

#3  
2020

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

ГЕОДЕЗИЯ  
#105

Платиновый спонсор



Золотой спонсор

100 ЛЕТ АО «АЭРОГЕОДЕЗИЯ»  
ДАЙДЖЕСТ НОВОСТЕЙ  
НАСЛЕДИЕ ДЖАВАДА АШДЖАИ  
ОБ УЧАСТИИ РФ В СОЗДАНИИ  
ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ КООРДИНАТ  
СТАНДАРТЫ ОРГАНИЗАЦИИ  
АО «РОСКАРТОГРАФИЯ»  
PAS280MP — НОВЫЙ  
МОДУЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС  
ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ  
ИСПЫТАНИЯ ПРИЕМНИКА ГНСС  
TRIMBLE R12  
О СЪЕМКЕ ФАСАДОВ  
БЫТОВОЙ ФОТОКАМЕРОЙ  
И БЮДЖЕТНЫМ БЛА  
ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ  
ГНСС ДЛЯ АРКТИКИ







# SOKKIA

на правах рекламы

## Комфортная работа в экстремальных условиях!

[www.gsi.ru](http://www.gsi.ru)  
ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»  
Генеральный дистрибьютор TOPCON и SOKKIA в России



### Уважаемые коллеги!

Этот номер журнала имеет ряд особенностей.

Во-первых, в ряде статей установлена прямая связь между печатной и электронной версией, благодаря приведенному QR-коду. Это позволило перенести часть информации в электронную версию: списки литературы, фотографии большего размера, дополнительные данные, раскрывающие выводы, приведенные в статье. Надеемся, что размещение уникального контента повысит интерес читателей к сайту и статьям, публикуемым в журнале.

Во-вторых, в номере не представлены рубрики «Новости» и «Календарь событий». Отсутствие раздела «Календарь событий» связано как с переносом проведения ряда мероприятий на следующий год, так и с их уходом в цифровой формат. Информация, обычно публикуемая в рубрике «Новости», подробно представлена на сайте в одноименном разделе. Хотелось бы обратить ваше внимание на некоторые события, произошедшие в мае-июле 2020 г.

15 мая 2020 г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) утвердило новый национальный стандарт — ГОСТ Р 58854-2020 «Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомodelей застроенных территорий», который вводится в действие с 01 декабря 2020 г. Стандарт разработан в инициативном порядке АО «Урало-Сибирская ГеоИнформационная Компания» (Екатеринбург).



25–27 мая 2020 г. в МИИГАиК состоялась Международная научно-техническая онлайн-конференция «Пространственные данные в условиях цифровой трансформации». С программой конференции, включавшей восемь секций, можно познакомиться на сайте университета в разделе «Наука» / «Конференции», а видео-выступления посмотреть на YouTube-канале МИИГАиК.

30 мая 2020 г. ушел из жизни Джавад Ашджаи (1949–2020), доктор наук в области электронной инженерии, основатель и президент компании JAVAD GNSS. Джавад Ашджаи оказывал постоянную поддержку нашему изданию, размещая информационные материалы и статьи о новых разработках и проблемах определения точных пространственных координат приемниками ГНСС. Более 10 лет компания JAVAD GNSS является Золотым спонсором журнала. В своем обращении к пользователям, коллегам и друзьям группы компаний JAVAD, размещенном в этом номере на с. 11, Недда Ашджаи (дочь Джавада Ашджаи) делится своими воспоминаниями об отце и отмечает: «С удвоенной энергией мы продолжим дело, начатое отцом, и останемся абсолютными лидерами».



1 июня 2020 г. скоропостижно скончался Александр Юрьевич Янкуш (1971–2020), основатель и технический директор компании «ГНСС плюс». Компания «ГНСС плюс» неоднократно поддерживала издание журнала, размещая статьи и рекламные материалы. Александр Юрьевич оказывал неоценимую помощь редакции журнала при подготовке обзоров о новинках оборудования и программного обеспечения, представляемых зарубежными компаниями на выставке INTERGEO, а также публикаций о тенденциях развития ГНСС-технологий для решения навигационных и геодезических задач. Его профессиональное чутье всегда помогало познакомить читателей журнала с инновационными решениями в этой области.

15 июня 2020 г. в день основания ГБУ «Мосгоргеотрест» была подготовлена и выпущена корпоративная газета «МОСГОРГЕОТРЕСТ 76», № 1-2020. Тираж составил 2000 экземпляров. Издание открывается статьей А.Ю. Серова, управляющего трестом и главного редактора газеты. Материалы, опубликованные в газете, раскрывают многогранную и интересную жизнь, которая происходит в коллективе, подтверждая слова управляющего: «Работать в тресте по-настоящему интересно!».



29 июня — 6 июля 2020 г. в Сибирском государственном университете геосистем и технологий в формате видеоконференций прошла серия мероприятий в рамках Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2020».

Еще больше новостей и другой актуальной информации можно найти на Интернет-сайте GEOPROFI.RU и на страницах журнала «Геопрофи» в Instagram и Facebook.

Редакция журнала





# Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ  
СЪЕМКА



АЭРОФОТОСЪЕМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ  
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО  
ОБОРУДОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ  
ЦИФРОВОЙ  
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ

Информация о сотрудничестве: [www.roscartography.ru](http://www.roscartography.ru) | [info@roscartography.ru](mailto:info@roscartography.ru)

Редакция благодарит компании,  
поддержавшие издание журнала:

Trimble (Платиновый спонсор),  
JAVAD GNSS (Золотой спонсор),  
«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»,  
АО «Роскартография»,  
АО «Аэрогеодезия», «Урало-Сибирская  
Геоинформационная Компания»,  
Phase One Industrial,  
КБ «Панорама», ПК «ГЕО»,  
ГБУ «Мосгоргеотрест»

Издатель  
Информационное агентство «ГРОМ»

Генеральный директор  
**В.В. Грошев**

Главный редактор  
**М.С. Романчикова**

Редактор  
**Е.А. Дикая**

Дизайн макета  
**И.А. Петрович**

Дизайн обложки  
**И.А. Петрович**

Интернет-поддержка  
«Инфодизайн»

Почтовый адрес: 117513, Москва,  
Ленинский пр-т, 135, корп. 2  
E-mail: info@geoprofi.ru

Интернет-версия  
www.geoprofi.ru



Instagram.com/geoprofi\_2020

Facebook.com/geoprofi2020

Перепечатка материалов без разрешения  
редакции запрещается. Мнение редакции  
может не совпадать с мнением авторов.  
Редакция не несет ответственности за  
содержание рекламной информации.

Свидетельство о регистрации в Минпечати  
России ПИ № 77-14955 от 03.04.2003 г.

ISSN 2306-8736

Периодичность издания —  
шесть номеров в год.

Индекс для подписки в каталоге  
Агентства «Урал-Пресс» 010688

Тираж 3000 экз. Цена свободная  
Номер подписан в печать 07.07.2020 г.

Печать Издательство «Проспект»

## ОТ РЕДАКЦИИ

ДАЙДЖЕСТ НОВОСТЕЙ МАЙ-ИЮЛЬ 2020 Г. 1

## ЮБИЛЕЙ

А.Ю. Матвеев  
АО «АЭРОГЕОДЕЗИЯ» — 100 ЛЕТ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ  
ТОЧНОСТИ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ 5

## ТЕХНОЛОГИИ

НАСЛЕДИЕ ПЕРВОПРОХОДЦА ГНСС 11

Р.Р. Барков, Е.С. Читалова  
СЪЕМКА ФАСАДОВ ЗДАНИЯ БЮДЖЕТНОЙ БЕСПИЛОТНОЙ  
АЭРОСЪЕМОЧНОЙ СИСТЕМОЙ. ТЕСТ НА ПРИМЕНИМОСТЬ 25

М.Ю. Караванов, С.Ю. Крыжановский  
TRIMBLE PROPOINT — МАРКЕТИНГОВЫЙ ХОД ИЛИ  
НОВЫЙ УРОВЕНЬ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИЕМНИКОВ ГНСС? 30

Ю.Г. Райзман  
PHASEONE PAS280MP — НОВЫЙ КРУПНОФОРМАТНЫЙ  
АЭРОСЪЕМОЧНЫЙ КОМПЛЕКС 36

## НОРМЫ И ПРАВО

О.В. Евстафьев, Е.С. Бекчанова  
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В АО «РОСКАРТОГРАФИЯ» 15

В.В. Глушков  
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРКТИКЕ 20

## ОСОБОЕ МНЕНИЕ

Г.Г. Побединский, В.И. Кафтан, В.П. Савиных  
ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ  
И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УЧАСТИЮ РФ В ЕЕ СОЗДАНИИ 42

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

52

При оформлении первой страницы обложки использован фрагмент изображения,  
полученного аэросъемочным комплексом PAS280MP.  
Изображение предоставлено компанией Phase One Industrial (Дания).





АО "Урало-Сибирская Геоинформационная Компания"

УСГИК

трехмерная  
стереомодель

INSOT

Базовый элемент цифрового  
двойника города

№ 5616 в Реестре российских программ для ЭВМ и баз данных.

+7 (343) 212-5995

info@usgik.ru

usgik.ru

# АО «АЭРОГЕОДЕЗИЯ» — 100 ЛЕТ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ

А.Ю. Матвеев (АО «Аэрогеодезия», Санкт-Петербург)

В 1982 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работает в АО «Аэрогеодезия», с 2006 г. по настоящее время — генеральный директор.



В июне 2020 г. АО «Аэрогеодезия» исполнилось 100 лет.

История предприятия началась с Решения № 1019 от 30 июня 1920 г., принятого Высшим советом народного хозяйства РСФСР, за которым последовало Постановление коллеги Высшего геодезического управления. В результате этих решений в Петрограде было создано Северное геодезическое управление, которое за свою историю сменило множество названий и руководящих ведомств — не менялась лишь его суть: обеспечение важнейших объектов народного хозяйства государства опорными геодезическими сетями и топографическими картами и планами [1].

Первым адресом организации стал дом № 3 на улице Разъезжей, а начальником был назначен Василий Васильевич Успенский, выпускник Константиновского межевого института, бывший ответственный чиновник Управления уделов, которое подчинялось Министерству императорского двора, упраздненного в 1917 г. Среди первых

специалистов (два-три десятка) были мобилизованные из рядов Красной Армии и гражданские лица, имевшие соответствующую подготовку. Самые первые работы заключались в инженерно-геологических изысканиях на Веймарнских торфяниках Ленинградской области, на Боровичских месторождениях горючих сланцев, на р. Волхов для будущей Волховской ГЭС. ГЭС была запущена в 1926 г. и стала первой и единственной на тот момент в СССР гидроэлектростанцией. Затем сотрудники предприятия участвовали в создании геодезической плановой и высотной основы для крупномасштабных топографических съемок на этапах проектирования и строительства Беломорско-Балтийского канала, Волго-Балтийского водного пути, Урало-Кузнецкого сырьевого бассейна, Большого Каракумского канала, Камского каскада ГЭС, нефтегазовых месторождений Республики Коми и Западной Сибири, алмазных месторождений Архангельской области, атомных электростанций и других крупнейших строек, вошедших во все учебники новейшей истории и экономической географии СССР и РФ. Одновременно с работами на отдельных объектах создава-

лась единая астрономо-геодезическая сеть по программе Ф.Н. Красовского. Астрономо-геодезисты и топографы работали во всех регионах, включая районы Крайнего Севера и Дальнего Востока.

В годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. ведущие специалисты были мобилизованы, но организация продолжала работать. Камеральные подразделения выполняли задания Ленинградского фронта, а полевые — проводили топографо-геодезические работы в районах нефтяной и угольной добычи (Республики Башкирия, Татарстан, Коми), а также по заданиям Государственного комитета обороны.

На предприятии постоянно осваивались и отлаживались новые виды работ. Все без малого вековые прогрессивные технологии в области геодезии и картографии пропустили через себя многие поколения геодезистов, топографов и картографов.

С 1927 г. для картографирования стала применяться воздушная фотосъемка с аэростатов и самолетов. На предприятии было организовано отдельное производственное подразделение «Аэрофотосъемка» с собственным летно-съемочным



отрядом и парком самолетов. Применение аэрофотосъемки и фотограмметрической обработки значительно ускорило темпы картографирования территории страны.

В 1934 г. специалисты предприятия сконструировали, изготовили и испытали стратостат «Осоавиахим-1» (гондолу сделали на Ленинградском металлургическом заводе). Руководителем проекта был инженер-аэролог Андрей Богданович Васенко. В 1918 г. он вступил добровольцем в Красную Армию, а в 1927 г. окончил факультет воздушного транспорта Ленинградского института путей сообщения. После, являясь бортинженером, он вместе с экипажем совершил первый полет на стратостате «Осоавиахим-1» в зимних условиях и установил мировой рекорд высоты 22 000 м, что, по мнению специалистов, явилось первым шагом к покорению космоса. При спуске оболочка стратостата разрушилась, и весь экипаж погиб. Урна с прахом участников полета захоронена в Кремлевской стене. А.Б. Васенко был посмертно награжден орденом Ленина.

В 1949 г. на базе предприятия было организовано оптико-механическое экспериментальное производство (ОМЭП), которое начало разработку и выпуск аэрофотосъемочной аппаратуры, производство и тестовые испытания радиоэлектронных приборов — дальномеров, эхолотов, гидролокаторов, инструментов для картографических работ и др. Практически все работы по аэрофотосъемке для точного картографирования в СССР выполнялись топографическими фотокамерами, создававшимися на ОМЭП. Коллектив организации гордится такими именами, как М.М. Русинов — конструктор известных не только в нашей стране, но и во всем мире широкоугольных объективов «Руссар»; Н.В. Викторov —

конструктор широкоугольных аэрофотоаппаратов, создатель оптического прицела для танка Т-34; Л.А. Емельянов — топограф, Герой социалистического труда; П.Г. Израилев — лучший изобретатель отрасли геодезии и картографии, заслуженный рационализатор страны; и многими другими.

Начиная с 1956 г., в течение более 30 лет, сотрудники предприятия принимали участие в топографо-геодезических работах, проводившихся в Анголе, Афганистане, Вьетнаме, Ираке, Иране, Китае, Кубе, Лаосе, Мозамбике, Монголии, Сомали, Судане и других странах.

В период 1959–1962 гг. были выполнены наблюдения и вычислены координаты пунктов основной геодезической сети Ленинграда — одной из лучших в СССР городской плановой сети. Эта сеть стала основой для создания планов и карт, используемых для разработки генеральных планов развития города на протяжении многих лет.

С 1970 г. начались работы по картографированию Антарктиды в рамках советских и российских антарктических экспедиций. Предприятие стало базовым предприятием в ГУГК СССР, выполняющим работы в Антарктиде. Впервые в мире были созданы карты покрытого толщей льда до нескольких километров рельефа дна значительных территорий антарктического материка, раскрывающие его строение. В 2002 г. начались работы по распространению на территорию Антарктиды фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) и высокоточной геодезической сети (ВГС). За последние 10 лет при участии специалистов АО «Аэрогеодезия» в Антарктиде:

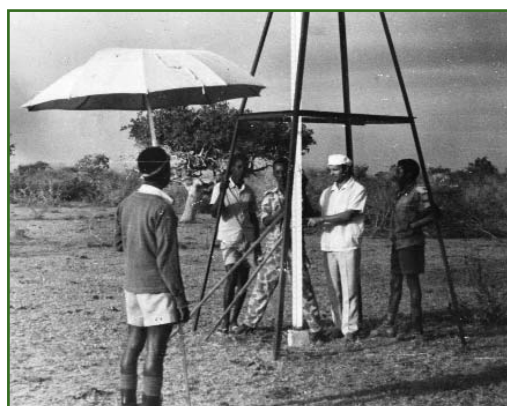
— созданы пункты ФАГС на станциях «Мирный», «Ленинградская» и «Русская»;



*Нивелирование II класса. Чукотка, 1972 г.  
Фото Ю.И. Серова*



*Наблюдения на пункте триангуляции  
1 класса на геодинамическом полигоне.  
Камчатка, 1978 г. Фото А.В. Собщицова*



*Нивелирование II класса. Сомали, 1973 г.  
Фото Ю.И. Серова*

— с целью наблюдений за процессами долговременной динамики движения льда, изменения высоты ледникового и снежного покровов проведены измерения на экспериментальном стокилометровом участке вдоль трассы «Мирный» — «Восток»;

— выполнены экспериментальные ГЛОНАСС/GPS-измерения на уникальном подледниковом озере Восток;





Антарктическая станция «Беллинсгаузен». Антарктида, 1984 г.  
Фото В.П. Гребнева



Определение координат в районе озера Восток. Антарктида, 2010 г.  
Фото В.П. Гребнева

— организованы регулярные наблюдения на пунктах ФАГС на полярных станциях «Мирный», «Белинсгаузен», «Русская», «Ленинградская» и «Прогресс»;

— ежегодно проводятся плановые геодезические и картографические работы.

В 2006 г. сотрудники ФГУП «Аэрогеодезия» — Юськевич Александр Владимирович, Гребнев Валерий Прокопьевич, Муратов Георгий Михайлович (посмертно), Иванов Олег Петрович, Матвиенков Степан Михайлович, Максаков Борис Сергеевич (посмертно), Осанкин Александр Николаевич, Карандин Александр Петрович (посмертно), Шишкин Александр Владимирович, Шелков Вячеслав Иванович — стали лауреатами Премии им. Ф.Н. Красовского «За работу: Комплекс топографо-геодезических, аэрокосмических и картографических работ в Антарктиде» [2].

Во время 65-ой Российской антарктической экспедиции (2019–2020 гг.) был решен ряд практических задач по созданию и развитию систем геодезического мониторинга, включая ФАГС, ВГС, высотную основу, гравиметрическую сеть на территории Антарктиды. Кроме того, были проведены научные исследования процессов долговременной динамики движения льда, изменения высоты ледникового и снежного покровов в районе полевых баз «Молодежная» и «Оазис Бангера» с использованием методов геодезических наблюдений [3].

*Подробнее о создании геопространственных данных в Арктическом регионе и Антарктиде специалистами предприятия можно узнать из презентации А.В. Егорова, первого заместителя генерального директора — технического директора АО «Аэрогеодезия». Презентация приведена в электронной версии данной статьи, размещенной на сайте журнала [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru).*

В 1972 г. предприятию было поручено построить в Пулковской обсерватории станцию (астрономо-геодезический пункт — АГП-1327) для наблюдений искусственных спутников Земли (ИСЗ) в геодезических целях. В 1973 г. АГП-1327 был введен в строй, и на нем начали проводить фотографические, лазерно-дальномерные и радиотехнические (доплеровские) наблюдения ИСЗ, синхронно с аналогичными станциями, расположенными в других регионах СССР и на территории Антарктиды. За период с 1973 по 1991 гг. был выполнен большой объем наблюдений [4].

В 1981 г. было проведено обследование исходного пункта государственной системы координат 1942 года — «Пулково, Сигнал А». В 2011 г. пункт был

отреставрирован специалистами предприятия совместно с коллегами из Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии и в настоящее время является памятником геодезической культуры.

