зеркала и контррефлектора. При обработке моделей были рассчитаны значения координат фокуса построенных параболоидов, их фокусных расстояний, необходимых для определения потерь мощности принимаемого сигнала.

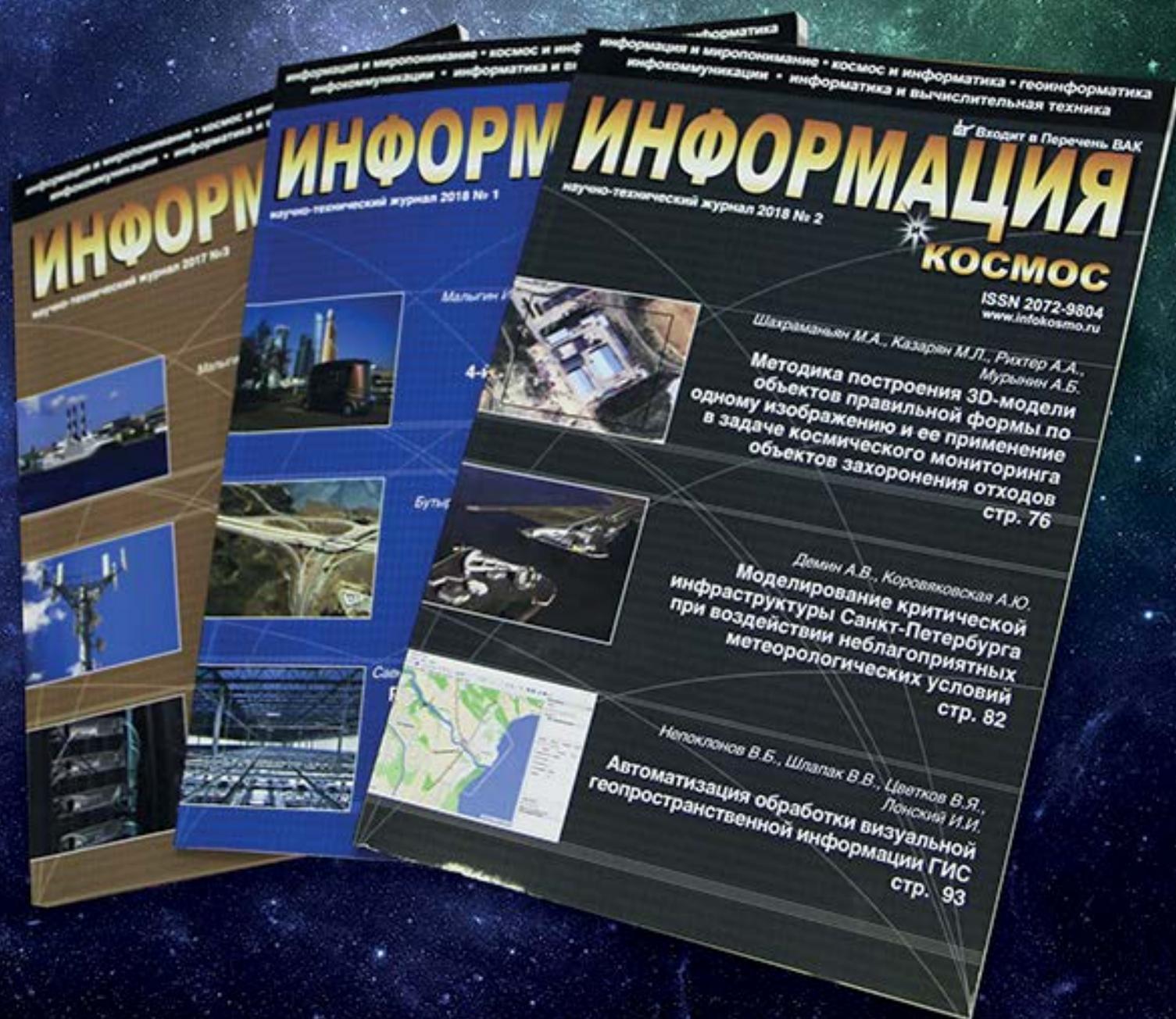
Список литературы:

1. Сгадова Н.А., Крахин О.И., Венценосцев Д.Л. Оценка деформативности рефлектора крупноапертурной параболической антенны / Радиотехника (Журнал в журнале). 2007, №10, с.47-50.
2. Технология создания трехмерных цифровых моделей различного назначения [Электронный ресурс]: офиц. сайт компании НПП «Геокосмос».
3. Сгадова Н.А., Венценосцев Д.Л. Аппроксимация деформированной поверхности рефлектора крупноапертурных параболических антенн / Радиотехника (Журнал в журнале). 2009, №4, с. 90-96.