Практическое применение спутниковых технологий позиционирования для решения геодезических задач на предприятии началось в 1991 г. За последние пятнадцать лет с использованием передового ГНСС-оборудования и программных средств:

— созданы специальные геодезические сети для безопасной эксплуатации высокоскоростных поездов «Сапсан» и «Аллегро» на участках от Санкт-

Петербурга до Москвы и от границы с Финляндией до Санкт-Петербурга;

— построена спутниковая каркасная сеть на территории г. Санкт-Петербурга;

— создан фрагмент спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС-1) вдоль границы РФ с Норвегией и Финляндией;

— созданы фрагменты СГС-1 вдоль автомобильных трасс Санкт-Петербург — Вологда и Санкт-Петербург — Мурманск («Кола»);

— реконструирована городская геодезическая сеть г. Вологды;

— созданы фрагменты ВГС и СГС-1 в Архангельской, Вологодской, Мурманской, Ленинградской областях, Республиках Коми и Карелия;

— осуществлена геодезическая привязка базовых спутниковых геодезических станций, расположенных на территории Мурманской области в городах: Кандалакша, Апатиты, Мончегорск, Мурманск и поселке Никель;

— выполнены работы по созданию фрагмента сети из 14 постоянно действующих спут-



никовых дифференциальных геодезических станций на территории Ленинградской области;

— выполнены наблюдения с целью развития и сгущения плано-высотного обоснования в промышленно развитых районах Архангельской, Вологодской, Мурманской, Ленинградской областей, Республик Коми и Карелия;

— проведены наблюдения на пунктах ФАГС, ВГС и СГС-1 на территории других регионов РФ.

АО «Аэрогеодезия» выполнен значительный объем геодезических измерений для определения фигуры, гравитационного поля Земли, координат и высот точек земной поверхности, а также их изменений во времени, по созданию геодезических, нивелирных и гравиметрических сетей. С развитием спутниковых методов и технологий позиционирования в геодезии существенно изменились роль и функциональные требования к государственной координатной основе — государственным системам координат и государственной геодезической сети.

Выполнены работы по обеспечению перехода к единой государственной геодезической системе координат (ГСК–2011) при ведении государственного кадастра недвижимости ряда субъектов РФ.

Предприятием выполнен большой объем точных и высокоточных нивелирных измерений на всей территории Северо-Западного федерального округа. Возобновлены работы по модернизации Главной высотной основы (ГВО) России с целью обновления высот по линиям нивелирования ГВО, измеренных в 1960–1970-х гг. (нивелирование I класса), в которых сотрудники организации принимали активное участие.

Результат многих десятилетий их работы можно оценить

тем, что в 2002–2005 гг. было установлено точное соотношение нулей отсчета нормальных высот нивелирных сетей РФ, Финляндии и Норвегии. В 2013 г. завершился первый этап работ по модернизации и реконструкции сети нивелирования I класса в Санкт-Петербурге, в том числе установлена первая сухопутная связь материка с нулем Кронштадтского футштока за счет проложения нивелирного хода по защитной дамбе. Предприятие постоянно уделяет особое внимание сохранению объектов, связанных с историей геодезии и картографии, одним из которых является Кронштадтский футшток — исходный пункт государственной нивелирной сети. Теперь к нему добавилась многочисленная «свита» вспомогательных и контрольных реперов на острове Котлин и материке.

Важнейшим направлением производственной деятельности предприятия всегда являлось обеспечение федеральных органов исполнительной власти и заинтересованных лиц картографическими материалами и результатами геодезических измерений для решения государственных задач в сфере градостроительства и кадастра, инженерных изысканий и строительства, недропользования и экологии, навигационной деятельности и обороны, а также науки и образования.

В 1970–1980-х гг. была проведена топографическая съемка континентального шельфа и внутренних водоемов (Балтийское, Баренцево, Карское и Японское моря; озера Белое, Ильмень, Кубенское, Ладожское, Псковское, Чудское). Работы выполнялись с помощью высокоточных эхолотов, сконструированных и изготовленных на предприятии.

К 1980 г. завершилась топографическая съемка масштаба 1:25 000 на площади 2,13 млн



*Создание специальной реперной системы высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург, 2005–2006 гг. Фото А.Н. Осанкина*



*Топографо-геодезические работы по проверке прохождения линии российско-финляндской государственной границы, 2010 г. Фото А.Н. Осанкина*



*Спутниковые определения координат пограничных столбов на российско-норвежской государственной границе, 2011 г. Фото А.Н. Осанкина*

км<sup>2</sup>, и было выпущено более 300 тысяч номенклатурных листов топографических карт и планов различных масштабов.

С 1988 г. создаются цифровые трехмерные модели, цифровые планы и карты местности, в том числе территорий промышлен-



ленных объектов и районов вместе с подземными коммуникациями.

В 1990 г. предприятие приступило к выпуску открытых топографических карт для нужд населения.

С 1994 г. ведутся геодезические и картографические работы при установлении, изменении и уточнении прохождения государственной границы РФ. В 2019 г. завершились работы по созданию итоговых документов технической проверки государственных границ РФ с Финляндией и Норвегией.

Важнейшей работой было создание 788 номенклатурных листов цифровых топографических карт масштаба 1:100 000 морей Северного Ледовитого океана Российской Арктики для определения перечня географических координат точек, определяющих положение исходных линий для отсчета ширины территориального моря, внешних границ исключительной экономической зоны РФ.

В 1996 г. предприятие первым в России изготовило цифровой план масштаба 1:2000 крупного города (Вологды) за короткий период — чуть больше года после выполнения аэрофотосъемки. В 1998 г. было начато создание цифровой топографической основы на города Северо-Западного федерального округа: построены геодезические сети и выполнены топографические съемки, в том числе подземных коммуникаций почти в 200 городах, на основе которых подготовлены планы масштаба 1:2000. С 2002 г. вся картографическая продукция создается только с применением цифровых технологий, «мокрое» печатное производство полностью ушло в прошлое.

В настоящее время продолжают работы по обновлению цифровых навигационных карт масштаба 1:25 000 в государственной системе координат и

созданию фрагментов сети пунктов ВГС и СГС-1 на территории РФ.

Картографическое обеспечение становится важным элементом инфраструктуры пространственных данных в РФ, необходимым для решения задач национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

В связи с увеличивающимися объемами фотограмметрических работ в 2017 г. в АО «Аэрогеодезия» был создан отдел цифровой фотограмметрии, оснащенный современными программными средствами и техническим оборудованием. Это позволяет создавать различные виды продукции: цифровые ортофотопланы, цифровые модели местности, цифровые модели рельефа различных масштабов для

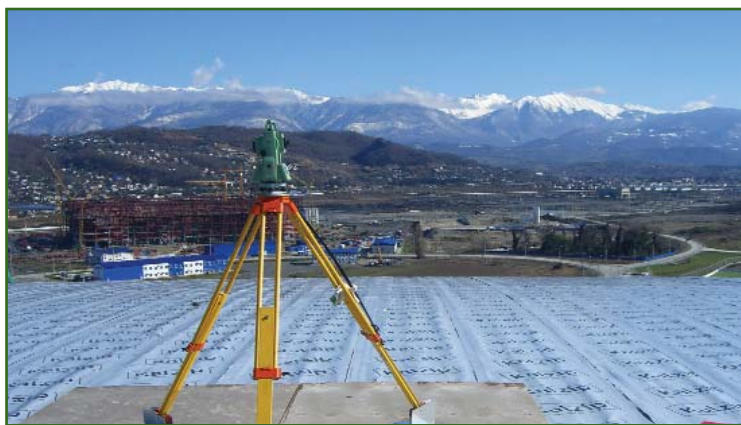
последующего создания на их базе цифровых топографических планов и карт.

Отделом освоена технология обработки материалов аэрофотосъемки, получаемых с беспилотных летательных аппаратов (БЛА), и построения на их основе цифровых ортофотопланов с помощью программы Agisoft MetaShape и ЦФС PHOTOMOD. XML-файлы, предоставляемые при сдаче готовой продукции вместе с цифровыми ортофотопланами, создаются с использованием программного обеспечения, разработанного в технологическом отделе предприятия.

В 2019 г. АО «Аэрогеодезия» приступило к выполнению государственных контрактов по созданию единой электронной картографической основы (ЕЭКО) в виде цифровых ортофотопланов.



*Инженерные изыскания трассы газопровода Дзаурикау — Цхинвал. Северная Осетия, 2005–2006 гг.*



*Проверка точности монтажа кровли на Олимпийском стадионе «Фишт». Сочи, 2012 г. Фото А.Н. Осанкина*

С целью обеспечения возросших объемов работ состав отдела к 2020 г. был увеличен до 18 человек, а к его оснащению добавились специализированные высокопроизводительные рабочие станции и стереомониторы компании StereoPixel и АО «УСГИК» (Екатеринбург). Для организации обработки материалов аэрофотосъемки с использованием распределенной (кластерной) системы был создан сегмент локальной вычислительной сети с высокоскоростными каналами передачи данных, а для хранения исходных данных и готовой продукции — закуплены сетевые хранилища.

В 2019 г. для аэросъемочных работ были арендованы широкоформатная камера DMC II и воздушное судно Aerocomander 680. Это позволило выполнить аэросъемку на территории Воронежской области площадью 48 470 км<sup>2</sup> и получить 8889 снимков, а также в Тамбовской области — площадью 34 410 км<sup>2</sup> и получить 6395 снимков с пространственным разрешением на местности 25–40 см/пиксель.

Опираясь на опыт подготовки цифровых крупномасштабных планов городов по материалам аэрофотосъемки, в 2019 г. предприятие приступило к созданию цифровых ортофотопланов в масштабе 1:2000 на территории населенных пунктов Воронежской и Самарской областей для включения в ЕЗКО. Были приобретены четыре беспилотные аэросъемочные системы на базе БЛА и программы GrafNav и GrafNet для получения координат центров фотографирования.

В рамках этих работ была отработана технология группового использования беспилотных систем при аэрофотосъемке с целью сокращения сроков проведения полевых измерений. Каждый оператор управлял двумя беспилотными аэросъемочными системами, при

этом в воздухе одновременно находилось четыре таких системы. Полученные результаты позволили сотрудникам АО «Аэрогеодезия» принять активное участие в разработке стандарта организации АО «Роскартография» — СТО 3.1-2019, в котором отражены требования к средствам и процессам аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов, фотограмметрическим работам и их результатам при создании цифровых ортофотопланов масштаба 1:2000. Данный СТО введен в действие 15 ноября 2019 г. и является обязательным для применения структурными подразделениями АО «Роскартография» [5].

Следует также отметить, что на территории Каширского и Панинского районов Воронежской области был проведен сравнительный анализ технологии выполнения аэросъемочных работ беспилотной и пилотируемой системами. По результатам выполненных исследований подготовлен доклад, который будет представлен на II Международной научно-практической конференции «Геодезия, картография и цифровая реальность», проводимой АО «Роскартография».

Для работ по созданию ЕЗКО АО «Аэрогеодезия» в 2020 г. приобрело аэросъемочное оборудование, включая воздушный лазерный сканер Leica ALS80-HP, многоспектральную камеру Leica RCD30 CH82 и авиационную двухчастотную L1/L2 ГЛОНАСС + GPS антенну G5Ant-42AT1. В настоящее время с использованием этого оборудования выполняются аэрофотосъемочные работы на территории Нижегородской области.

За 100-летнюю историю существования организации ее сотрудники:

— обеспечили опорными геодезическими сетями и карта-

ми масштаба 1:10 000 и мельче территории Северо-Западного федерального округа, Прибалтики, Чукотки, Камчатки, Урала, Таймыра, Якутии, Новой Земли, Антарктиды и ряда иностранных государств площадью в миллионы квадратных километров;

— выполнили работы по развитию сетей триангуляции 1 класса, сплошных сетей 2–3 классов (общий объем работ составил свыше 32 тысяч пунктов или, примерно, 1/5 часть общего числа пунктов этих классов на территории всей страны);

— проложили десятки тысяч километров нивелирных ходов;

— провели аэрофотосъемку на территории площадью в сотни тысяч квадратных километров для создания карт и планов различных масштабов.

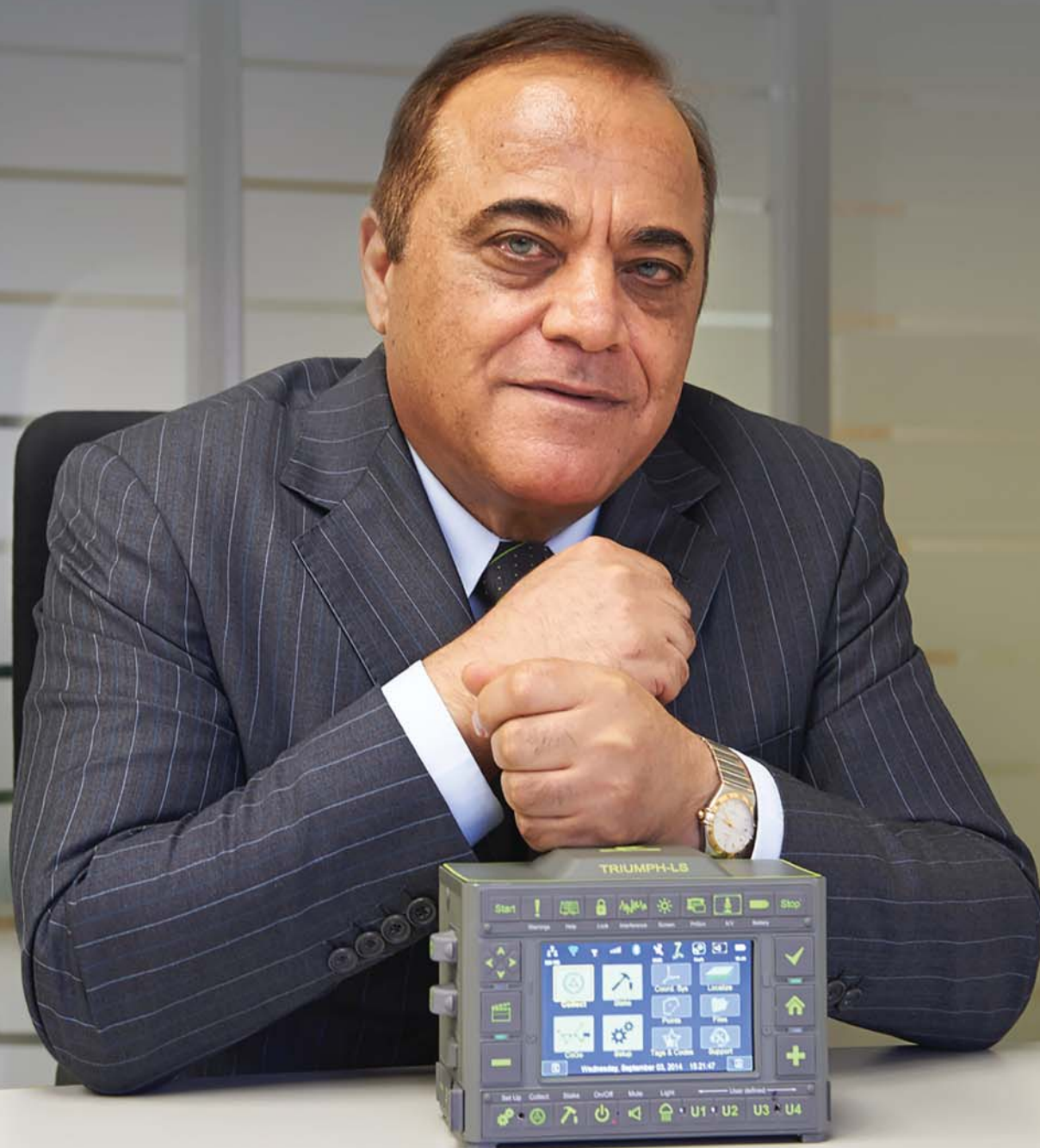
Подводя краткий итог, следует отметить, что будущее АО «Аэрогеодезия», равно как и его история, неразрывно связаны с геодезическим (координатным) и картографическим обеспечением потребностей государства, его экономики и обороны от Арктики до Антарктики.

#### ▼ Список литературы

1. АО «Аэрогеодезия». — <http://www.agspb.ru>.
2. Лауреаты премии им. Ф.Н. Красовского — <http://rosgeokart.ru/award/winners>.
3. Филатов В.Н. Вклад военных топографов в освоение Антарктиды // Геопрофи. — 2020. — № 2. — С. 4–12.
4. Капцюг В.Б. 20 лет со спутниками // Изыскательский вестник СПб АГК. — 2007. — № 2(5). — С. 30–35.
5. СТО 3.1-2019 СТО Геодезическая, топографическая и картографическая продукция. Общие требования к средствам технологического обеспечения, процессам аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов, фотограмметрическим работам и их результатам при создании цифровых ортофотопланов масштаба 1:2000. — <https://www.ros-cartography.ru/o-kompanii/licenzii-dokumenty>.



# НАСЛЕДИЕ ПЕРВОПРОХОДЦА ГНСС





1949



1983



1987



1989

## Дорогие пользователи, коллеги, друзья!



На выставке INTERGEO 2019, Штуттгарт

финансового кризиса в России), организацию самых передовых современных производственных мощностей в Калифорнии (во время финансового кризиса в США), а также техническими и операционными возможностями, которыми обладают эти предприятия. Нет ни одной компании в нашей отрасли, которая была бы на переднем плане инноваций и технологий, подобно компании JAVAD. Самые современные продукты мы создавали с вашим участием и помощью. Мой отец всегда гордился своей большой

Как вы уже знаете, мой отец скончался 30 мая 2020 года в Москве от осложнений, вызванных COVID-19.

В интернете и в печати публикуются десятки и десятки статей о великом Джаваде Ашджаи, его 37-летней истории и различных достижениях. Я хочу обратиться ко всем друзьям компании JAVAD и сообщить о наших планах на будущее на более личном уровне.

Мой отец очень гордился всем тем, чего он достиг, включая создание и развитие московского офиса в конце 1980-х годов (во время



С дочерью Неддой, 1974 г.



2010



2012



2013



2014





1989



1999



2002



2007

«семьей», состоящей из друзей и единомышленников, а также партнерством, которое он создал между США и Россией — это была его «история успешного сотрудничества».

У нас более двухсот энергичных, умных, увлеченных и, прежде всего, добрых сотрудников, некоторые из которых работают в группе компаний JAVAD на протяжении десятилетий. Для каждого из вас смерть моего отца стала большой утратой.

В память об отце, о вкладе, который он внес в создание и развитие компании, мы будем стремиться оставаться лидерами в своей отрасли. Это минимум, которого он ожидал бы от всех нас. Он всегда требовал, чтобы

мы бросали вызов самим себе, преодолевали трудности, чтобы каждый новый день был лучше, чем прошедший. Все вместе мы продолжим начатое им дело, так же как и он, воплощая в реальность самые дерзкие замыслы и мечты.

Те, кто работал с нами, знают, насколько мы похожи с отцом и, что, когда у нас есть план, ничто нас не затормозит и не остановит.

Наше обучение бизнесу началось с первого дня жизни, и мы уже имеем опыт и даже боевые шрамы. Незадолго до смерти отец писал мне: «Я надеюсь, что ты и Нема (мой брат) сосредоточитесь на компании настолько, насколько позволяет ваша энергия». Эти



С детьми и внуками



2019



2019



2020







Коллектив  
JAVAD GNSS и  
JAVAD EMS,  
г. Сан-Хосе,  
Калифорния



Коллектив JAVAD Armenia, г. Ереван



Коллектив JAVAD PLS-US, США



Коллектив JAVAD GNSS, г. Москва

слова звучат в наших в сердцах, и мы не разочаруем отца, станем первыми в мире. Наши сердца разбиты утратой, но решимость двигаться вперед сильнее, чем прежде. Весь мир знает, что компания JAVAD — особенная. С удвоенной энергией мы продолжим дело, начатое отцом, и останемся абсолютными лидерами. Мы будем жить и работать каждый день, будем становиться лучше и продолжать внедрять инновации, развивать компанию, которую отец основал много лет назад. Именно такой подход к делу заложил в нас он сам, и мы точно знаем, что именно этого он ожидает от всех нас, в условиях, когда нужно дви-

гаться вперед без него. Лучший способ сохранить его наследие — сделать компанию более сильной и успешной, чем когда-либо. Джавад Ашджаи начал свою карьеру в 1986 году с компании Ashtech, и он будет продолжать работать с компанией JAVAD в будущем. Символично, что в день кончины отца состоялся запуск американского космического корабля, оснащенного оборудованием JAVAD. Теперь он в прямом смысле среди звезд и спутников, смотрит на нас, наблюдая... и мы оправдаем его ожидания!

Недда Ашджаи





# НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АО «РОСКАРТОГРАФИЯ»

**О.В. Евстафьев** (АО «Роскартография»)

В 1994 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия и навигация», в 2002 г. — факультет экономики и маркетинга ТУ (МАИ) по специальности «организация предпринимательской деятельности». С 1994 г. работал в компании ПРИН, с 2001 г. — в ЗАО «Геотехсервис-2000», с 2004 г. — в региональном офисе Leica Geosystems, с 2010 г. — в ООО «Инжиниринговый центр ГФК», с 2012 г. — в ФГУП «Ростехинвентаризация — Федеральное БТИ», с 2016 г. — в АО «ГЛОНАСС», с 2017 г. — в АО «Российские космические системы». С 2019 г. работает в АО «Роскартография», в настоящее время — ведущий инженер отдела топографо-геодезических работ.

**Е.С. Бекчанова** (АО «Роскартография»)

В 2010 г. окончила геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». После окончания университета работала в ОАО «НИИАС», с 2014 г. — в ГБУ Московской области «МОБТИ», с 2019 г. — на кафедре «Прикладная геодезия» МИИГАиК. В настоящее время — старший инженер-геодезист отдела топографо-геодезических работ АО «Роскартография».

В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» «Правительству Российской Федерации при реализации совместно с органами государственной власти субъектов Российской Федерации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» определено первоочередное решение следующих задач:

- создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок;

- создание сквозных цифровых технологий преимущественно на основе отечественных разработок;

- внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государст-

венного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей.

Построение эффективного взаимодействия между государством, научными организациями, компаниями — лидерами цифровой экономики, институтами развития, государственными корпорациями, малым и средним бизнесом — одна из основных задач федерального проекта «Цифровые технологии» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

Достижение заданных целей в полном объеме требует совершенствования государственной политики в сфере геодезии и картографии, а также реализации новых проектов, обеспечивающих развитие отрасли в направлении цифровизации.

С 2013 г. АО «Роскартография» является единственным исполнителем геодезических, топографических и картографических работ федерального значения и обладает уникальным производственным, кадровым и научно-техническим потенциалом, позволяющим выполнять все виды топографо-геодезических и картографических работ, среди которых:

- аэрофотосъемка;
- создание ортофотопланов, топографических планов и карт всего масштабного ряда;
- инженерно-геодезические изыскания;
- обработка космических снимков;
- создание географических атласов и тематических карт;
- формирование фонда пространственных данных;
- создание специальных и высокоточных геодезических сетей;

— создание и ведение геоинформационных систем (ГИС).

В настоящее время АО «Роскартография» в рамках государственных контрактов с Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) осуществляет работы по обновлению цифровых навигационных карт масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000, созданию цифровых ортофотопланов в масштабах 1:10 000 и 1:2000 на территории субъектов РФ для формирования единой электронной картографической основы, модернизации Главной высотной основы, созданию пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), фрагментов сети пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС) и спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1) на территории РФ.

Помимо этого, в 2019 г. АО «Роскартография» приступило к разработке стандартов организации (СТО) с целью нормативно-технического обеспечения процесса внедрения в акцио-

нерном обществе новых цифровых технологий, что, в свою очередь, позволит обеспечить формирование и последующую реализацию единой технической политики в области геодезии и картографии, современной производственной культуры, системы менеджмента качества, а также внедрение новейших цифровых сервисов.

При участии дочерних обществ предприятие проводит разработку и актуализацию ряда документов нормативно-технического обеспечения топографо-геодезических и картографических работ, некоторые из них разрабатываются впервые и в будущем могут быть представлены на обсуждение как национальные стандарты РФ. Перечень утвержденных и разрабатываемых СТО приведен в таблице.

Скорейшая реализация задачи по нормативному обеспечению в области геодезии и картографии позволит АО «Роскартография» значительно ускорить внедрение в геодезическую и картографическую дея-

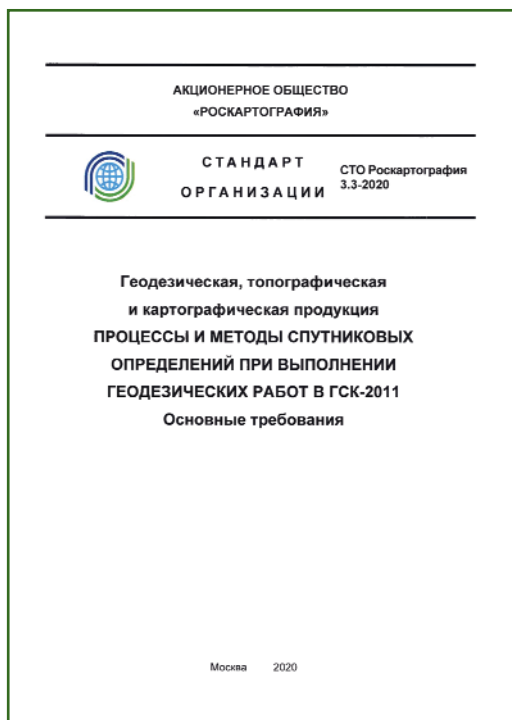
тельность средств, методов и технологий для перехода России к цифровой платформе сбора, обработки и распространения пространственных данных (программа «Цифровая экономика Российской Федерации»). Также это позволит перейти к использованию облачных сервисов, созданию 3D-моделей местности, производству мультимедийной продукции на основе цифровых картографических данных акционерного общества и технологий создания и предоставления картографо-геодезических сервисов.

На практике находят широкое применение спутниковые методы определений координат объектов, которые в свою очередь развиваются и совершенствуются. Картографо-геодезическая отрасль остро нуждается в нормативно-методическом обеспечении, в обновленных стандартах, инструкциях, руководящих материалах, описывающих технологические приемы и устанавливающих требования к спутниковым методам

### Система стандартов организации АО «Роскартография»

Наименование СТО	Дата ввода в действие
СТО 1.1-2019 Система стандартизации АО «Роскартография». Стандарты АО «Роскартография». Правила разработки, утверждения, учета, обновления и применения	1 ноября 2019 г.
СТО 1.2-2019 Система стандартизации АО «Роскартография». Стандарты АО «Роскартография». Фонд нормативной и научно-технической информации АО «Роскартография». Основные положения	15 ноября 2019 г.
СТО 3.1-2019 Геодезическая, топографическая и картографическая продукция. Общие требования к средствам технологического обеспечения, процессам аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов, фотограмметрическим работам и их результатам при создании цифровых ортофотопланов масштаба 1:2000	15 ноября 2019 г.
СТО 3.2-2020 Геодезическая, топографическая и картографическая продукция. Требования к отображению государственной границы Российской Федерации, границ между субъектами Российской Федерации и границ автономных округов на цифровых топографических картах и планах	14 февраля 2020 г.
СТО 3.3-2020 Геодезическая, топографическая и картографическая продукция. Процессы и методы спутниковых определений при выполнении геодезических работ в ГСК-2011. Основные требования	25 мая 2020 г.
СТО 3.4-2020 Геодезическая, топографическая и картографическая продукция. Процессы создания цифровых топографических планов масштаба 1:2000. Общие требования	17 февраля 2020 г.
СТО 3.5-2020 Геодезическая, топографическая и картографическая продукция. Методы преобразования координат и высот при спутниковых определениях	В разработке





позиционирования. На данный момент в этой области применяются следующие нормативно-технические документы (НТД):

— ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS;

— ГКИНП (ОНТА)-01-271-03 Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS;

— РТМ 68-14-01 Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения.

Данные НТД уже не полностью отвечают современному уровню развития спутниковых технологий, а также не содержат всех необходимых описаний методов и способов выполняемых работ АО «Роскартография» (например, использования постоянно действующих спутниковых дифференциальных геодезических станций (ДГС)). Кроме того, перечисленные выше НТД отменены в соответствии со ст. 3, п. 5 Феде-

рального закона РФ от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с 1 января 2018 г.

Действующие в настоящее время межгосударственные стандарты и национальные стандарты РФ в области спутниковых определений [1–8] не в полной мере раскрывают требования к современным процессам и средствам технологического обеспечения геодезических и топографических работ, а также к контролю и приемке результатов спутниковых определений. Основная часть работ в АО «Роскартография» ведется в государственной системе координат 2011 года (ГСК–2011).

По этим причинам и в целях достижения результатов с требуемой точностью и в установленные сроки с минимальными затратами при исполнении государственных контрактов возникла необходимость разработки актуальных нормативно-технических документов, направленных на оказание методической помощи специалистам при выполнении геодезических работ в системе координат ГСК–2011 с использованием метода спутниковых определений.

В октябре 2019 г. коллектив центра научно-технологического развития АО «Роскартография» совместно со специалистами отдела топографо-геодезических работ приступил к разработке стандарта предприятия «Процессы и методы спутниковых определений при выполнении геодезических работ в ГСК–2011».

Подготовленный проект СТО прошел общественное обсуждение на дискуссионной площадке официального Интернет-портала АО «Роскартография» (<http://roscartography.ru>) и был утвержден приказом предприя-

тия № 87 от 18 мая 2020 г. в качестве СТО 3.3-2020 «Процессы и методы спутниковых определений при выполнении геодезических работ в ГСК–2011». С 25 июня 2020 г. он является обязательным к применению для всех структурных подразделений акционерного общества.

Целью данного стандарта является улучшение качества и эффективности геодезических работ с применением методов спутниковых определений, а также повышение технологической дисциплины и упрощение подготовки технических заданий и руководящих технических указаний к исполняемым контрактам. Он определяет требования к использованию постоянно действующих спутниковых дифференциальных геодезических станций, постоянно действующих пунктов ФАГС, что в дальнейшем может быть применено к пунктам федеральной сети ДГС, планируемой к созданию в 2021 г. в рамках программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Данный стандарт устанавливает основные требования к процессам и средствам технологического обеспечения геодезических работ по определению координат объектов с использованием данных глобальных спутниковых навигационных систем, а также основные требования к методам спутниковых определений координат в ГСК–2011.

Он включает девять разделов и пять приложений. В разделе «Термины, определения, сокращения и обозначения» приводятся 37 терминов с пояснениями и ссылками на действующие федеральные законы РФ, национальные стандарты РФ [2, 3, 9, 10] и межгосударственные стандарты [6] в области применения глобальных навигационных спутниковых систем. Отдельные разделы посвящены

требованиям к процессам подготовки, выполнения и обработки спутниковых наблюдений, а также к составу и хранению отчетных материалов по результатам спутниковых определений. Девятый раздел посвящен контролю выполнения спутниковых определений и приемке результатов выполненных работ.

В двух справочных приложениях приводятся погрешности координат пунктов государственной геодезической сети (ГГС) и международной спутниковой геодезической сети (ITRF), а также общие сведения о методах спутниковых определений координат и их погрешностях. Два обязательных приложения устанавливают требования к объему данных при спутниковых определениях относительным методом в статическом режиме и к продолжительности синхронных сеансов спутниковых наблюдений в статическом режиме. В пятом справочном приложении приведена форма журнала спутниковых наблюдений.

Красной линией через весь СТО проходит требование о необходимости и порядке использования постоянно действующих пунктов ФАГС, закрепляющих систему координат ГСК–2011.

В рамках работы по ключевым направлениям деятельности АО «Роскартография» также ведется разработка и внедрение других стандартов организации, обеспечивающих технологические процессы при создании геодезической, топографической и картографической продукции.

Так, в ноябре 2019 г. АО «Роскартография» при активном участии дочерних обществ разработало и утвердило стандарт организации для использования беспилотных летательных аппаратов при проведении аэрофотосъемки и созданию

цифровых ортофотопланов масштаба 1:2000, который устанавливает ряд параметров и требований. В частности, требования к комплексам технологических средств, к подготовительным работам, проектированию аэрофотосъемки и плано-высотной подготовке аэрофотоснимков, к аэрофотосъемочным работам, первичной обработке данных аэрофотосъемки, камеральной фотограмметрической обработке данных аэрофотосъемки и фотограмметрическим работам по созданию цифровых ортофотопланов (ЦОФП), составу и качеству результатов работ по созданию ЦОФП, а также к составлению технического и информационного отчетов.

В феврале 2020 г. был разработан и утвержден стандарт организации, регламентирующий требования к процессам создания цифровых топографических планов (ЦТП) масштаба 1:2000, а также цифровых топографических планов открытого пользования (ЦТП ОП) масштаба 1:2000. СТО устанавливает общие требования к процессам создания ЦТП, а также ЦТП ОП, включая требования к исходным картографическим, дополнительным и справочным материалам и требования к содержанию основных этапов работ и технологическим процессам, выполняемым при создании ЦТП и ЦТП ОП. Разработка данного стандарта стала результатом анализа одного из основных видов деятельности предприятия — выполнения работ по созданию государственных топографических карт и государственных топографических планов. Топографические планы масштаба 1:2000 являются одним из наиболее востребованных видов крупномасштабной картографической продукции и используются для решения большого количества задач, включая задачи кадастрового учета, территориального плани-

рования, градостроительной деятельности и муниципального управления. В соответствии с установленными требованиями к единой электронной картографической основе (ЕЭКО), в состав сведений ЕЭКО включаются, в том числе, цифровые топографические планы открытого пользования масштабов 1:2000.

В феврале 2020 г. был разработан стандарт, устанавливающий требования к отображению государственной границы РФ, границ между субъектами РФ и границ автономных округов на цифровых топографических картах и планах различных масштабов при создании и обновлении цифровой картографической продукции.

Положения всех утвержденных СТО обязательны для применения структурными подразделениями предприятия, а также могут использоваться организациями, выполняющими работы по договору с АО «Роскартография» в соответствии с принятыми обязательствами и условиями их исполнения. А их применение осуществляется с учетом принципов, предусмотренных ст. 4 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего СТО соответствующее уведомление будет опубликовано на официальном сайте АО «Роскартография» в сети Интернет.

В целях установления технических требований и разъяснения методов преобразования координат при выполнении работ по плано-высотной подготовке аэрофотоснимков и фотограмметрической обработке ведется разработка СТО по методам преобразования координат и высот, который в настоящее время находится на стадии общественного обсуж-



дения и дальнейшего утверждения. На официальном Интернет-портале АО «Роскартография» размещена дискуссионная площадка для специалистов, которые могут обсудить разрабатываемые обществом проекты стандартов организации. Ознакомиться с действующими СТО и проектами разрабатываемых СТО может любой специалист отрасли по ссылке — <https://www.roscartography.ru/o-kompanii/licenzii-dokumenty/>, перейдя в раздел «Стандарты предприятия». Чтобы дать свои предложения и принять участие в дискуссии, достаточно зарегистрироваться. Кроме этого, в АО «Роскартография» ведется разработка стандартов, устанавливающих требования к процессам топографической аэрофотосъемки, а



также к техническому контролю производственных процессов геодезических, топографических, картографических работ и приемке их результа-

тов.

#### ▼ Список литературы

1. ГОСТ Р 53607-2009 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ.
2. ГОСТ Р 53864-2010 Глобальная навигационная спутниковая система. Сети геодезические спутниковые. Термины и определения.
3. ГОСТ Р 52928-2010 Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 55536-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Общие требования к фундаментальным геодезическим параметрам.

5. ГОСТ 32449-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Станция контрольно-корректирующая локальная гражданского назначения. Технические требования.

6. ГОСТ 32453-2017 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек.

7. ГОСТ Р 56408-2015 Глобальная навигационная спутниковая система. Сети геодезические спутниковые. Общие требования.

8. ГОСТ Р 57374-2016 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС). Технические условия.

9. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

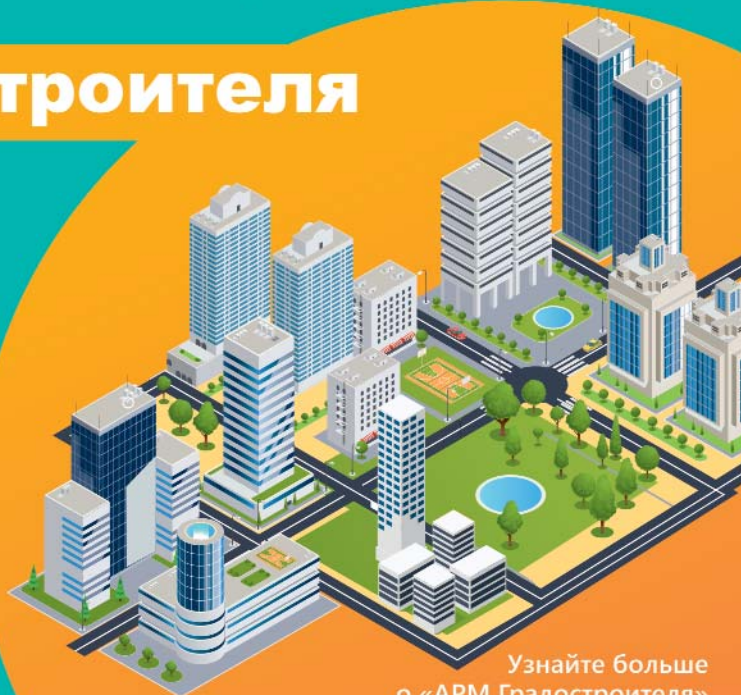
10. ГОСТ 22268-76 Геодезия. Термины и определения.

## Комплект программ

# АРМ градостроителя

- Автоматизация работы органов архитектуры и градостроительства
- Упрощение процессов подготовки и выдачи документов ИСОГД
- Помощь в принятии управленческих решений о развитии городской территории

АО КБ «Панорама» Россия, г. Москва  
тел.: +7 (495) 739-0245,  
[panorama@gisinfo.ru](mailto:panorama@gisinfo.ru)



Узнайте больше  
о «АРМ Градостроителя»  
здесь: [gisinfo.ru/urban](http://gisinfo.ru/urban)

# СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРКТИКЕ

**В.В. Глушков (МФТИ)**

В 1977 г. окончил геодезический факультет Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева, в 1983 г. — очную адъюнктуру в 29-ом Научно-исследовательском институте Министерства обороны СССР. В 2004–2009 гг. — заместитель директора по научной работе в Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Одновременно в 2004–2015 гг. — профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ). В 2015–2016 гг. — профессор Московского технологического университета (МИРЭА), с 2017 г. — профессор Московского физико-технического института (государственного университета). Доктор географических наук, доктор технических наук.