Радиотехника и связь • Информатика, вычислительная техника и управление  
Геоинформатика • Авиационная и ракетно-космическая техника • Философия информации



Журнал «Информация и Космос» входит в перечень  
Высшей аттестационной комиссии (ВАК)



Оформи подписку на журнал «Информация и Космос»  
Для связи с редакцией: [marketing@itain.ru](mailto:marketing@itain.ru), тел. (812) 740-77-07, [infokosmo.ru](http://infokosmo.ru)



# ГЛОНАСС

ВЕСТНИК

Журнал – инновационная интегрированная комплексная медиа-платформа в области практического использования спутниковой навигации в отраслях экономики страны и жизнедеятельности человека.



**vestnik-glonass.ru**



info@vestnik-glonass.ru



vk.com/vestnik\_glonass



www.facebook.com/vestnikglonass



twitter.com/Vestnik\_GLONASS



**БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА**

<https://vestnik-glonass.ecwid.com/>

Свидетельство о регистрации СМИ  
ПИ № ФС77-64831 от 02.02.2016 года

## Стационарный комплекс средств для метрологического обеспечения средств измерений азимута

*М.А. Ханзадян*

ФГУП «ВНИИФТРИ», г.п. Менделеево, Московская область, Россия

В настоящее время в области приборостроения в части высокоточных измерительных систем пространственной ориентации научно-технический прогресс не стоит на месте, способствуя развитию эталонов и эталонных средств для обеспечения единства измерений в части определения азимута [1].

В связи с этим во ФГУП «ВНИИФТРИ» был раз-

работан стационарный комплекс средств метрологического обеспечения средств измерений азимута (далее КСМО СИА) предназначенный для обеспечения единства измерений определения азимуты исходных направлений, хранения этих направлений, а также для передачи единицы астрономического азимута от исходных направлений средствам измерений азимуты (рисунок 1).



Рисунок 1. Общий вид зала хранения азимутальных направлений здания астропавильона

КСМО СИА состоит из двух частей:

- лабораторный комплекс, состоящий из оптико-электронного астровизора (ОЭАВ) и оптического хранителя азимутальных направлений (ОХАН);

- азимутальный миниполигон, состоящий из трех фундаментальных астрономо-геодезических пунктов, размещенных на расстоянии 300-400 м друг от друга.

Принцип работы ОЭАВ заключается в определении азимута нормали к грани ОХАН из многократных наблюдений множества звезд, кульминирующих вблизи меридиана, на матрице фотоприемного устройства камеры телевизионной, а также идентификации положения звезд по астрономическим

каталогам FK6, Hipparcos, PPMXL с привязкой результата к шкале времени UTC (SU) с помощью государственного первичного эталона единицы времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭТ 1-2018) [2].

Оптический хранитель азимутальных направлений – это четырехгранная зеркальная призма с паспортными значениями углов между гранями, установленная на одной оптической оси с астровизором, предназначенная для хранения исходных направлений и передачи азимуты этих направлений гироскопическим, астрономическим и навигационным средствам измерений азимута (рисунок 2).



Рисунок 2. Общий вид ОХАН

Для астрономических и навигационных средств измерений азимута используется специализированный азимутальный миниполигон. Один из пунктов азимутального миниполигона располагается в не-

посредственной близости к астропавильону на одной оптической оси с призмой ОХАН, для передачи азимуты направлений на пункты азимутального миниполигона (рисунок 3).