Общеизвестно, что Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) — это богатейший залежами жидких, газообразных и твердых полезных ископаемых регион, это Северный морской путь (СМП), это форпост нашей страны за полярным кругом. В связи с этим в настоящее время Арктика становится важнейшим объектом морской промышленно-экономической деятельности. Последняя должна осуществляться с проведением необходимого комплекса конкретных мер по обеспечению ее безопасности, включая навигационную.

Требования к точности получения навигационной информации, в том числе и в полярных регионах, изложены в Резолюции Международной морской организации (ИМО) А.915(22). В соответствии с этими требованиями операции, выполняемые в ходе промышленного освоения Арктики (обеспечение плавания ледоколов и судов ледового класса по фарватерам и рекомендованным путям, системам разделения движения и в других районах с ограниченными возможностями маневрирования; ледокольная проводка

специальных и транспортных судов на трассах СМП; исследования морского дна, сейсморазведка, разработка нефтегазовых и других месторождений на арктическом континентальном шельфе; выполнение промерных и дноуглубительных работ, обследования акваторий и подводных каналов к портам; прокладка трубопроводов и др.), требуют обеспечения определения координат с точностью не хуже 1 м [1, 2]. Учитывая климатическую специфику Арктики, реализовать такую точность в полярных широтах можно только с помощью спутниковых навигационных технологий.

Положительные результаты первых опытов навигации морских судов и обеспечения их связи с помощью спутниковых технологий в условиях Арктики были получены в начале 1970-х гг., когда была принята в эксплуатацию советская спутниковая навигационная система 1-го поколения «Цикада» — первая в мире совмещенная навигационно-связная спутниковая система. Одним из первых успешных применений этой системы в высоких полярных широтах стало ее использование при навигационном обес-

печении атомного ледокола «Арктика» во время его знаменитой экспедиции на Северный географический полюс в 1977 г. В условиях, когда штатные судовые радиотехнические системы позволяли определять координаты судна не точнее 6–7 км, традиционная мореходная астрономия в Арктике была совершенно неприемлемой, а морские навигационные карты были не вполне качественные, данные системы «Цикада» сыграли определяющую роль в этом политически важном мероприятии [3].

С вводом в эксплуатацию в 1995 г. отечественной глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) ГЛОНАСС появилась возможность решать навигационную задачу (т. е. определять координаты, скорость, время, направление движения судна и др.) с более высокой, чем прежде, точностью [4]. В связи с этим для обеспечения навигации на арктических ледоколах и судах ледового класса наряду с гироскопическими и магнитными компасами, радиолокационными станциями, традиционными средствами навигации (гироскопический компас, лага, эхолота) стала





**Рис. 1**  
Главный модуль ЭКНИС Navi-Sailor 4000

эффективно использоваться штатная бортовая навигационная аппаратура потребителя (БНАП), работающая по сигналам, излучаемым спутниками систем ГЛОНАСС (РФ) и GPS (США) [5].

Важно отметить, что наличие на морских судах такой спутниковой аппаратуры, — это не дань моде. В соответствии с Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море безусловным требованием, касающимся всех судов, является оснащение их БНАП ГЛОНАСС/GPS [6]. Однако на современных арктических ледоколах и судах ледового класса такая аппаратура без интеграции с другими системами навигации, опознавания, оповещения, связи и т. п. почти не используется. Процесс судовождения на указанных судах автоматизирован и осуществляется с помощью электронно-картографических навигационных информационных систем (ЭКНИС).

Конструктивно и функционально ЭКНИС, например, система Navi-Sailor 4000 [7] («Транзас», Санкт-Петербург) пред-

ставляет собой рабочий пост ходовой рубки судна (рис. 1) и является альтернативой традиционным мореходным средствам навигации и аналоговым (бумажным) картам. Она предназначена для информационного обеспечения и содействия безопасности плавания морских судов, в том числе в условиях Арктики, за счет интеграции электронных навигационных и ледовых карт, космическим ледовой обстановки, полученных в онлайн-режиме, данных автоматической идентификационной системы, гидрометеорологической информации, международной автоматизированной системы оповещения (НАВТЕКС), автопилота, навигационных датчиков (БНАП ГЛОНАСС/GPS, береговых радионавигационных систем и др.).

ЭКНИС, наглядно отображая на мониторе главного модуля электронные навигационную и ледовую карты, дает полную информацию о местоположении судна в данный момент, оказывает помощь штурману в планировании движения по заданному маршруту, контроле его прохождения и корректировке, прогнозировании возможных ситуаций во время плавания.

Как известно, в России, особенно в последнее десятилетие, имеет место тенденция наращивания объема работ по обследованию и оценке существующих и перспективных запасов полезных ископаемых в Северном Ледовитом океане. Изучение любого месторождения начинается с проведения геофизических исследований, в том числе сейсморазведки. Однако ее выполнение без качественного навигационного обеспечения, необходимого для точного позиционирования и корректного нанесения обследованных территорий на карту, невозможно. Поэтому навигация судна (источника сигналов сейсмораз-

ведки) осуществляется также с помощью спутниковых технологий. Судовой исследовательский комплекс обычно состоит из БНАП ГЛОНАСС/GPS, приборов определения глубины дна и курса судна, а также аналого-цифрового преобразователя для подачи управляющего импульса в контроллер акустических пушек [8].

Что касается навигационного оборудования воздушных судов полярной авиации (самолетов, вертолетов, экранопланов и др.), то основное требование к нему — это высокоточное, автономное, высокоскоростное определение местоположения, учитывающее не только и не столько координаты воздушного судна, а прежде всего его направление движения, курс и тангаж (угол наклона), линейное и угловое ускорения. Причем формат представления навигационной информации должен быть также разнообразный. Это и визуальное отображение обстановки на экранах многофункционального индикатора, текущие угловые координаты на авиагоризонте, цифровой формат на стрелочных указателях и табло курса и скорости, а также автоматический учет всех данных в бортовых компьютерах, управляющих пилотажно-навигационным комплексом с «привязкой» к цифровой карте местности [9].

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25 августа 2008 г. № 641 [10] воздушные, морские и речные суда, наземный автомобильный и железнодорожный транспорт, в том числе эксплуатируемые в Арктике, должны быть оснащены БНАП ГЛОНАСС или БНАП ГЛОНАСС/GPS. Например, модернизированные вертолеты Ми-8 МТВ — штатные средства тактической авиаразведки на ледоколах и судах ледового класса — оборудованы БНАП ГЛОНАСС/GPS. Поэтому такая

спутниковая аппаратура, создаваемая на отечественных предприятиях, занимает важное место в структуре бортовых комплексов воздушных судов. Кроме того, что БНАП ГЛОНАСС/GPS используется для определения текущего местоположения и обеспечения навигации по маршруту, ее данные являются основой для таких систем обеспечения безопасности полета, как TAWS (система предупреждения о приближении к земле), АЗН-В (аппаратура зависимого наблюдения и вещания), системы спутникового мониторинга и др. [9].

Воздушные суда дополнительно оборудуются бесплатформенными инерциальными навигационными системами (БИНС) — новым поколением автономных навигационных систем. БИНС позволяет любому воздушному судну ориентироваться в пространстве при отсутствии сигналов от наземных или спутниковых навигационных систем, при отказе компасов и другого бортового навигационного оборудования. Например, в Арктике, где в некоторых районах полностью отсутствуют искусственные и естественные ориентиры, БИНС просто незаменим — пилот (штурман) воздушного судна будет всегда точно знать в каком месте находится управляемый им аппарат, где расположен аэродром базирования, как проложить к нему оптимальный маршрут и пр. [9].

В последние годы БНАП ГЛОНАСС/GPS, например, корабельная серия «АКВА-БОРТ-12» (АО «Российский институт радионавигации и времени») (рис. 2), также активно используется для определения координат дрейфующих станций типа «Северный полюс» (СП) [11]. Это, в свою очередь, позволило существенно улучшить качество изучения дна Северного Ледовитого океана. Так, если раньше

координаты СП определялись по маршруту дрейфа астрономическими методами и по современным меркам довольно грубо, чем вносили свою отрицательную лепту также в несовершенный способ измерения глубин методом сейсмозондирования (точность определения глубины дна океана составляла 800–1200 м), то с использованием БНАП ГЛОНАСС/GPS, а также более совершенной аппаратуры измерения глубин (например, эхолот-профилографа) указанная точность составляет около 20 м [8].

Начиная с 2009 г., на российских дрейфующих станциях типа СП стали использоваться также и беспилотные воздушные суда (БВС): на «СП-36»-«СП-40» — БВС «Элерон-3» (рис. 3), изготовленное АО «Эникс» (Казань) [12].

«Элерон-3» — это БВС самолетного типа, которое обеспечивает проведение тактической (ближней) разведки и мониторинг ледовой обстановки в радиусе до 15 км на высоте полета до 3 км. При максимальной взлетной массе 3,5 кг «Элерон-3» может нести полезную нагрузку до 0,5 кг, в состав которой может входить ТВ-камера, ИК-камера, цифровая фотокамера, ретранслятор, станции радиотехнической разведки и др. Для обеспечения навигации, а также регистрации текущих параметров (плоские координаты, высота полета, скорость, время и др.) БВС оснащен малогабаритным БНАП ГЛОНАСС/GPS.

На наземном транспорте (автомобилях, вездеходах, болотоходных тракторах, снегоходных тягачах и др.), который широко применяется на континентальной части Арктики и некоторых островах Северного Ледовитого океана, также устанавливают БНАП ГЛОНАСС/GPS. Так, на острове Земля Александры архипелага

Земля Франца-Иосифа, где размещена самая северная российская пограничная застава «Нагурское», кроме жилого комплекса и специальной инфраструктуры нет никаких ориентиров и видимость там зимой нередко нулевая, весьма эффективны и потому очень востребованы БНАП НТ-1813 (АО «Российский институт радионавигации и времени») (рис. 4).

С начала 2000-х гг. в Арктике начали активно применяться спутниковые технологии и при высокоточном определении координат стационарных объектов (точность выше 1 м). Первый опыт такого применения был накоплен в рамках развертывания контрольно-корректирующих станций (ККС) Системы



Рис. 2  
БНАП ГЛОНАСС/GPS «АКВА-БОРТ-12»



Рис. 3  
БВС «Элерон-3» (<http://enics.aero/>)





Рис. 4  
БНАП ГЛОНАСС/GPS HT-1813

дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), которая, как известно, входит в состав подсистемы средств функциональных дополнений системы ГЛОНАСС и участвует в доведении до потребителей корректирующих поправок к результатам измерений, уточненной эфемеридно-временной информации, данных о нарушении целостности навигационного обеспечения и о качестве работы ГНСС. Основной компонентой ККС является двухчастотная геодезическая навигационная аппаратура потребителя (ГНАП) ГЛОНАСС/GPS. На северной части Евразийского континента и на некоторых близлежащих к нему островах уже развернута целая сеть ККС, практически полностью обслуживающих СМП [13].

В период активного развертывания сети ККС выяснилось — по мере дальнейшего освоения месторождений Арктики и продвижения промыслов в более высокие арктические широты эффективность использования ГНСС существенно снижается. В частности, зона уверенного приема сигналов с геостационарных спутников (высота полета около 36 тыс. км) ограничивается географической параллелью порядка 70° с. ш., а при реализации дифференциального режима спутниковых определений имеет место пространственная деградация

корректирующих поправок. В этих условиях потребовалось изыскивать новые подходы, позволяющие решать задачи навигационного обеспечения объектов в высоких полярных широтах с требуемой точностью.

ГНАП ГНСС в Арктике входит также в состав и другого технического оборудования, функционирующего на основе спутниковых технологий и решающего различные высокоточные задачи в интересах социально-экономического развития страны и укрепления ее национальной безопасности:

- пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), предназначенной для установления и распространения единой геоцентрической системы координат на всю территорию РФ, поддержания ее на уровне современных и перспективных требований, эфемеридного обеспечения спутников систем ГЛОНАСС и GPS;

- пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС), создаваемой по мере необходимости фрагментами, в первую очередь, в экономически развитых районах страны, и предназначенной для дальнейшего распространения единой геоцентрической системы координат на всю территорию РФ и уточнения параметров ее ориентирования, создания исходной основы для геодезических построений последующих классов, изучения поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;

- пунктов спутниковой геодезической сети (СГС), предназначенной для установления, поддержания, обновления и распространения государственных и местных систем координат, определения параметров фигуры и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;

- беззапросных измерительных станций (БИС) — на-

земных опорных станций, предназначенных для непрерывного слежения за сигналами спутников ГНСС с целью измерения текущих навигационных параметров, приема навигационных сообщений от них, регистрации результатов измерений и навигационных сообщений и передачи данных в Центр глобальной системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации;

- наземных измерительных пунктов — пунктов, объединенных единым командованием, системой единого времени, едиными системами управления, связи, передачи и обработки информации;

- командно-измерительных пунктов — пунктов или соответствующей инфраструктуры, осуществляющих или обеспечивающих управление спутниками на орбите;

- командно-измерительных комплексов — совокупности средств и служб, с помощью которых осуществляется управление полетом ракет-носителей, спутников и других космических объектов.

К сожалению, БНАП и ГНАП в полярных регионах функционируют не всегда безукоризненно. Подтверждением тому стала накопившаяся за последние десятилетия статистика внезапных отказов и сбоев в их работе, приводящих, соответственно, к значительному понижению точности навигации подвижных объектов и координатно-временных определений стационарных пунктов.

В результате проведенных исследований коллективами ученых и специалистов из АО «Российские космические системы», других организаций космического приборостроения было выявлено, что БНАП и ГНАП изначально создавались для работы преимущественно в средних широтах с умеренными температурой, географически-

ми условиями и климатом. Например, согласно действующим руководствам для пользователя температура окружающей среды в период эксплуатации такой аппаратуры должна быть не ниже  $-35-40^{\circ}\text{C}$ , в условиях же более низкой температуры упомянутая аппаратура начинает работать со сбоями, нередко имеют место механические повреждения подвижных деталей и др. В программном обеспечении аппаратуры, как оказалось, реализованы математические модели тропосферы и ионосферы, построенные на основе изученности характера распространения радиоволн только в средних географических широтах, что приводило к грубым ошибкам в определении координат (БНАП, ГНАП) и искаженному отображению маршрута движения объекта на дисплее БНАП [14]. Требования же по стойкости такой аппаратуры к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов (обледенение, вибрация (БНАП), изморозь, сильные ветры, отсутствие условий для качественного заземления (ГНАП), вредное воздействие полярного сияния, радиации, геомагнитного поля, магнитных аномалий и др.) и меры противодействия им в этих руководствах отражены не были. Именно это и стало причиной некорректной работы навигационной аппаратуры в полярных регионах и даже выхода ее из строя. Очевидно, что БНАП и ГНАП, предназначенные для использования в экстремальных условиях полярных широт, в отличие от аналогичной аппаратуры, предназначенной для использования в более мягком климате средних широт, должны обладать особым набором характеристик, которые наряду с безотказностью определяют

ее надежность в процессе эксплуатации в Арктике.

Между тем БНАП и ГНАП, специально разработанных для использования в полярных регионах по требованиям, предъявляемым к радиоэлектронной аппаратуре «полярного исполнения», в нашей стране пока еще нет, как нет и соответствующих национальных и международных стандартов. Однако первые практические шаги в этом направлении уже сделаны. Так, в 2017 г. в структуре Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта) был создан Технический комитет по стандартизации № 187 (ТК187) «Проведение исследований в полярных регионах», основная деятельность которого направлена на развитие научно-технического приоритета Российской Федерации при проведении исследований в Арктике и Антарктике.

Автор данной статьи является членом образованного комитета. В 2018 г. по его инициативе были предложены к разработке проекты национальных стандартов: ГОСТ Р «Полярное исполнение. Требования к стационарной (опорной) аппаратуре потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Специальные требования» (под указанной аппаратурой подразумевается ГНАП ГНСС) [15] и ГОСТ Р «Полярное исполнение. Требования к бортовой аппаратуре потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Специальные требования» [16]. Основной целью их разработки является регламентация: общих требований, предъявляемых к ГНАП и БНАП на стадии их проектирования и разработки (к основным характеристикам, метрологическому и программному обеспечению, надежности, составным частям, комплектности, безопасности); специаль-

ных требований по стойкости ГНАП и БНАП к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов; правил результативного и высокоэффективного использования ГНАП и БНАП в полярных регионах.

Разрабатываемые стандарты предназначены для использования в качестве нормативных документов при испытаниях навигационной аппаратуры «полярного исполнения» на соответствие заданным техническим и эксплуатационным характеристикам. Организационно-разработчиками этих стандартов, согласно Программе национальной стандартизации России на 2019–2020 гг., стали АО «Российские космические системы» и АНО НИЦ «Полярная инициатива».

Указанные стандарты разработаны, прошли этапы рецензирования и общественных обсуждений и находятся в стадии подготовки к утверждению в Росстандарте.

Важно подчеркнуть, что новым стандартам присущи только им свойственные особенности, в том числе и разделы, в которых отражены специальные требования по стойкости ГНАП и БНАП к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов. Автором разработаны таблицы со специальными требованиями для ГНАП и БНАП «полярного исполнения» [15].

*Таблицы и список литературы приведены в электронной версии данной статьи, размещенной на сайте журнала [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru).*





# СЪЕМКА ФАСАДОВ ЗДАНИЯ БЮДЖЕТНОЙ БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОСЪЕМОЧНОЙ СИСТЕМОЙ. ТЕСТ НА ПРИМЕНИМОСТЬ

**Р.Р. Барков** (НГК «Горный»)

В 1995 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в УГПП «Спецгеофизика», с 1996 г. — в ФГУ «РостестМосква», с 2000 г. — в ФГУП «Уренгойфундаментпроект», с 2004 г. — в НПК «Йена Инструмент», с 2006 г. — в ООО «Центр Инженерных Геотехнологий», с 2016 г. — в ООО «ПТЕРО», с 2019 г. — в ООО «Фотометр». В настоящее время — главный маркшейдер ООО «НГК «Горный».

**Е.С. Читалова** (Санкт-Петербургский государственный университет)

В 2018 г. окончила строительный факультет Санкт-Петербургского горного университета с присвоением квалификации бакалавр по направлению «землеустройство и кадастры». В настоящее время — студентка III курса магистратуры Санкт-Петербургского государственного университета по направлению «землеустройство и кадастры».

Результаты геодезической съемки фасадов строящихся или реконструируемых зданий широко применяются для контроля геометрических параметров, а также для расчета объемов строительных материалов при проектировании. Традиционным методом съемки фасадов является тахеометрическая съемка. За последние 10–15 лет появились многочисленные примеры применения таких современных технологий, как наземное лазерное сканирование и цифровая стереофото-съемка. Имеется много публикаций, посвященных каждому из этих методов или их комбинациям [1]. Однако, целью исследований, в основном, являлось доказательство высокой точности съемки сложных архитектурных элементов, как правило, в целях реставрации памятников или создания моделей объектов культурного наследия.