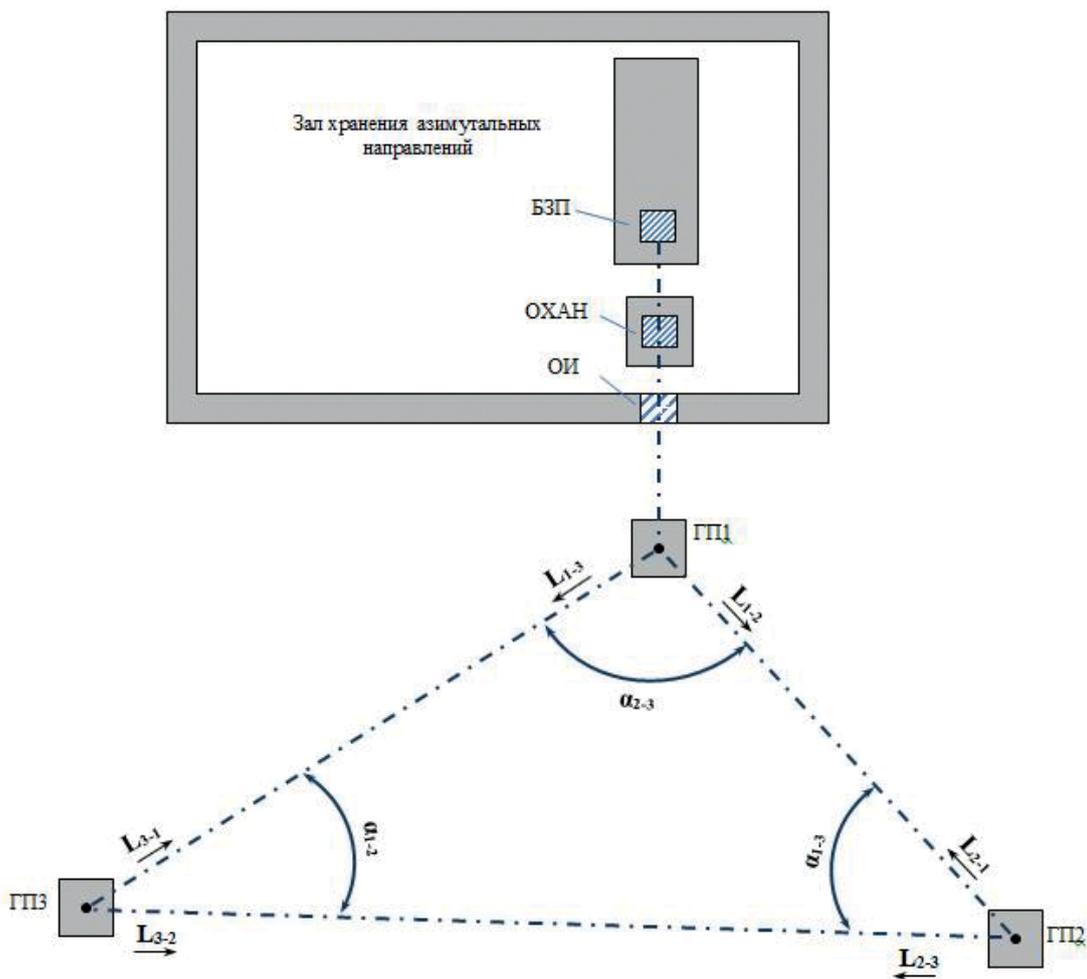


Рисунок 3. Схема передачи азимуты направлений с ОХАН на пункты азимутального миниполигона

Таким образом, КСМО СИА позволяет полностью обеспечить единство всех азимутальных средств измерений с точностью отвечающей всем современным требованиям.

#### Литература

1. Махаев, А.Ю. Проблемные вопросы метрологического обеспечения испытаний и эксплуатации автоматической системы определения астрономического азимута / А.Ю. Махаев, С.Б. Беркович, Н.И.Котов, С.Е. Чернышев, Н.В. Кузьмина/ Материалы девятой Всероссийской научно-технической

конференции Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации. Материалы конференции. – Пос. Поведники Московской обл. 23-25 октября 2012, с. 92-95.