Действительно, при использовании современных методов

обеспечивается высокая точность получения геометрических параметров снимаемого объекта, которая может составлять несколько миллиметров. Но способы достижения такой точности достаточно трудоемки. И если при работе с объектами культурного наследия такие трудозатраты, дополняемые использованием мощных компьютеров для обработки, в большинстве своем, оправданы, то при строительстве типового многоэтажного здания требуется оперативно получать результаты. А условия работы на строительной площадке позволяют эффективно использовать лишь простые способы, не требующие многократных перемещений и установки громоздкого оборудования.

Одним из направлений, позволяющих оперативно получать пространственные данные о строящемся здании, является аэросъемка цифровой фотокамерой, установленной на бес-

пилотном летательном аппарате. Такие работы выполняются дистанционно, без необходимости присутствия исполнителя на территории строительной площадки, что является преимуществом перед другими методами. Количество времени, затрачиваемое на аэросъемку и на тахеометрическую съемку, практически одинаковое. А сопоставимы ли погрешности измерений?

Для ответа на этот вопрос специалисты компании «Фотометр» выполнили техническое исследование. Его задачей являлось сравнение точности пространственных данных, полученных тахеометрическим и фотограмметрическим методами, а также определение возможности создания исполнительного плана элементов фасада по снимкам, полученным при помощи бытовой цифровой фотокамеры, размещенной на бюджетном беспилотном летательном аппарате

мультироторного типа (квадрокоптере), после их фотограмметрической обработки. В качестве объекта для проведения исследования были выбраны фасады строящегося в Москве семнадцатизэтажного дома, входящего в жилой комплекс «Преображение».

Исполнительный план фасада здания необходим для дальнейших проектных работ с учетом уже построенных основных конструкций. Допустимая погрешность отображения элементов фасада в плане, согласно строительным правилам [2], определяется планом производства геодезических работ (ППГР). В нашем случае она составляла 5 мм.

Для фотограмметрической обработки материалов аэро съемки на фасаде здания и земной поверхности размещались опорные знаки (опознаки), которые легко можно обнаружить на снимках. Поскольку данные тахеометрической съемки и аэро съемки должны быть выполнены в единой локальной системе координат геодезической опорной сети строительной площадки, было принято решение исключить влияние погрешностей создания опорной сети на конечные результаты. Для этого тахеометрическую съемку точек на фасаде и определение координат опознаков выполнял один и тот же геодезист подрядной строительной организации с одних и тех же точек опорной геодезической сети. Таким образом, возможные различия координат одноименных точек фасада здания, полученных по данным тахеометрической съемки и по цифровой модели, созданной в результате фотограмметрической обработки, позволили бы определить «в чистом виде» отклонения, обусловленные только точностью каждого из этих методов.

Съемка проводилась цифровой фотокамерой с матрицей

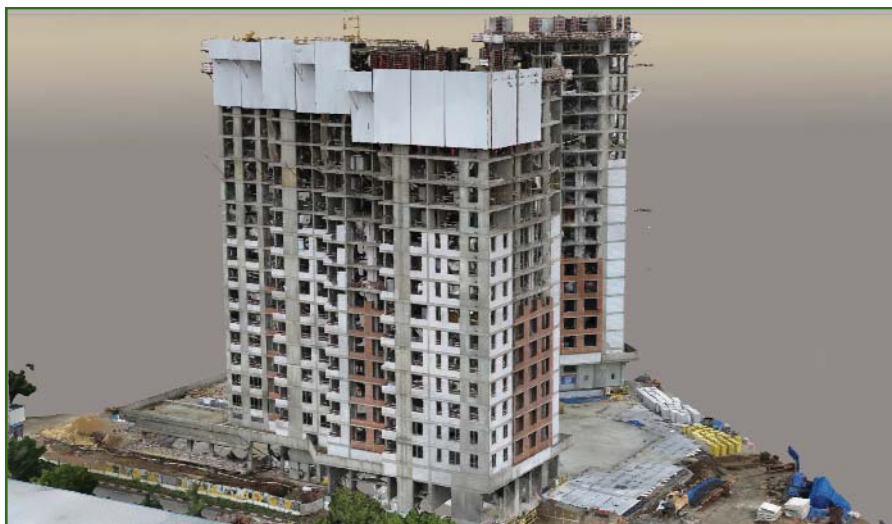


Рис. 1

Трехмерная цифровая модель здания в программе ContextCapture

Exmor R CMOS с диагональю 1 дюйм и разрешением 20 Мпикселей, установленной на квадрокоптере DJI Phantom 4 Pro. Для управления квадрокоптером при аэро съемке и планировании маршрутов использовалась программа DJI Ground Station Pro, установленная на планшет Apple. В данной работе преднамеренно не использовалась зеркальная или, тем более, метрическая цифровая камера. Рассматривалась допустимость применения именно бюджетной беспилотной аэро съемочной системы, уже ставшей популярной у массового потребителя.

Двенадцать опознаков, установленных на фасаде здания, использовались при маршрутной аэро съемке камерой с наклоном для получения перспективных снимков фасада, а опознаки на земной поверхности (4 штуки) — при маршрутной аэро съемке камерой в надири. Опознаки были пронумерованы так, чтобы цифры легко различались на снимках.

Маршруты были построены таким образом, чтобы продольное перекрытие снимков составляло не менее 80%, а поперечное — не менее 60%.

Для аэро съемки был выбран день с наиболее благоприятными условиями для этого вида работ — облачная погода без ветра и осадков.

Аэро съемка выполнялась в автоматическом режиме, при этом координаты центров фотографирования определялись с навигационной точностью при помощи бортового спутникового приемника. Общее количество аэро снимков составило 1672.

Фотограмметрическая обработка снимков проводилась при помощи программного обеспечения ContextCapture компании Bentley Systems. Выбор данной программы был обусловлен требованиями к высокой детальности и скорости построения цифровой модели фасада здания и его специализацией для строительной отрасли (согласно концепции Bentley Systems), что наиболее полно отвечало поставленной задаче.

В программе ContextCapture была выполнена аэротриангуляция и трансформация снимков, построена трехмерная цифровая модель фасада строящегося здания в виде нерегулярной триангуляционной сетки (TIN) в местной



системе координат строительной площадки (рис. 1).

На модель по координатам были нанесены точки фасада здания, определенные тахеометрическим методом. Эти точки не участвовали при трансформации модели и были приняты в качестве контрольных точек для сравнительной оценки точности фотограмметрического и тахеометрического методов. Контрольные точки были распределены по блокам в соответствии с типами поверхности стен фасада. Выделено пять типов поверхностей: фронтальные панели, боковые панели, стены из кирпичей, стены из газоблоков и перекрытия (межэтажные и межблочные). На каждом типе поверхностей случайным образом было отобрано по 20 контрольных точек и измерены отклонения от модели — кратчайшие расстояния от точек до TIN-поверхности. Наложение данных тахеометрической съемки на модель и измерение отклонений проводилось в программе OpenRoads Designer компании Bentley Systems (рис. 2).

При статистической обработке полученных отклонений контрольных точек был вы-

явлен их систематический рост с возрастанием этажности, причем этот эффект начал проявляться с седьмого этажа и выше. Это не вызывает удивления, так как известно, что с увеличением угла наклона зрительной трубы тахеометра растет погрешность измерения координат, обусловленная как увеличением лазерного луча безотражательного тахеометра, так и резко возрастающим влиянием неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы и оси вращения прибора. Кроме того, в этих условиях ошибки, вызванные неправильным визуальным наведением на точки, подлежащей съемке, в несколько раз превосходят расчетную точность работ [3]. По этой причине для получения корректных выводов по результатам сравнительной оценки точности методов были использованы только данные, полученные до седьмого этажа включительно.

Статистическая обработка проводилась отдельно по каждому блоку данных (типу поверхности). Вычислялись средние значения отклонений, отклонения каждой величины от среднего значения, дисперсии среднего квадратического

отклонения ( $\sigma$ ). Была выполнена проверка на подчинение значений  $\sigma$  закону нормального распределения, для чего определены функции плотности вероятности, которые для наглядности приведены на графиках (рис. 3 и 4).

По фронтальным и боковым панелям, а также по перекрытиям, в целом, разброс величин подчинялся закону нормального распределения, при этом наблюдались случаи небольшого отклонения гистограмм в ту или иную сторону (рис. 3).

На нерегулярных поверхностях (участки стен из кирпича и газоблоков) имелись уже явные проявления систематических погрешностей (рис. 4).

На наш взгляд, это вызвано двумя основными факторами:

1) в то время как геодезист при измерениях выбирал контрольные точки в оконных проемах на углах газоблоков, программа в некоторых местах не смогла в оконных проемах построить верхнюю грань газоблока — вместо прямого угла получалась фаска;

2) геодезист при съемке стены не всегда скрупулезно следит за положением оси визирного луча и произвольно

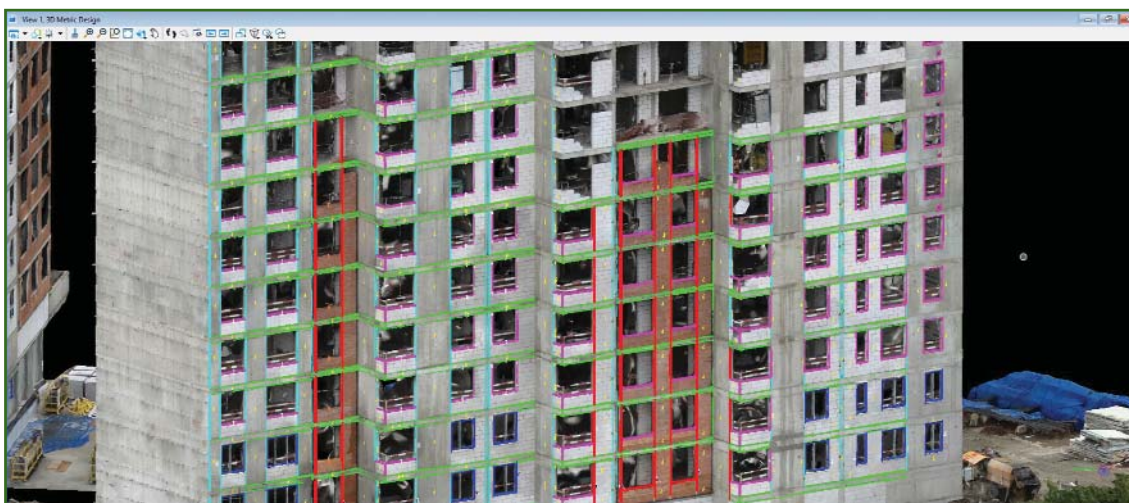


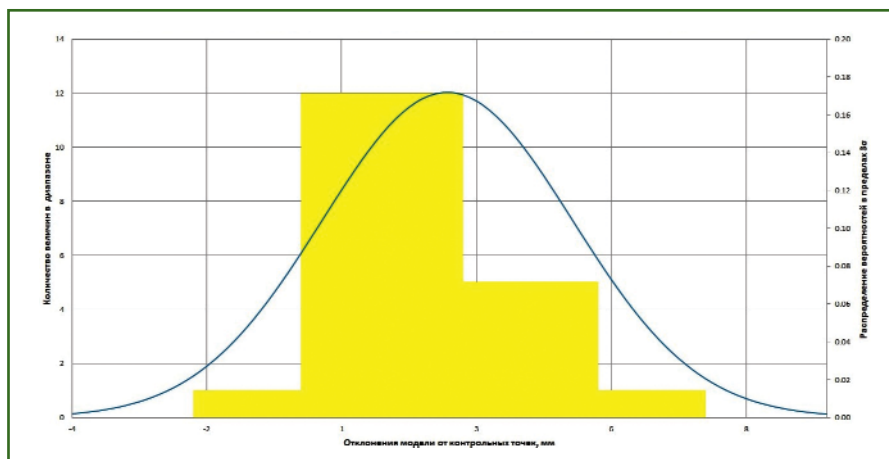
Рис. 2

Совмещение исполнительного чертежа (тахеометрия) и модели (фотограмметрия)

попадает в щели, выбоины и отверстия, в то время как программа игнорирует промежутки между блоками и швы между кирпичами, не строит сколы кирпичей и т. п., сглаживая нерегулярную поверхность.

При этом необходимо заметить, что основная часть результатов все же легла «в одну корзину», а большие отклонения от среднего значения носят характер единичных флуктуаций (см. таблицу). Если исключить их из обработки, то распределение случайных величин будет лучше подчиняться закону нормального распределения.

Относительно нерегулярных поверхностей можно сделать вывод о том, что фотограмметрический метод дает лучшие



**Рис. 3**  
Распределение величин отклонений модели от контрольных точек на фронтальных панелях здания

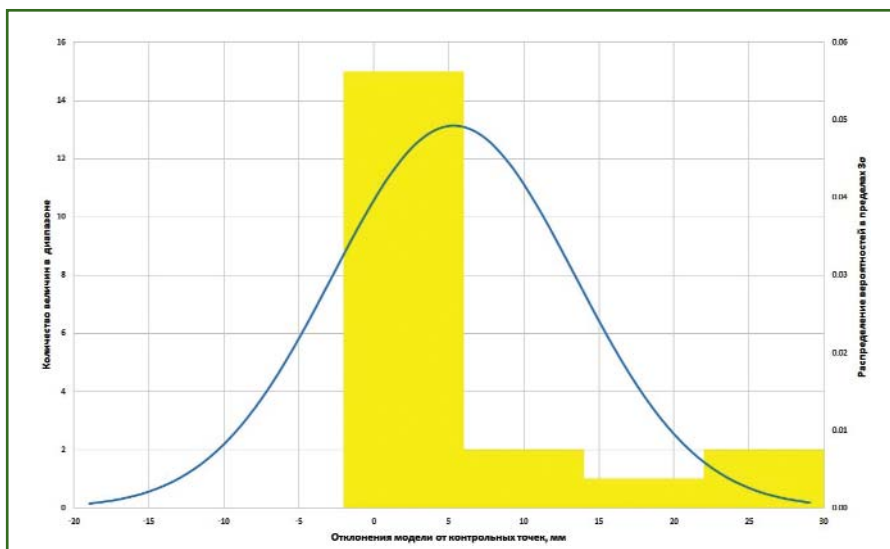
результаты при съемке стен фасадов из кирпича и газоблоков, чем тахеометрический, так как усредняет поверхность стены и не учитывает мелкие

выбоины. При этом особое внимание следует уделить верхней грани газоблоков в проемах — для таких участков как при выполнении тахеометрической

**Отклонения контрольных точек от цифровой модели фасада, построенной фотограмметрическим методом**

Номера контрольных точек	Отклонения контрольных точек от цифровой модели фасада, мм				
	Фронтальные панели	Боковые панели	Стены из кирпича	Стены из газоблоков	Перекрытия
1	1,0	7,5	29,0	0,3	4,2
2	1,0	12,6	12,0	3,0	9,8
3	1,5	11,9	0,0	8,5	3,3
4	1,0	11,4	3,0	5,3	1,6
5	2,1	9,0	1,0	7,6	7,5
6	4,3	9,7	2,0	7,7	3,3
7	6,4	15,1	0,0	20,5	1,9
8	1,4	7,3	0,0	12,6	0,3
9	4,9	7,3	2,0	10,3	3,0
10	3,8	5,0	0,0	1,8	3,0
11	1,3	12,8	0,0	3,0	0,0
12	0,6	13,3	5,0	1,0	1,0
13	2,4	7,8	0,0	2,0	3,0
14	3,0	9,2	24,0	1,0	1,0
15	10,1	9,7	1,0	0,0	2,0
16	1,6	10,0	9,0	1,0	3,0
17	1,0	7,2	1,0	2,0	0,0
18	3,0	15,0	14,0	1,0	0,0
19	0,0	1,0	4,0	0,0	1,0
20	2,0	2,2	0,0	0,0	2,0
<b>Среднее</b>	<b>2,62</b>	<b>9,25</b>	<b>5,35</b>	<b>4,43</b>	<b>2,55</b>





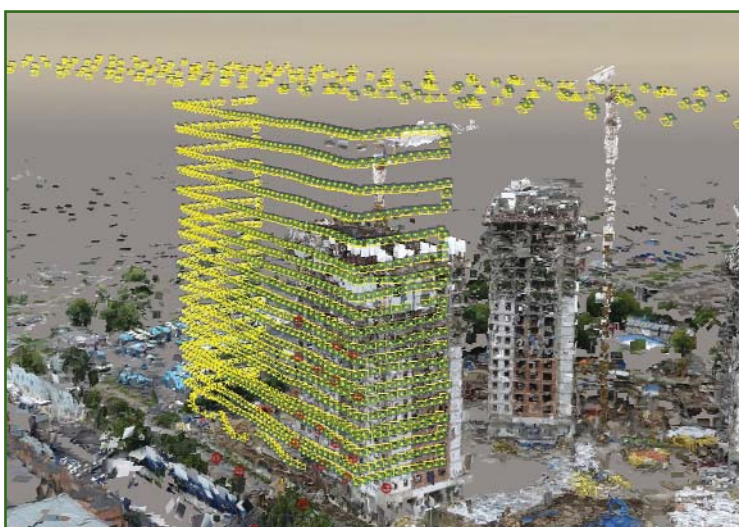
**Рис. 4**  
Распределение величин отклонений модели от контрольных точек на участках стен здания из кирпича

съемки, так и при аэросъемке, необходимо подбирать другие параметры.

Большинство полученных отклонений укладывается в пределы допустимой погрешности, определенной ППГР. Необходимо обратить внимание на величины, находящиеся за этими пределами.

Про особенности построения модели стен из кирпича и газоблоков уже было сказано выше, поэтому рассмотрим результаты, полученные на боковых панелях.

Выявленные на боковых панелях величины отклонений от модели объясняются особенностями маршрутов аэросъемки, использовавшихся в настоящей работе. Эти маршруты планировались так, чтобы наилучшим образом охватить все фронтальные поверхности фасадов (рис. 5). При этом незначительным по площади боковым поверхностям не было уделено достаточного внимания, в результате чего они оказались покрыты меньшим количеством снимков. Это, в свою очередь,



**Рис. 5**  
Точки положения фотокамеры при выполнении аэросъемки

привело к снижению качества модели и, как следствие, к меньшей точности ее построения.

Таким образом, выполненное техническое исследование позволяет говорить о допустимости использования для съемки фасадов высотных зданий бюджетной беспилотной аэросъемочной системы, оснащенной не метрической цифровой фотокамерой, но при условии четкого соблюдения методики сбора данных и их обработки, включая корректное построение полетных заданий. Поскольку нормативные документы по созданию моделей зданий и сооружений фотограмметрическими методами в настоящее время еще не разработаны, исходя из нашего опыта, при определении параметров аэросъемки следует использовать рекомендации разработчика программного обеспечения. А при выборе самого программного обеспечения для фотограмметрической обработки — обращать внимание на детальность построения модели небольших конструктивных элементов.

Также можно сделать вывод о том, что для съемки фасадов верхних этажей зданий фотограмметрический метод с использованием беспилотной аэросъемочной системы обеспечивает меньшую погрешность по сравнению с методом тахеометрической съемки.

#### ▼ Список литературы

1. Галахов В.П. Разработка методики создания векторных моделей объектов по результатам наземного лазерного сканирования и цифровой фотосъемки. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М., 2012.
2. СП 126.13330.2017 Геодезические работы в строительстве. СНиП 3.01.03-84.
3. Валтонен Д.А. Съемка фасадов зданий с помощью электронных тахеометров // Геопрофи. — 2010. — № 1. — С. 25–29.