2. Махаев, А.Ю. Автоматическая система определения астрономического азимута /А.Ю. Махаев, С.Б. Беркович, Н.И. Котов, С.В. Гайворонский, Р.Н. Садеков, В.В. Цодокова/ Метрология. Ежеквартальное приложение к научно-техническому журналу «Измерительная техника»- М.: Стандартинформ, 2015. № 6. – с. 11-20.

## Специфика фотограмметрической обработки БВС-съемки айсбергов

*А.В. Смирнов*

АО «РАКУРС», Москва, Россия

Освоение Арктики несет огромную роль для развития промышленности, занятой добычей и транспортировкой полезных ископаемых. В настоящее время этот район привлекает представителей промышленности многих стран. В Арктике имеются огромные запасы углеводородов, поэтому конкуренция между странами, желающими завладеть месторождениями, очень высока. Выгодное географическое расположение Российской Федерации позволяет вести активную работу в области освоения Арктики.

Развитие северной нефтегазовой промышленности послужило принятием государством законодательных актов стратегического значения, включая Указ Президента «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» от 5 марта 2020 года.

Тем не менее, поиск и открытие новых месторождений, а также транспорт сырья на длительные расстояния в заполярной зоне ведется медленно. Во многом это связано с хаотичным и непредсказуемым движением отколовшихся частей шельфовых ледников – айсбергов. Хаотичное и непредсказуемое движение айсбергов приводит к заторам и простоям в акватории северных портов и на пути транспортных судов. Простой судов экономически является чрезвычайно затратным. Поэтому компании по до-

быче полезных ископаемых и транспортные компании заинтересованы в решении данной проблемы. А глобальность и актуальность проблемы несет государственный характер. Изучение шельфовых ледников и их частей входит во внимание наук о Земле.

Большое количество различных айсбергов усложняет их мониторинг. Из-за суровых климатических условий крайнего севера практически невозможно проводить мониторинг ледяной обстановки водного пути человеческим фактором. На данный момент основной работой по мониторингу является использование данных дистанционного зондирования земли в оптическом диапазоне и радиолокационных данных.

Перспективным является метод использования аэрофотосъемки с беспилотных авиационных систем (БАС) и последующей фотограмметрической обработки результатов съемки с целью моделирования надводной части айсбергов. Техническая сторона этого вопроса является мало изученной.

В докладе рассматривается проблематика фотограмметрической обработки снимков БВС, содержащих айсберги. Проведен анализ методов построения трехмерных моделей и матриц поверхности на предмет детализации геометрии составных частей айсбергов.

## **Технологии автоматического формирования базы данных опорных точек для повышения точности геодезической привязки космических снимков**

*А.Ю. Сечин*

АО «РАКУРС», Москва, Россия

Данная работа выполняется в рамках программы «Интеграция-СГ», ключевыми участниками которой являются Роскосмос и Национальная академия наук Белоруссии. В настоящее время точность геопривязки космических снимков с использованием исключительно данных орбитальных параметров космических аппаратов не всегда соответствует требованиям потребителей. Погрешности в значениях времени съемки и углов ориентирования космического аппарата вносят ошибки в местоположение снимка на местности. В связи с чем необходимо проводить процесс уточнения привязки с использованием опорных материалов.

Одним из способов повышения точности ориентирования снимков является использование опорных точек с координатами на поверхности Земли. После измерения опорных точек на снимках можно определить поправки к параметрам ориентирования снимков и повысить точность геодезической

привязки космических снимков.

В рамках научно-исследовательской работы разрабатывается экспериментальный программный комплекс по созданию базы данных опорных точек для повышения точности привязки космических снимков. Входными данными для создания базы данных являются ортофотопланы и матрицы высот. На ортофотопланах определяются характерные точки местности, для которых с помощью матрицы высот определяется третья координата – высота. Проведенные исследования показывают, что в случае космической съемки для определения характерных точек местности надежно работает метод самокорреляции. Экспериментальный программный комплекс будет построен на базе ЦФС PHOTOMOD и будет работать в архитектуре клиент-сервер. На клиенте оператор задает входные данные обработки, а на многопроцессорном или многоядерном сервере проводится сама обработка.

## Технологии цифровой реальности Гексагон

*М.И. Петухов*

«ГЕКСАГОН ГЕОСИСТЕМС РУС», Москва, Россия

Компания «Гексагон», признанный мировой лидер разработки технологий получения и обработки пространственных данных, обладает самым широким портфолио сенсоров, программного обеспечения и автономных решений.

Основные возможности Гексагон в области сенсоров, программного обеспечения и автономных технологий дают уникальную возможность – создать конвергенцию физического и цифрового миров, называемой умной цифровой реальностью.

Умная цифровая реальность — это цифровая копия полного физического мира, где все связанные с ним объекты, местоположения и процессы являются машиночитаемы и алгоритмически обрабатываемыми.

В докладе рассматриваются принципы создания

и технические требования к программным продуктам, которые должны обеспечить создание умной цифровой реальности в рамках следующих основных технологических направлений:

- технологии фиксации реальности, позволяющие осуществлять цифровую фиксацию физического мира - от измерений расстояний (от точки А до точки В) до создания полной среды физического мира в 3D (например, полная инфраструктура объекта);

- технологии проектирования и моделирования, обеспечивающих возможность воспроизведения реальных сценариев в виртуальных средах;

- автономные технологии: возможность «автономизировать» любую задачу или рабочий процесс для всей операции или отрасли.

## **Создание однородно-точного координатного пространства для обеспечения геодезических, аэросъемочных и кадастровых работ на территории города Иркутска**

*О.В. Глухов*

АО «Кадастрсъемка», Иркутск, Россия

ДВ практике геодезических работ, выполняемых на территории Сибири и Дальнего Востока, постоянно приходится решать задачу оценки и анализа согласованности пунктов исходной геодезической основы, как в плане, так и по высоте, принимать вариант фиксации исходных пунктов для окончательного уравнивания спутниковых геодезических сетей.

Парадокс в том, что, несмотря на введение более точных, нежели СК-42, государственных геодезических систем координат (СК-95, а с 2021 года – ГСК-2011), проблема рассогласованности координат пунктов на уровне местных систем координат, в которых ведутся дежурные планы городов, кадастр объектов недвижимости, остается неразрешенной. А ведь все местные системы координат в нашем регионе основаны на пересчете пунктов геодезической основы из СК-42. И площади территорий – это не только города, но и Республики, края, области ... И объекты работ – не только площадные, но и линейные, протяженностью до нескольких сотен и более километров, и участки этих работ - должны быть поставлены на кадастровый учет.

В докладе представлено описание технологического процесса с использованием способа ослабления влияния рассогласованности исходных пунктов геодезической основы, который был разработан и используется в практике работ АО «Кадастрсъемка» с 2009 года. Технология адаптирована под обработку материалов воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки, но может быть использована и при создании однородно-точного координатного пространства для обеспечения геодезических, аэросъемочных и кадастровых работ на любой территории.

В качестве примера, в докладе представлена технология создания однородно-точного координатного пространства г. Иркутска, которое может быть эффективно использовано для создания на ее основе автоматизированной системы дифференциальных базовых станций с точностью позиционирования в режиме реального времени не хуже 5 см в любой точке города в местной системе координат города Иркутска и в МСК-38, в Балтийской системе высот 1977 г.

## Новые технологии для проведения аэрофотосъемочных работ и воздушного лазерного сканирования на беспилотных комплексах Supercam