# TRIMBLE PROPOINT — МАРКЕТИНГОВЫЙ ХОД ИЛИ НОВЫЙ УРОВЕНЬ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИЕМНИКОВ ГНСС?

**М.Ю. Караванов** (Московское представительство Trimble)

В 1984 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». После окончания института работал в МИИГАиК, с 1993 г. — в Ashtech, с 1994 г. — в компании ПРИН. С 2001 г. работает в Московском представительстве Trimble, в настоящее время — ведущий инженер.

**С.Ю. Крыжановский** (ГБУ «Мосгоргеотрест»)

В 2000 г. окончил МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания университета работал в ЗАО «Центр прикладной геодинамики». С 2001 г. работает в ГБУ «Мосгоргеотрест», в настоящее время — главный геодезист отдела инженерной геодезии.

В ноябре 2019 г. компания Trimble представила новый спутниковый приемник Trimble R12 (рис. 1). Внешне он ничем не отличается от своих предшественников — Trimble R10 моделей 1 и 2 (R10-1 и R10-2). Технические характеристики, батареи, коммуникационные порты, аксессуары — все идентично. Более того, внутри R12 установлен точно такой же чипсет, как и в R10-2. Главным отличием R12 от R10 является встроенное программное обеспечение.

В приемниках Trimble R10 моделей 1 и 2 используется алгоритм решения задачи фазо-

вых измерений под названием HD-GNSS (подробнее см. Геопрофи. — 2019. — № 4. — С. 9–11). В приемнике Trimble R12 реализован новый алгоритм решения задачи фазовых измерений ProPoint, обеспечивающий повышенную точность и ускоренную сходимость решения, особенно в сложных условиях приема спутниковых сигналов, благодаря использованию различных комбинаций ГНСС-сигналов (включая новые, с модуляцией AltBOC) всех созвездий и диапазонов (включая E6, B3, L6).

Помимо абсолютно нового процессора сигналов ГНСС, приемник Trimble R12 также оснащен расширенным набором средств обнаружения и борьбы с внешними и внутренними радиочастотными помехами и многолучевостью.

1. Защита от влияния ложных сигналов (спуфинга) осуществляется по нескольким направлениям: алгоритм цифровой обработки DSP выявляет имитированный сигнал, изолирует и отбрасывает его, прежде чем он будет учтен в решении. Од-

новременно ведется контроль за резкими изменениями параметров орбит и координат, а для повторного захвата спутников используются узкие окна поиска.

2. Улучшенный алгоритм контроля качества решения (RAIM) служит для определения и отбраковки проблемных спутниковых измерений. Благодаря большому числу избыточности, приемник имеет возможность определять измерения, которые явно не соответствуют текущему решению. Каждый вновь отслеживаемый спутник любого созвездия ГНСС перед включением в обработку сначала проходит дополнительные тесты и немедленно удаляется из решения, если не соответствует ему.

3. Усовершенствованная технология подавления многолучевости Trimble Everest Plus обеспечивает повышенную точность координат по сравнению с предшествующей Everest за счет использования большего набора данных для фильтрации измерений псевдодальностей. Это позволяет точнее оценить величину многолучевости и



**Рис. 1**  
Приемник ГНСС  
Trimble R12





Рис. 2

Условия наблюдений в районе тестирования: Trimble R10-2 (слева) и Trimble R12 (справа)

избавиться от ее негативного влияния до вычисления координат точек процессором.

При этом компания Trimble, выпустив приемник R12, заявила об увеличении производительности работ на 30% при съемке в режиме RTK в сложных условиях приема спутниковых сигналов.

#### ▼ Предварительное тестирование

Для проверки этого утверждения сотрудники Московского представительства Trimble в декабре 2019 г. провели тестирование характеристик приемника Trimble R12.

В непосредственной близости от офиса представительства был установлен высокоточный роботизированный тахеометр, и методом обратной засечки определены его координаты в режиме комбинированной съемки. Затем в районе офиса было выбрано и с помощью тахеометра измерено 14 точек разной степени сложности. Точность определения координат каждой точки в плане и по высоте не превысила 2 см.

Эти точки одновременно измерялись двумя приемниками ГНСС — R10-2 и R12 (рис. 2). В качестве базовой

станции использовался мультисистемный приемник ГНСС ФАЗА+, расположенный на крыше здания офиса.

Предварительное тестирование показало, что в решении по новому алгоритму ProPoint (R12) используется на 3–7 спутников больше, чем по HD-GNSS (R10-1 и R10-2), быстрее обеспечивается сантиметровая точность координат, которая стабильнее удерживается в условиях городской застройки.

Однако для более надежной количественной оценки уровня производительности приемника R12 и реальной точности результатов требовалось использовать большее количество точек и выполнять измерения на каждой из них, что привело к необходимости проведения новых испытаний на специально созданном для этого полигоне.

#### ▼ Условия тестирования

Целью тестирования было проверить: увеличится ли производительность и точность полевых измерений при использовании нового алгоритма ProPoint по сравнению с использованием алгоритма HD-GNSS в сложных городских условиях. Для этого результаты,

полученные приемником Trimble R12, сравнивались с результатами измерений предыдущими поколениями приемников — Trimble R10-1 и Trimble R10-2, выполненных на тех же точках.

Уточним, что под сложными условиями приема сигналов спутников ГНСС авторы понимают места, где приемник отслеживает достаточное количество спутников для достижения минимальных требований по точности, но при этом прием сигналов может быть частично ограничен или сигналы могут быть искажены из-за отражения от деревьев, зданий и других объектов.

Выполняя измерения любым спутниковым приемником на территории с плотной городской застройкой, крайне сложно получить точное фиксированное решение в режиме RTK (RTK-решение) вблизи зданий. Причиной этому является наличие большого количества препятствий: здания, деревья, навесы над входом в здание, заборы и т. п., которые напрямую влияют на количество получаемых решений. Высотные здания закрывают небосвод, приемник получает решение от крайне ограниченного количества спутников ГНСС при плохой геометрии их расположения, а отражения сигналов спутников от различных поверхностей влияет на точность RTK-решения.

Производители спутникового оборудования стремятся непрерывно улучшать алгоритмы обработки принимаемых сигналов спутников ГНСС для достижения удовлетворительного результата за адекватное время измерений. Однако, в погоне за скоростью получения решения, некоторые из них жертвуют точностью конечного результата. Поэтому для объективного определения качества измерения требу-

ется правильная методика сравнения.

К сожалению, большинство используемых тестов имеют методические упущения. Например, твердая уверенность в том, что «фиксированное» — это на 100% точное решение. Или в том, что указанные рядом с координатами цифры с показателем оценки точности — это и есть истинная, объективная оценка. Проводимые сравнения часто основаны на однократных измерениях всего лишь нескольких точек, без «сброса» инициализации между измерениями, а анализ точности выполняется по внутренней сходимости определенных координат.

Следует также отметить, что в ходе полевых работ исполнителю важно не только получить высокую точность, но и сэкономить время на выполнение измерений. Поэтому в качестве одного из условий при тестировании было принято следующее — если в течение 30 секунд после начала измерений на точке оценка точности координат превышает 0,05 м в плане и по высоте, то такие результаты признаются ошибочными.

Чтобы избежать подобных огрехов, авторы решили создать тестовый полигон из более сотни эталонных точек с различным уровнем сложности приема сигналов навигационных спутников и выполнить измерения несколькими приемами в разное время.

Для подготовки тестового полигона и проведения измерений Московское представительство Trimble обратилось за помощью в одну из наиболее авторитетных организаций России, имеющую значительный опыт геодезических работ, — ГБУ «Мосгоргеотрест».

#### ▼ Тестовые испытания на полигоне

В качестве исполнителя от ГБУ «Мосгоргеотрест» выступил



**Рис. 3**  
Трехмерная модель района тестирования

главный геодезист отдела инженерной геодезии С.Ю. Крыжановский. Подготовка полигона и тестирование проводились в январе 2020 г.

В качестве места для сравнения технологий был выбран типовой район в центре Москвы, на улице Школьной, недалеко от площади Рогожской Заставы.

В 1980-х гг. из этой улицы хотели сделать пешеходную зону, которая должна была стать «вторым Арбатом». Но в связи с началом перестройки в СССР планы не были реализованы полностью, и проект ограничили только реставрацией зданий. В 2019 г. состоялась вторая попытка организации «второго Арбата», которая ока-

залась более успешной. На этой улице будто объединились две эпохи: дореволюционная и современная — двухэтажные старинные здания расположены в окружении 22-этажной советской застройки (рис. 3).

Почему был выбран именно этот район для создания тестового полигона? Опытные геодезисты еще на этапе предварительного обследования объекта уверенно определяют насколько возможно выполнить работы с помощью приемников ГНСС и планируют: съемку каких участков лучше выполнять тахеометром, а каких — приемником ГНСС. По нашей оценке, на выбранном объекте около 50% точек можно было уверенно измерить спутниковыми при-



**Рис. 4**  
Схема хода для определения координат эталонных точек





Рис. 5

Примеры расположения эталонных точек: самые сложные (вверху); средней сложности (внизу)

емниками, а остальные — доснять тахеометром. Кроме того, улица Школьная — пешеходная, а это является важным преимуществом при проведении геодезических измерений.

Для определения координат эталонных точек на объекте тестирования с помощью высокоточного тахеометра был проложен ход (рис. 4) и привязан к пунктам Опорной геодезиче-

ской сети города Москвы (ОГС Москвы). Опорные точки хода измерялись в режиме статика. Строгое уравнивание результатов измерений проводилось в программах Trimble Business Center и Star\*Net.

В районе тестирования было выбрано и замаркировано 115 эталонных точек, которые являются характерными точками: углы бордюров, входные группы в здания (крыльцо, металлические навесы), осветительные столбы, отдельно стоящие деревья (расположение некоторых эталонных точек на тестовом полигоне можно посмотреть в электронной версии данной статьи, размещенной на сайте журнала [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru)).

Все точки принципиально выбирались в непосредственной близости к зданиям и были разделены на две группы по сложности определения: самые сложные (входные группы зданий с металлическим козырьком) — 15 точек (рис. 5а) и средней сложности — остальные 100 точек (рис. 5б).

Координаты всех эталонных точек (в плане и по высоте) определили тахеометром с точностью не хуже 1 см. В результате был создан эталонный полигон для тестирования приемников ГНСС.

Координаты эталонных точек определялись в двух режимах:

- от сети базовых станций СНГО Москвы в двухсистемном (ГЛОНАСС, GPS) режиме RTK;

- от одиночной мультисистемной (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Beidou) базовой станции, расположенной на крыше здания офиса Московского представительства Trimble (приемник ГНСС ФАЗА+), в мультисистемном режиме RTK.

В тестировании участвовали приемники R10-1, R10-2 и R12. Контроллер, программное обеспечение Trimble Access



2019 и настройки измерений были полностью идентичными. Датчики наклона приемников во всех сериях были выключены.

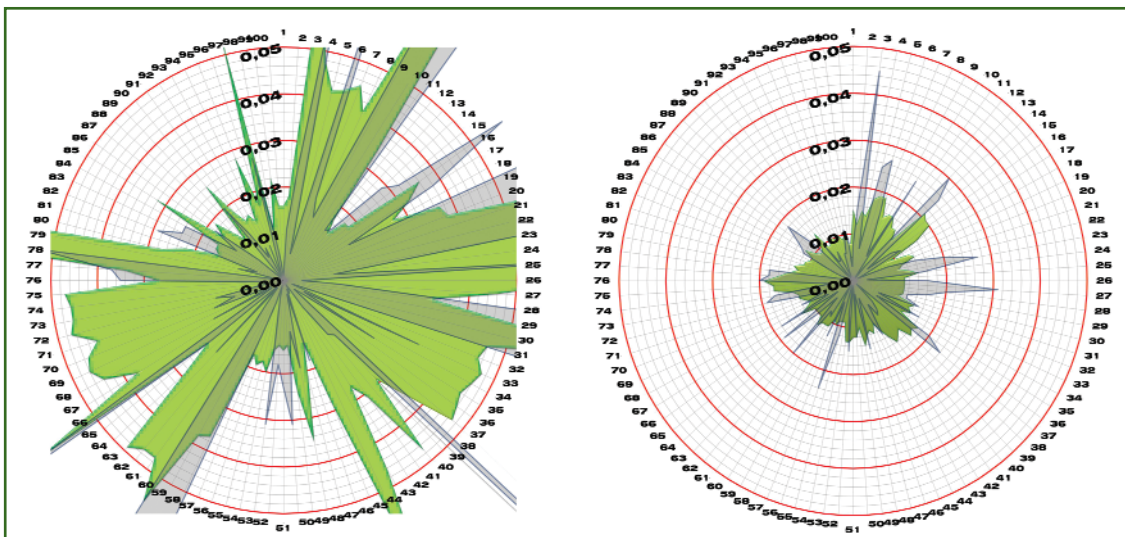
На всех эталонных точках было выполнено 6 наборов измерений спутниковыми приемниками (на каждой точке выполнялось по 3 измерения). Напомним, что для наблюдений на каждой точке выделялось ограниченное время — не более 30 секунд на сходимость решения.

При выполнении полевых измерений оценка точности проводилась по значениям среднеквадратических отклонений (СКО) координат (в плане и по высоте). В камеральных условиях вычислялись разности в координатах эталонных точек,

Результаты измерений на самых сложных эталонных точках

Таблица 1

Критерий точности	Двухсистемный режим RTK			Мультисистемный режим RTK		
	HD-GNSS R10-1	HD-GNSS R10-2	ProPoint R12	HD-GNSS R10-1	HD-GNSS R10-2	ProPoint R12
СКО не более 0,05 м в плане и по высоте	2 из 15	2 из 15	2 из 15	3 из 15	0 из 15	7 из 15
Разность эталонных и фактических координат не более 0,05 м	1 из 15	1 из 15	1 из 15	2 из 15	2 из 15	4 из 15
Удовлетворяют двум критериям точности	0 из 15	1 из 15	1 из 15	2 из 15	0 из 15	4 из 15



**Рис. 6**

*Истинные ошибки по высоте и оценки точности в полевой программе для алгоритмов HD-GNSS (слева) и ProPoint (справа) на эталонных точках средней сложности*

полученных в режиме RTK, и определенных тахеометром. Точки, у которых СКО или разности координат превышали 0,05 м, признавались ошибочными. Для окончательной оценки принимались точки, удовлетворяющие двум критериям точности.

Результаты измерений для 15-ти самых сложных эталонных точек (входные группы зданий с металлическими козырьками) представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что приемник R12 при работе в мультисистемном режиме показал несколько лучшие результаты. Очевидно, это связано с тем, что

в обработке с помощью процессора ProPoint участвует большее число сигналов спутников ГНСС.

Результаты измерений для 100 эталонных точек средней сложности приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что приемник Trimble R12 с алгоритмом ProPoint при работе как в двухсистемном, так и в мультисистемном режиме показал хорошие результаты практически на всех эталонных точках.

Полученные результаты точности измерения высоты приемниками R10-1, R10-2 и R12 также продемонстрировали заметное преимущество алго-

ритма ProPoint. На рис. 6 представлены диаграммы истинных ошибок по высоте (области серого цвета) и предварительной оценки точности в полевой программе (области зеленого цвета) на эталонных точках средней сложности, для разных алгоритмов.

На диаграммах видно как увеличение точности результатов, так и повышение надежности оценки точности при использовании нового алгоритма решения задачи фазовых измерений ProPoint, реализованного в приемнике ГНСС Trimble R12. Важно отметить, что эти данные получены в

**Результаты измерений на эталонных точках средней сложности**

**Таблица 2**

Критерий точности	Двухсистемный режим RTK			Мультисистемный режим RTK		
	HD-GNSS R10-1	HD-GNSS R10-2	ProPoint R12	HD-GNSS R10-1	HD-GNSS R10-2	ProPoint R12
Количество точек, удовлетворяющих заданному критерию точности						
СКО не более 0,05 м в плане и по высоте	65 из 100	88 из 100	100 из 100	89 из 100	78 из 100	100 из 100
Разность эталонных и фактических координат не более 0,05 м	73 из 100	74 из 100	98 из 100	75 из 100	76 из 100	99 из 100
Удовлетворяют двум критериям точности	59 из 100	64 из 100	98 из 100	71 из 100	69 из 100	99 из 100



реальных городских условиях из большой выборки измерений. По нашему мнению, такой результат говорит об увеличении эффективности обработки спутниковых сигналов при получении RTK-решения.

#### ▼ Дополнительное тестирование

На одной из эталонных точек (назовем ее точка № 8) при определении высоты приемником R12 в мультисистемном режиме RTK точность превысила 0,05 м (см. табл. 2). На этой точке было решено провести дополнительный эксперимент — многократные измерения (рис. 7).



Рис. 7

Условия наблюдений на точке № 8 при многократных измерениях

Было выполнено подряд 100 измерений приемником R12 в мультисистемном режиме RTK. СКО и разности между эталонным значением и измеренными в плане и по высоте не превысили 0,05 м. Абсолютно все измерения удовлетворяют двум критериям точности. Для сравнения аналогичные измерения были выполнены приемником R10-2, который не справился с поставленной задачей.

На рис. 8 представлены результаты оценки точности плановых координат при многократных измерениях на точке № 8 приемником R12 и приемником R10-2. Центр всех окружностей — эталонная координата точки. Радиус каждой окружности — 0,01 м, 0,02 м и т. д.

На рис. 9 представлены разности между измеренной и эталонной высотой точки № 8 при многократных измерениях приемниками R12 и R10-2. По оси абсцисс приведен порядковый номер измерения, а по оси орди-

нат — разность между измеренной и эталонной высотой.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы и высказать предложения.

Проведенные тестовые испытания приемника ГНСС Trimble R12 говорят о качественном скачке при получении RTK-решения за счет нового алгоритма обработки спутниковых сигналов.

Реализованный в приемнике ГНСС Trimble R12 алгоритм обработки спутниковых сигналов ProPoint при работе мультисистемном в режиме RTK (GPS, ГЛОНАСС, Galileo и Beidou) в сложных городских условиях показал эффективность на 30–40% выше, чем алгоритм HD-GNSS в приемниках ГНСС Trimble R10. Точность плановых и высотных координат в этих же условиях также повышается минимум в два раза, а их оценки в полевой программе стали надежнее и согласованнее с истинной погрешностью координат измеренных точек.

Конечно, технологии не стоят на месте, и многие производители совершенствуют алгоритмы обработки сигналов ГНСС в геодезическом спутниковом оборудовании. Было бы очень интересно в будущем провести аналогичные тестовые испытания спутниковых приемников других производителей.

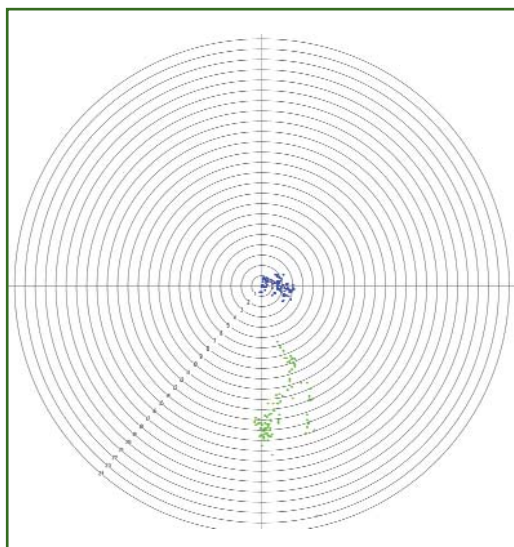


Рис. 8

Графическое представление точности плановых координат точки № 8, измеренных приемниками R12 (точки синего цвета) и R10-2 (точки зеленого цвета)



Рис. 9

Графическое представление разностей между измеренной и эталонной высотой точки № 8 приемниками R12 и R10-2

# PHASEONE PAS280MP — НОВЫЙ КРУПНОФОРМАТНЫЙ АЭРОСЪЕМОЧНЫЙ КОМПЛЕКС

Ю.Г. Райзман (Phase One Industrial, Дания)

В 1980 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист», а в 1985 г. — аспирантуру ЦНИИГАиК по специальности «фотограмметрия». После окончания аспирантуры работал в Ташкентском аэрогеодезическом предприятии ГУГК СССР, с 1992 г. — в Геодезической службе Израиля, с 2008 г. — в компании VisionMap Ltd. (Израиль). С 2017 г. по настоящее время — научный консультант компании Phase One Industrial и директор компании GeoCloud Ltd.

## ▼ Новое поколение аэросъемочных камер

Компания Phase One Industrial разработала и выпустила новую метрическую крупноформатную камеру iXM-RS280F (рис. 1), которая предлагается как самостоятельное решение, так и в составе аэросъемочного комплекса PAS280MP. За счет интеграции двух матриц и двух объективов, а также использования специального программного обеспечения камера позволяет получать одиночное изображение центральной проекции размером 280 Мпикселей из двух вертикальных снимков по 150 Мпикселей (табл. 1).

Камера iXM-RS280F может поставляться с программным обеспечением для управления полетом, дополнительным периферийным оборудованием или как OEM-компонента.

Комплекс PAS280MP позволяет сформировать готовую к использованию аэросъемочную систему, включающую камеру или камеры (необходимой конфигурации), гиросtabilизирующую платформу, навигационный комплекс и программное обеспечение для проведения аэросъемки.

Разнообразие камер и объективов, предлагаемых компанией Phase One Industrial, по-

зволяет комбинировать на одной платформе разные по возможностям и назначению аэросъемочные системы (рис. 2). Используя один и тот же набор периферийного оборудования — гиросtabilизирующую платформу DSM400, контроллер MK4 и навигационный комплекс Arplanix, пользователь может самостоятельно дополнить его камерой (камерами) с требуемым фокусным расстоянием и спектральными характеристиками, создав аэросъемочную систему под задачи конкретного проекта.

Например, для аэросъемки значительных по площади межселенных территорий идеально подойдет система, оснащенная камерой iXM-RS280F. Для съемки лесных массивов или сель-

скохозяйственных угодий эту же систему можно дополнить камерой iXM-RS150F NIR для получения снимков в ближнем ИК-диапазоне. А для аэросъемки городов с ограничениями высоты полета — использовать камеру iXM-RS150F RGB, оснащенную объективом с фокусным расстоянием 110–300 мм с возможностью получения снимков с высоким разрешением.

Компания Phase One Industrial на основе комплекса PAS280MP поставляет два типа аэросъемочных систем (их технические характеристики приведены в табл. 2):

— система PAS280MP RGB включает два объектива с фокусным расстоянием 90 мм для получения изображений в RGB (рис. 3);



Рис. 1  
Камера iXM-RS280F



Основные параметры аэросъемочных систем на основе комплекса PAS280MP

Таблица 1

Наименование параметров	Значения параметров	
	PAS280MP RGB	PAS280M RGB + 4-Band
<i>Камеры</i>		
Тип камеры	iXM-RS280F RGB	iXM-RS280F RGB + iXM-RS150F NIR
Количество объективов	2	2 + 1
Фокусное расстояние, мм	90	90 + 50
Поперечный и продольный угол поля зрения, °	45,7/32,9	
Действующее отверстие объектива (апертура)	f/5,6–f/11	
Тип затвора	Центральный	
Выдержка, с	От 1/2000 до 1/125	
Скорость съемки	1 кадр каждые 0,5 с	
Светочувствительность, ISO	50–6400	
Динамический диапазон, дБ	83	
Спектральные характеристики изображения	RGB	RGB + NIR
<i>Матрица изображения КМОП</i>		
Размер пикселя, мкм	3,76	
Размер матрицы, пиксель	14 204x10 652	
<i>Кадр изображения (снимок)</i>		
Геометрия изображения	Центральная проекция	
Размер изображения в поперечном и продольном направлениях, пикселей	20 150x14 118	
Общий размер изображения, Мпиксель	284	
Цвет изображения	RGB	RGB, NIR, CIR, 4-band
Коэффициент паншарпенга (RGB/NIR)	Только RGB	1:1,8
Типичный размер снимка, Мбайт	813	1100
Формат изображения	PhaseOne RAW, TIFF, JPEG	
<i>Периферийное оборудование</i>		
iX контроллер МК4	До 6 отдельных портов USB3	
Мониторы (пилота и оператора)	2	
Гиростабилизирующая платформа	SOMAG DSM400	
Навигационный комплекс (ГНСС + ИНС)	Applanix	
Программное обеспечение	Планирование полета Управление камерой и обработка снимков Управление полетом (навигация) Редактирование изображения Обработка данных ГНСС	
<i>Системы</i>		
Электропитание, В	28	
Потребляемая мощность, Вт	168	
Размер системы, мм	460x430x440	
Масса системы, кг	31	32,5
Температура, °С	От –10 до +40	
Влажность, %	15–80	
Стандарты (сертификаты)	FCC (Class A), CE, RoHS	

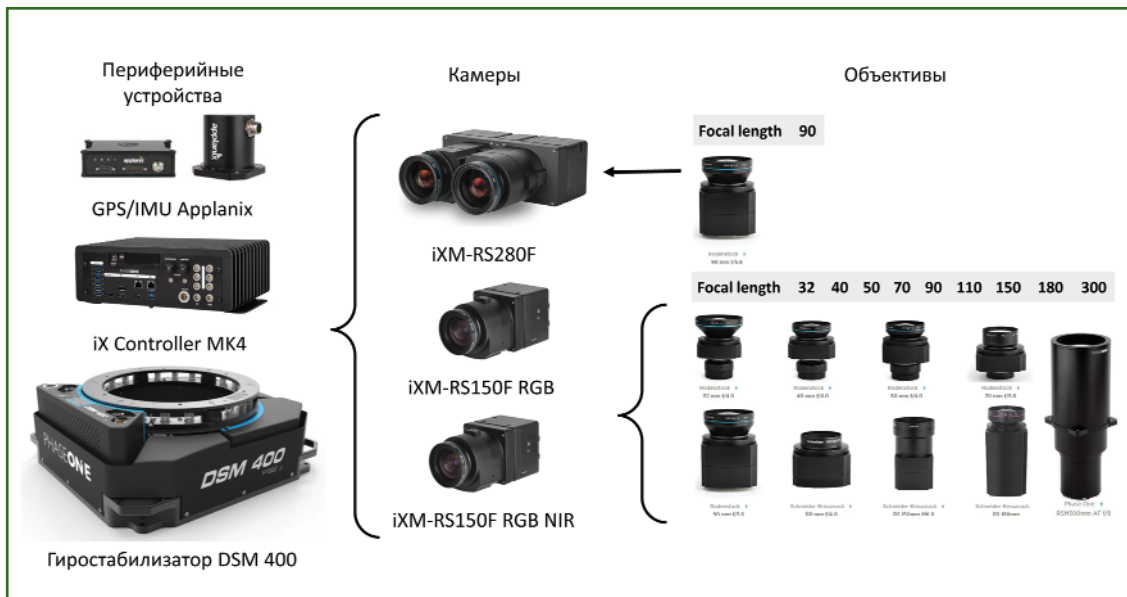


Рис. 2

Периферийное оборудование и камеры, предлагаемые компанией Phase One Industrial

— система PAS280M RGB + 4-Band имеет дополнительный ахроматический 150-мегапиксельный объектив с фокусным расстоянием 50 мм для съемки в ближнем инфракрасном диапазоне и получения четырехполосного изображения (RGB, NIR) и CIR-снимков.

▼ **Контроль смаза изображения**

Качество изображения при аэросъемке определяется, в частности, наличием смаза изображения, которое возникает из-за перемещения камеры во время экспозиции.

Камеры iXM-RS280F оснащены высокочувствительными матрицами КМОП и объективами



Рис. 3

Аэросъемочная система PAS280MP RGB

Максимальная скорость самолета при допустимом смазе изображения в 0,5 пикселя

Таблица 2

Выдержка, с	Максимальная скорость самолета, км/ч			
	GSD = 10 см; H = 2394 м	GSD = 20 см; H = 4787 м	GSD = 30 см; H = 7181 м	GSD = 40 см; H = 9574 м
1/2000	360	720	1 080	1,440
1/1600	288	576	864	1,152
1/1250	225	450	675	900
1/1000	180	360	540	720
1/800	144	288	432	576





Рис. 4

Пример изображения, полученного аэросъемочной системой PAS280MP RGB

с высокоскоростным центральным затвором, который обеспечивает очень короткое время экспозиции — до 1/2000.

Традиционно смаз из-за движения самолета уменьшается компенсацией продольного сдвига изображения. Для ПЗС-матриц используется электронная технология TDI.

Камерам, оснащенным матрицей КМОП, для получения при аэросъемке высококачественных изображений не требуется компенсация продольного сдвига изображения, благодаря гораздо более высокой чувствительности этого типа матриц (83 дБ), более короткому времени экспозиции (1/2000) и передовым технологиям затвора, разрабо-

танным компанией Phase One Industrial (рис. 4).

В табл. 2 показана максимальная скорость самолета при допустимом смазе изображения в 0,5 пикселя в зависимости от выдержки для различных значений наземного разрешения (GSD) и максимальной практической высоты полета (H).

Смаз изображения для разных типов самолетов при полете с крейсерской скоростью на максимальной практической высоте для заданного наземного разрешения при аэрофото съемке с выдержкой 1/1000 приведен в табл. 3.

Таким образом, благодаря новой матрице КМОП и коротко-

му времени экспозиции, высококачественные снимки при аэросъемке могут быть получены без технологии компенсации продольного сдвига изображения.

#### ▼ Анализ эффективности применения аэросъемочной системы PAS280MP RGB

Эффективность аэросъемочных работ выражается следующими показателями: площадь территории аэросъемки за один час полета, расстояние между маршрутами аэросъемки, время, необходимое для съемки территории или количество маршрутов.

Зависимость между высотой полета и наземным разрешением показана на рис. 5.

Смаз изображения при аэросъемке с выдержкой 1/1000 на максимальной практической высоте с крейсерской скоростью самолета

Таблица 3

Тип самолета	Максимальная практическая высота полета, м	Наземное разрешение, см	Крейсерская скорость, км/ч	Смаз изображения, пиксель
АН-2	3800	13	190	0,41
Diamond DA42MPP	4700	16	260	0,45
АН-30	7000	24	430	0,50
King Air C90	9000	31	416	0,37
Ту-134	10 300	35	900	0,71

Производительность аэросъемки при использовании системы PAS280MP RGB

Таблица 4

Наименование параметров	Субъект РФ			
	Москва	Московская область	Хабаровский край	Красноярский край
Площадь, км <sup>2</sup>	2561	44 329	787 633	2 366 797
Наземное разрешение, см	10	20	30	40
Тип самолета	АН-2	KingAir C90	Ту-134	Ту-134
Высота полета, м	2394	4787	7181	9574
Скорость полета, км/час	190	400	700	900
Смаз изображения, пиксель	0,52	0,55	0,65	0,62
Расстояние между маршрутами, м	1612	3224	4836	6448
Производительность аэросъемки для создания ортофотоплана, км <sup>2</sup>	305	1284	3403	5792
Количество маршрутов	32	66	185	240
Общая протяженность маршрутов, км	1600	13 860	164 280	369 120
Общее время полета, ч	10	38	245	425

В табл. 4 приведены результаты расчета эффективности проведения аэросъемочных работ с применением системы PAS280MP RGB для некоторых регионов России.

При расчете производительности аэросъемки одной системой PAS280MP RGB для каждого субъекта были заданы следующие параметры:

— конфигурация территории была представлена в виде квадрата;

— продольное перекрытие составляло 60%, а поперечное — 20%;

— выдержка — 1/1000;

— общее время полета включало затраты времени на развороты между маршрутами (3 минуты на каждый разворот).

В заключение отметим основные особенности и преимущества аэросъемочного комплекса PAS280MP:

— модульность аэросъемочного комплекса обеспечивает решение различных задач;

— широкий диапазон метрических объективов с фокусным расстоянием от 32 до 300 мм позволяет выполнять аэросъемку в разных условиях;

— высокая производительность аэросъемки при высоком наземном разрешении и радиометрическом качестве получаемых изображений;

— высокое качество снимков (изображений) гарантирует высокую точность цифровых ортофотопланов и топографических планов крупных масштабов, создаваемых фотограмметрическим методом;

— небольшие размер и вес аэросъемочного комплекса, а также низкое потребление энергии позволяет использовать широкий спектр летательных аппаратов при аэросъемке.

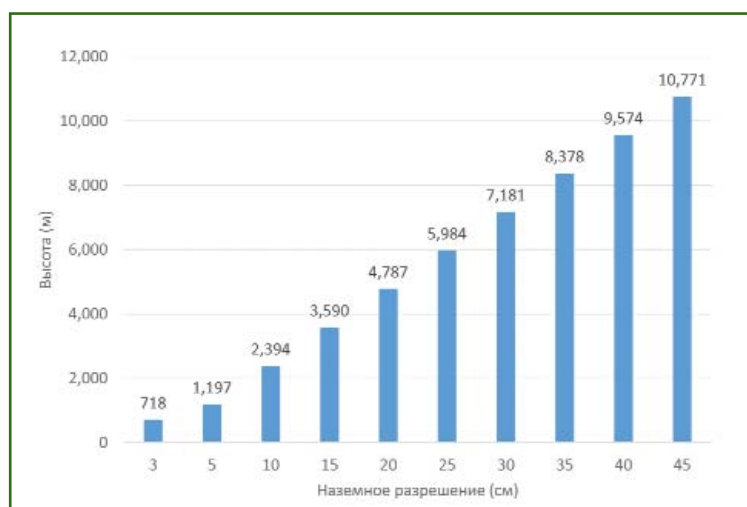


Рис. 5

Максимальная практическая высота полета при аэросъемке системой PAS280MP RGB в зависимости от величины наземного разрешения

# Широкоформатная аэрофотосъёмочная система



Откройте для себя новую систему Phase One 280MP

## Выдающиеся производительность и качество

- Размер снимка более **20.000 пикселей**
- Сокращает **время** выполнения аэрофотосъёмки
- Уменьшает **количество** снимков и маршрутов
- Нет ограничений на продольное перекрытие из-за высокой скорости фотографирования
- Компактная и лёгкая система подходит для использования на **любых самолётах, включая лёгкие**
- Широкий динамический диапазон **83 дБ** позволяет работать в условиях слабого освещения и **увеличивает** возможное **количество часов полёта каждый день**
- Система **обеспечивает наивысшую рентабельность инвестиций** по сравнению с другими широкоформатными системами



Для проектов любого масштаба с наземным разрешением **до 1,5 см**.  
Вес комплекса - **32 кг!** Установка системы - **до 30 мин** одним человеком.

Запросите набор данных из тестовых полетов, чтобы проверить безупречное качество снимков и точность системы Phase One 280MP.  
**Увидеть - значит поверить!**

С уважением,  
Вит Рамбоусек /менеджер по странам СНГ - Phase One Industrial/



# ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УЧАСТИЮ РФ В ЕЕ СОЗДАНИИ

**Г.Г. Побединский** (Российское общество геодезии, картографии и землеустройства)

В 1980 г. окончил геодезический факультет Новосибирского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий) по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал в НИИ прикладной геодезии (Сибгеоинформ, Новосибирск). В 1986 г. окончил аспирантуру ЦНИИГАиК, затем работал в Московском АГП. С 1992 г. — генеральный директор Верхневолжского АГП (Нижний Новгород), с 2006 г. — заместитель руководителя Федерального агентства геодезии и картографии, с 2010 г. — заместитель директора ЦНИИГАиК, с 2012 г. — заместитель генерального директора ОАО «Роскартография», с 2014 г. — директор ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». С 2018 г. — заведующий лабораторией ГИС-технологий и биоинформатики Нижегородского НИИ эпидемиологии и микробиологии (ННИИЭМ) им. академика И.Н. Блохиной. Кандидат технических наук. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ. Член Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства.

**В.И. Кафтан** (Геофизический центр РАН)

В 1971 г. окончил Московский топографический политехникум (в настоящее время — Московский колледж геодезии и картографии), в 1977 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». В настоящее время — главный научный сотрудник лаборатории геодинамики ФГБУН «Геофизический центр РАН». Доктор технических наук.

**В.П. Савиных** (МИИГАиК)

В 1969 г. окончил оптико-механический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-оптик-механик». После окончания института работал в ЦКБЭМ/НПО «Энергия». В 1988 г. избран ректором МИИГАиК, с 2007 г. по настоящее время — президент МИИГАиК. Летчик-космонавт СССР. Совершил три космических полета (1981 г., 1985 г. и 1988 г.). Дважды Герой Советского Союза. Академик РАН по отделению «Науки о Земле», профессор, доктор технических наук.

В российской геодезической литературе в настоящее время отсутствует единое и четкое толкование понятия «Геодезическая система координат». В официальных источниках и научно-технических изданиях можно найти различные и даже противоречивые определения этого термина. За рубежом соответствующая терминология также неоднозначна и не упорядочена.

Справочник стандартных (нормативных) терминов «Геодезия, картография, топогра-

фия, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные» [1] приводит несколько определений, близких к термину «Геодезическая система координат».

**Геодезические координаты** — три величины, характеризующие ориентировку референц-эллипсоида в теле Земли и определяющие взаимную ориентировку основных плоскостей и осей астрономической и геодезической систем координат (ГОСТ 22268-76. Гео-

дезия. Термины и определения).

**Геоцентрические координаты** — величины, определяющие положение точки в системе координат, у которой начало совпадает с центром масс Земли (ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения).

**Геодезическая система координат** — система координат, в которой положение объекта описывается геодезическими широтой и долготой, а в трехмерном пространстве —

геодезической высотой (ГОСТ Р 52572-2006 «Географические информационные системы. Координатная основа. Общие требования»).

Термин «Система геодезических координат» использовался в нормативных документах по установлению систем координат СК-42 [2], СК-95 [3], а термин «Геодезическая система координат» — в нормативных документах по установлению системы координат ГСК-2011 [4, 5], но определение этих терминов не давалось. В настоящее время существует некоторая терминологическая неопределенность такого основополагающего понятия как «Геодезическая система координат», возникшая после введения ГОСТ Р 52572-2006, который соответствует международному стандарту ISO 19111:2003 «Geographic information — Spatial referencing by coordinates».