Т.Т. Куталиа

«Беспилотные системы», Ижевск, Россия

Используемая для создания и получения точных 3Д моделей поверхности с учетом потребностей картографической отрасли, сегодня, лидарная съемка – это важный инструмент с бесспорным потенциалом для коммерческого применения. Подобный инструмент, выступающий очередным стимулом для развития отрасли малой беспилотной авиации, требует от разработчиков беспилотного воздушного судна оперативного решения проблем в части авиастроения, связанных с ограничениями емкости и заряда аккумуляторных батарей, а также ограниченным полетным временем. Подобные проблемы некоторые из производителей БВС предпочитают решать за счет настройки и использования гибридной силовой установки с бензогенератором и традиционными аккумуляторными батареями. Подобные решения широко распространяются на беспилотных воздушных судах мультироторного типа (БВС Perimeter 8 от компании Skyfront - США, а также БВС DELTA H1600H от R7 Technologies – Россия), в то время как БВС выполненные по схеме летающее крыло с возможностью вертикального взлета-посадки остаются без заслуженного внимания. Следует отметить, что БВС выполненное по схеме летающее крыло с возможностью вертикального взлета и посадки не относится к специализированным решениям enterprise, а представляет многофункциональную платформу для интеграции целого ряда целевых нагрузок. Подобная схема БВС пользуется большим спросом как на европейском (Delta Quad от Vertical Technologies, Netherlands), так и на российском рынке (Supercam SX350 от Группы компаний «Беспилотные системы», Российская Федерация). Что же отличает указанную модель?

В первую очередь стоит отметить функциональность платформы беспилотного воздушного судна, позволяющую осуществить взлет и посадку с ограниченной площади. Необходимая площадь для запуска БВС составляет 5х5 метров, а совокупное время для сборки авиационной системы с наземным оборудованием на превышает 10 минут. Подобное решение упрощает процесс выполнения картографических работ на объектах с перепадом высот и сложным рельефом, где зачастую отсутствует возможность подготовки БВС к старту на склоне объекта или его вершине.

Сегодня, картографирование посредством вы-

полнения съемки с лазерным сканером, установленном на БПЛА комбинированного или самолетного типа открывает дополнительные возможности и перспективы развития рынка, как для конечных пользователей продукта, так и для производителей в классе мини беспилотные авиационные системы общей взлетной массой до 30 кг. (SUAS – Small unmanned aircraft system or mUAS – mini unmanned aircraft systems). Сравнительное преимущество так называемых дронов комбинированного типа с бортовой установкой воздушного лазерного сканирования заключается в бюджетной по сравнению с аналогичными продуктами и услугами на рынке пилотируемой авиацией стоимости целого программно-аппаратного комплекса полностью готового для выполнения картографических работ.

Как и в случае с проведением аэрофотосъемки, лазерное сканирование также связано с использованием данных спутниковых наблюдений для более точного позиционирования. Поэтому, в составе сканирующего устройства присутствует спутниковый приемник для фиксации текущей высоты лазерного сканера в момент съемки, а также для фиксации положения носителя (согласно данным треков контрольных плоскостей) по осям XYZ с разбивкой трансформации позиции на 3 отдельных трека по одному для каждой из контрольных плоскостей/осей. Кроме того, в дополнение к спутниковому приемнику, в составе мобильного сканирующего устройства присутствует IMU модуль инерциальной измерительной системы. Указанный компонент записывает данные об отклонениях носителя в контрольных плоскостях в ходе выполнения работ для последующей коррекции измерений. Соответственно для работы с наблюдениями и данными, полученными от инерциального измерительного модуля и спутникового приемника, требуется дополнительный носитель или устройство для записи и хранения. Сканирование подстилающей поверхности построено на принципе светового отражения испускаемой энергии (импульсное рассеивание), которая выступает непосредственным источником данных о высоте с учетом дополнительных измерений. Так или иначе, вычисления в лазерном сканировании учитывают всплеск испускаемой и допустимой энергии (the word pulse) в купе с ее отражением (the return), данные о которой записыва-

ются сканирующим устройством. Для определения высоты, следует иметь в виду формулу, предполагающую учет времени, потраченного на преодоление дистанции от и до сканирующего устройства, а также скорость света. За счет данных параметров открывается возможность измерения дистанции от крайней высотной точки наземного объекта до сканирующего устройства в момент съемки.

Ключевыми параметрами для определения подходящего лазерного сканера для использования на бпла комбинированного типа являются: вес целевой нагрузки, оптимальная высота и дальность работы сканирующего устройства, частота сканирования (точек/сек), плотность облака на 1 кв. м., а также радиус работы сканирующего устройства на удалении от базовой станции. Многие из отечественных разработчиков технологии воздушного лазерного сканирования предлагают сразу несколько продук-

тов доступных к интеграции с БПЛА любого типа: мультироторного, самолетного и комбинированного. Наиболее предпочтительными моделями для интеграции с беспилотным воздушным судном по типу конвертоплан (Supercam SX350), с учетом вышеназванных критериев, выступают: лазерные сканеры АГМ МС-3.200 и Topodrone 200 ULTRA. Забегая вперед, стоит отметить, что указанные модели прошли успешную интеграцию с беспилотным воздушным судном Supercam SX350 по типу конвертоплан для проведения картографических работ по созданию топографических планов. Выбранные модели лазерных сканеров обладают следующими техническими характеристиками, которые позволяют не только успешно интегрировать целевую нагрузку с БВС, но и способны получить необходимый материал для последующей обработки.

Марка, модель	АГМ МС3.200	ТОПОDRONE 200 ULTRA
Вес целевой нагрузки (ЦН), кг.	От 1.1.	1.1.
Макс. высота для работы ЦН, м.	200	200
Радиус раб. от баз. Станции, км.	25	25
Частота сканирования, кГц	до 600	1 200
Плотность облака на 1 кв. м. по итогам обработки. Раб. высота от 130 до 160 м.	от 40	от 35

Итогом работы по интеграции лазерного сканера с беспилотным воздушным судном по типу конвертоплан Supercam SX350 является уникальное решение, позволяющее выполнить необходимые работы на крупных площадных или протяженных объектах. Так, при использовании лазерного сканера в качестве целевой нагрузки, совмещенной с фотокамерой высокого разрешения, полетное время БВС составляет от 70 до 90 минут с учетом допустимой скорости ветра в полевых условиях. Максимальная площадь покрытия в ходе проведения картографических работ составит не менее 6 км<sup>2</sup>. Максимальная протяженность маршрута при осуществлении линейной съемки достигает 100 км., в зависимости от условий рельефа и радиовидимости.

Конструкция Supercam SX350 сохраняет инженерные решения, представленные на базе беспилотного воздушного судна по типу летающего крыла. Пониженное энергопотребление системы достигается за счет плавной смены двигателей при взлете БВС. Как только беспилотник достигает заданной

скорости на старте, автопилот задействует маршевый электродвигатель, расположенный в передней части фюзеляжа. Подобная смена двигателей обеспечивает необходимый запас полетного времени для продолжительного выполнения работ по лазерному сканированию.

Камеральная обработка материалов, полученных с использованием лазерного сканера, предполагает следующий алгоритм действий:

1. обработка траекторий ВЛС от базовых станций;
2. получение предварительного облака точек;
3. проведение контроля полноты данных лазерного сканирования;
4. выгрузка результатов воздушного лазерного сканирования в соответствующих форматах.

Проведение мероприятий по обработке данных начинается с импорта данных о траектории лазерного сканера с учетом данных базовой станции. Именно таким образом, в специализированном

программном обеспечении того или иного производителя происходит генерации файла траектории. Далее следует проведение работ в дополнительном программном модуле для производства облака точек. На следующем этапе обработки осуществляется коррекция траектории и уточнение параметров ориентации лидарной системы. Кроме того, необходимо провести классификацию полученных точек лазерного отражения, после чего, можно приступать к созданию цифровой модели рельефа земной поверхности.

Завершающим этапом имплементации технологии воздушного лазерного сканирования с применением беспилотного воздушного судна, является проведение работ по камеральной обработке с последующим построением 3Д моделей местности с помощью совмещения плотного облака точек лазерного отражения и материалов орто-трансформирования, полученных в рамках выполнения работ по аэрофотосъемке. Так, в специализированном про-

граммном обеспечении Photomod UAS есть набор инструментов для сравнения матриц объектов, полученных при обработке данных фотограмметрическим способом, а также результатов обработки данных воздушного лазерного сканирования.

Достигнутый уровень развития профильных компетенций по интеграции программно-аппаратной платформы и обработке полученных данных, позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день, технология воздушного лазерного сканирования с применением беспилотных авиационных систем представляет огромный потенциал для выполнения задач по точному моделированию и проведению измерений, а также диверсификации возможностей БВС мини-класса. Для конечного пользователя открывается возможность проведения картографических работ с последующей реализацией полученных данных в профильных направлениях развития экономики.