ГОСТ Р 52572-2006 прямо вводит следующие понятия.

**Геодезическая отсчетная основа (геодезическая основа)** — совокупность геодезических пунктов (или иных объектов — носителей координат) и соответствующих значений координат.

**Геодезическая система координат** — система координат, в которой положение объекта описывается геодезическими широтой и долготой, а в трехмерном пространстве — геодезической высотой.

**Геодезические даты** — набор параметров, описывающих связь координатной системы с Землей.

**Исходные даты** — термин, обобщающий геодезические, высотные и местные даты. Примечание: даты определяют положение начала, масштаб и ориентировку осей системы координат по отношению к Земле.

**Координата** — число из упорядоченного набора  $N$  чи-

сел, описывающих положение пункта в  $N$ -мерном пространстве.

**Координатная основа** — совокупность данных, обеспечивающих описание местоположения с использованием координат.

**Координатная система отсчета** — система координат, связанная (для задач, регламентируемых настоящим стандартом) с Землей исходными датами.

**Система координат** — набор математических правил, описывающих, как координаты должны быть соотнесены с точками пространства.

ГОСТ Р 52572-2006, как и ISO 19111:2003, не регламентирует вопросов создания, использования и периодического уточнения глобальных (общеземных) и национальных систем координат, и предназначен исключительно для пространственного описания объектов в геоинформационных системах, но термины этого стандарта не совсем корректно применяют в геодезии.

В отечественной геодезии принято обобщающее понятие системы координат, как совокупности математических правил, исходных дат, закрепленных на местности пунктов геодезических сетей и каталогов координат.

Этот подход был сформулирован ученым с мировым именем Г.В. Демьяновым в период работ по созданию государственной геодезической системы координат 2011 года (ГСК-2011) в статье «Геодезические системы координат, современное состояние и основные направления развития» [6] и в более поздних публикациях [7–12]. Наиболее лаконичное определение термина «Геодезическая система координат» сформулировано в статье [8–10]:

*«Геодезическая система координат — геодезическая*

*категория, определяемая совокупностью двух факторов: математических правил, декларативно описывающих характеристики системы (принципы ориентирования координатных осей, положение начала координат, параметры эллипсоида и др.), и практической реализации системы координат в виде опорных геодезических сетей, представляющих собой совокупность геодезических пунктов, закрепленных на поверхности Земли».*

В англоязычной литературе для определения этих факторов существуют термины: International Terrestrial Reference System (ITRS) и International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

В официальных документах ООН на русском языке (одном из официальных языков ООН) термин «Глобальная геодезическая система координат» используется именно в такой интерпретации [13, 14]. В официальных документах ООН на английском языке применяется термин «Global Geodetic Reference Frame».

ГОСТ Р 8.699-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Величины, единицы, шкалы измерений, используемые в глобальной навигационной спутниковой системе» дает следующие определения международным небесной и земной опорным системам координат.

Международная небесная опорная система координат ICRS (International Celestial Reference System) и международная земная опорная система координат ITRS определены Международной службой вращения Земли и систем координат IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) [15–17].

Практические реализации ICRS и ITRS носят названия ICRF (International Celestial Refe-

gence Frame) и ITRF и являются опорными (исходными) эталонами шкал направлений в пространстве, местоположения (позиции) на Земле, векторов скорости и ускорения относительно Земли в виде совокупности пространственных реперов — станций, представленных в ICRF с приписанными угловыми координатами направлений на квазары и другие удаленные источники радиоизлучения, а в ITRF — с приписанными декартовыми координатами  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (ГОСТ Р 8.699-2010).

В резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Глобальная геодезическая система координат для целей устойчивого развития» [13] было отмечено «экономическое и научное значение и растущая необходимость наличия четкой и устойчивой глобальной геодезической системы координат (ГГСК) для всей планеты, которая позволила бы обеспечивать взаимную увязку геодезических измерений, проводимых в любом районе Земли и в космосе, включая определения пространственного положения и гравиметрические измерения, в качестве основы и отправной точки при установлении местоположения и высоты для геопространственной информации, используемой во многих науках о Земле и в самых разных сферах жизни общества, в том числе в целях мониторинга уровня моря и изменения климата, борьбы с опасными природными явлениями и бедствиями, а также в целом ряде отраслей (включая горнодобывающую промышленность, сельское хозяйство, транспорт, судоходство и строительство), в которых точное определение координат обеспечивает повышение эффективности».

В соответствии с резолюцией государствам-членам ООН было предложено самостоятельно внедрять практику

открытого обмена геодезическими данными и информацией о геодезических стандартах и методах в целях содействия созданию ГГСК и региональных геодезических сетей, целенаправленно развивать и поддерживать соответствующую национальную геодезическую инфраструктуру в качестве важного средства совершенствования ГГСК, осуществлять многостороннее сотрудничество для устранения инфраструктурных пробелов и дублирования усилий в контексте разработки более надежной ГГСК.

Механизмы управления для поддержания ГГСК кратко сформулированы в программном документе рабочей группы подкомитета по геодезии Комитета экспертов ООН по управлению глобальной геопространственной информацией [14]. Были рассмотрены четыре механизма управления: межправительственная организация (МПО), Конвенция ООН, координационная группа и целевой фонд. Признав, что наиболее действенными являются МПО и Конвенция ООН, тем не менее, выбрали координационную группу и целевой фонд. Ознакомившись с инициативой КНР создать в стране Глобальный центр передового опыта в области геопространственных знаний и с механизмами финансирования этого центра, был определен единственный возможный вариант — создать глобальный геодезический центр передового опыта (ГЦПО) под эгидой Комитета. ГЦПО будет действовать в качестве оперативного центра ГГСК, поддерживающего цели Комитета экспертов ООН по управлению глобальной геопространственной информацией и его подкомитета по геодезии, с тремя первоначальными тематическими приоритетами: расширение глобального со-

трудничества, координация ГГСК и оказание технической помощи, наращивание потенциала.

При этом в программном документе было отмечено, что подкомитет по геодезии имеет ограниченную работоспособность, необходимо выделять специальные человеческие ресурсы для выполнения таких ключевых задач, как координация, информационно-пропагандистская деятельность и коммуникация. На втором пленарном заседании подкомитета в Дэцине (Китай) в ноябре 2018 г. было создано Бюро подкомитета по геодезии. Это повысило его работоспособность, но не до такой степени, чтобы подкомитет обладал достаточным рабочим потенциалом для пропаганды и координации осуществления «дорожной карты» ГГСК в государствах-членах ООН. Рабочий потенциал бюро ограничен, поскольку все его члены занимают руководящие должности на национальном уровне и уделяют приоритетное внимание задачам, решаемых в рамках своих должностных обязанностей.

В резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Глобальная геодезическая система координат для целей устойчивого развития» и программном документе рабочей группы подкомитета по геодезии Комитета экспертов ООН по управлению глобальной геопространственной информацией [13, 14] была отмечена важность международного сотрудничества, без которого ни одна страна в мире не может в одиночку справиться с задачей создания глобальной геодезической системы координат. Это утверждение не совсем справедливо, так как, по крайней мере, две страны сумели создать и длительное время поддерживать глобальные (общеземные) системы координат:



— WGS-84 (World Geodetic System 1984, США);

— ПЗ-90 (геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года», Российская Федерация).

▼ **Опыт создания и обеспечения глобальных (общеземных) систем координат**

Точность любой геодезической системы координат определяется точностью координат пунктов геодезической сети, использованных при выводе параметров этой системы. А эффективность ее применения зависит от количества пунктов геодезической сети, практически реализующих эту систему и их доступности для потребителей.

Таким образом, в системе геодезического, картографического и навигационного обеспечения геодезические сети выполняют две равно важные функции. С одной стороны, они являются основой геодезической системы координат, а с другой — практической реализацией этой системы, доступной потребителям.

Использование спутниковых технологий в геодезии привело к появлению геодезических сетей нового типа — спутниковых геодезических сетей.

Спутниковые геодезические сети принято разделять на глобальные, континентальные, национальные, региональные и локальные.

Примерами глобальных спутниковых сетей являются:

— сеть станций слежения глобальной системы позиционирования Global Positioning System — GPS (США), реализующая общеземную систему координат WGS-84;

— сеть станций глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС (Российская Федерация), реализующая общеземную систему координат ПЗ-90;

— международная сеть пунктов ITRF, реализующая международную земную опорную систему координат ITRS [12, 18–20].

При установлении глобальных геоцентрических систем координат WGS-84, ПЗ-90 и ITRS используются одни и те же теоретические положения. Однако в практической реализации этих положений между указанными системами координат имеются небольшие расхождения, которые могут быть объяснены различием в составе и объеме использованной измерительной информации и методическими отличиями.

**Общеземная система координат WGS-84**

Глобальная система позиционирования GPS эксплуатируется и поддерживается Военно-воздушными силами (ВВС) США (United States Air Force). Официальная информация Правительства США о системе GPS и связанных с ней темах размещена на сайте [21], который ведется Национальным координационным Бюро по вопросам пространственного позиционирования, навигации и времени (National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing).

Сегмент оперативного управления GPS (Operational Control Segment) состоит из глобальной сети наземных объектов, которые отслеживают сигналы спутников, контролируют передачу данных и выполняют их анализ, а также отправляют команды и корректирующую информацию в созвездие спутников.

Текущий сегмент оперативного управления GPS включает мастер-станцию управления, альтернативную мастер-станцию управления, 11 командно-контрольных антенн и 16 пунктов мониторинга (из них 6 пунктов принадлежат ВВС США, а 10 — Национальному агентству геопространственной разведки NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) Министерства обороны США (Department of Defense)). Расположение этих объектов показано на рис. 1.

Последняя версия системы координат WGS-84 (G1762) была введена 8 июля 2014 г. документом по стандартизации Национального агентства геопространственной разведки [22].

Этот стандарт NGA определяет систему координат Министерства обороны США WGS-84. Стандарт касается сле-

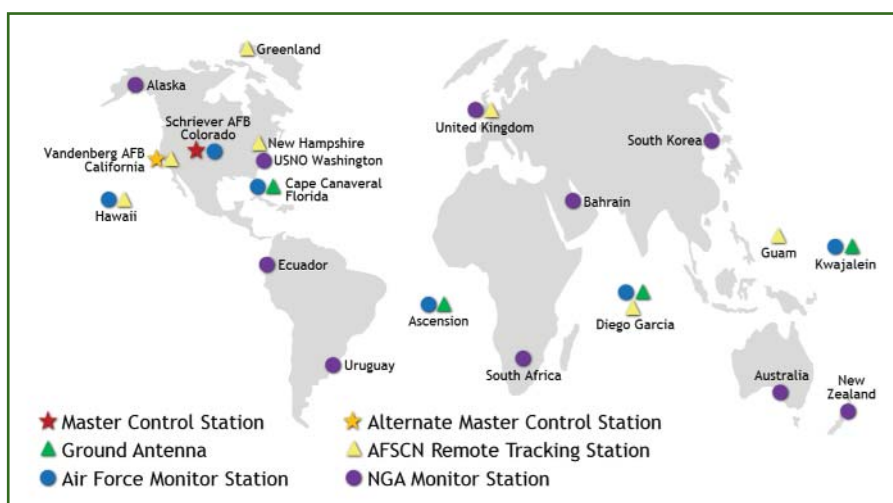


Рис. 1

Схема расположения объектов сегмента оперативного управления GPS [21]

дующих предметных областей WGS–84:

- система координат;
- использование глобальной системы позиционирования (GPS) при разработке системы координат (отсчета) WGS–84;
- эллипсоид и определение его параметров;
- эллипсоидальная гравитационная формула;
- гравитационная модель Земли 2008 (EGM2008);
- модель геоида EGM2008;
- мировая магнитная модель (WMM);
- связь WGS–84 с другими геодезическими системами координат;
- точность WGS–84 и ее моделей;
- реализация указаний (рекомендаций).

В 2019 г. планировалось издать стандарт, включающий обновленные параметры системы отсчета WGS–84 и мировую магнитную модель WMM.

Геоцентрическая система координат WGS–84 первоначально была получена только с использованием навигационной спутниковой системы Военно-морского флота США (TRANSIT) и представлена в виде однородной глобальной сети с точностью координат пунктов 1–2 м. Система координат неоднократно уточнялась. В стандарте NGA [22] приведены данные о 17 постоянно дей-

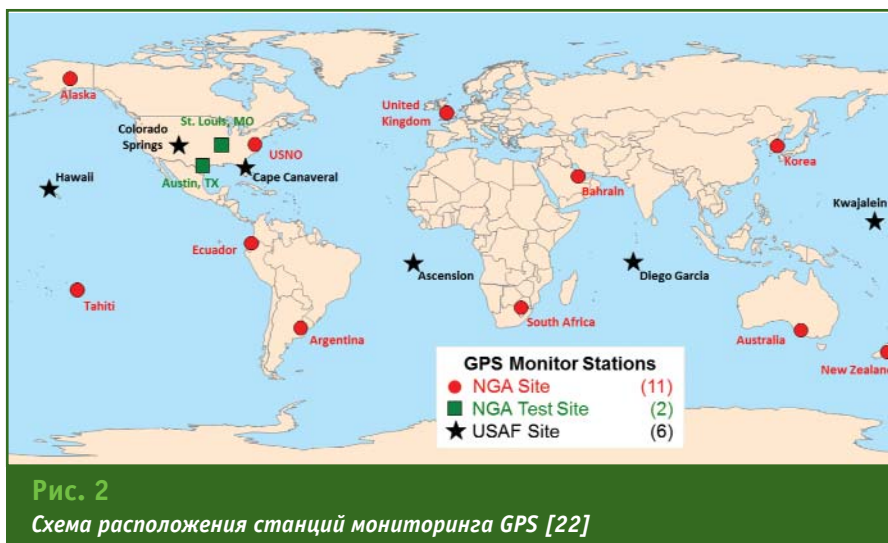


Рис. 2

Схема расположения станций мониторинга GPS [22]

ствующих станций мониторинга GPS Министерства обороны США, принадлежащих как BBC США, так и Национальному агентству геопространственной разведки. В стандарте приведены данные об эллипсоидальных координатах антенн рабочих пунктов станций мониторинга, расхождения геоцентрических прямоугольных координат последней (G1762) и предыдущей (G1674) реализаций WGS–84 для каждого пункта. Схема расположения станций мониторинга GPS приведена на рис. 2, данные о двух тестовых станциях NGA отсутствуют.

WGS–84 (G1762) является шестым обновлением реализации системы отсчета WGS–84. Предыдущими реализациями, начиная с 1987 г., были WGS–84, WGS–84 (G730), WGS–84 (G873), WGS–84

(G1150) и WGS84 (G1674) — табл. 1. Индекс «G» означает, что для получения координат использовались измерения GPS. Число, следующее за «G», указывает номер недели GPS, в течение которой координаты были утверждены для реализации NGA. Первая реализация WGS–84, полученная с использованием навигационной спутниковой системы TRANSIT, не имеет такого обозначения.

Национальное агентство геопространственной разведки получает многочисленные рекомендации Конвенции IERS, изложенные в [16]. Стандарт NGA дополняет Конвенцию IERS 2010 в качестве руководства Министерства обороны США по внедрению, особенно там, где WGS–84 отличается от Конвенции IERS 2010. В 2013 г. была создана новая реализация

Геоцентрическая система координат WGS–84

Таблица 1

Реализация	Дата внедрения		Эпоха	Точность
	Трансляция орбит GPS	Точные эфемериды NGA		
WGS–84	1987 г.	01.01.1987		1–2 м
WGS–84 (G730)	29.06.1994	02.01.1994	1994.0	10 см / компоненты СКП
WGS–84 (G873)	29.01.1997	29.09.1996	1997.0	5 см / компоненты СКП
WGS–84 (G1150)	20.01.2002	20.01.2002	2001.0	1 см / компоненты СКП
WGS–84 (G1674)	08.02.2012	07.05.2012	2005.0	<1 см / компоненты СКП
WGS–84 (G1762)	16.10.2013	16.10.2013	2005.0	<1 см / компоненты СКП

системы координат (отсчета) WGS-84, привязанная к Конвенции IERS 2010 и международной земной системе координат ITRF2008.

Система координат WGS-84 (G1762) по сравнению с ITRF2008 показывает среднеквадратическую разницу один сантиметр в целом. Сравнение между точными эфемеридами NGA GPS, относящимися к WGS-84 (G1762), и точными эфемеридами IGS GPS, относящимися к ITRF2008, подтверждает согласованность этих систем координат (отсчета). Это указывает на то, что две системы по существу идентичны, причем различия статистически незначимы для большинства приложений.

#### Общеземная система координат ПЗ-90

В настоящее время развитием проекта ГЛОНАСС занимается Государственная корпорация «Роскосмос», а также Минобороны России, МВД России, Ростехнадзор, Минтранс России, Росреестр, Минпромторг России, Росстандарт, Росавиация, Росморречфлот и ФАНО России.

Головной организацией по развитию и использованию системы ГЛОНАСС является АО «Российские космические системы». Головная организация по космическому комплексу ГЛОНАСС — АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева». Оператором государственной автоматизированной информационной системы «ЭРА-ГЛОНАСС» является АО «ГЛОНАСС». Федеральный сетевой оператор в сфере навигационной деятельности — НП «ГЛОНАСС». Оперативный круглосуточный мониторинг и подтверждение характеристик навигационного поля ГЛОНАСС осуществляет Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП «ЦНИИмаш».

Геодетическая основа ГЛОНАСС определена Интерфейсными контрольными документами, размещенными на официальном сайте АО «Российские космические системы» [23, 24]. В соответствии с этими документами для геодетического обеспечения ГЛОНАСС и реше-

ния навигационных задач используется система координат ПЗ-90 последней редакции.

Первое описание системы координат ПЗ-90 было выпущено редакционно-издательским отделом Топографической службы Вооруженных сил РФ в 1991 г. [25].

С 1995 г. в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 07.03.1995 № 237 «О проведении работ по использованию глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС» в интересах гражданских потребителей» появилась возможность использования системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей, а система координат ПЗ-90 была установлена как геодетическая основа системы ГЛОНАСС. В 1998 г. Координационным научно-информационным центром был опубликован справочный документ [26], в котором приводилась схема пунктов космической геодетической сети (КГС), закрепляющих геоцентрическую систему координат ПЗ-90, включающей 26 пунктов на территории стран СНГ (1 — Мурманск, 2 — Пулков, 3 — Шепетовка, 4 — Черновцы, 5 — Симферополь, 6 — Москва, 7 — Сарапул, 8 — Актобинск, 9 — Казах, 10 — Чарджоу, 11 — Алма-Ата, 12 — Балхаш, 13 — Омск, 14 — Воркута, 15 — Норильск, 16 — Енисейск, 17 — Иркутск, 18 — Мирный, 19 — Тикси, 20 — Якутск, 21 — Благовещенск, 22 — Уссурийск, 23 — Комсомольск-на-Амуре, 24 — Магадан, 25 — Елизово, 26 — Анадырь и 7 пунктов в Антарктиде (27 — Русская, 28 — Беллинсгаузен, 29 — Новолазаревская, 30 — Молодежная, 31 — Мирный, 32 — Восток, 33 — Ленинградская) — рис. 3.

Геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90) была установлена в качестве государст-

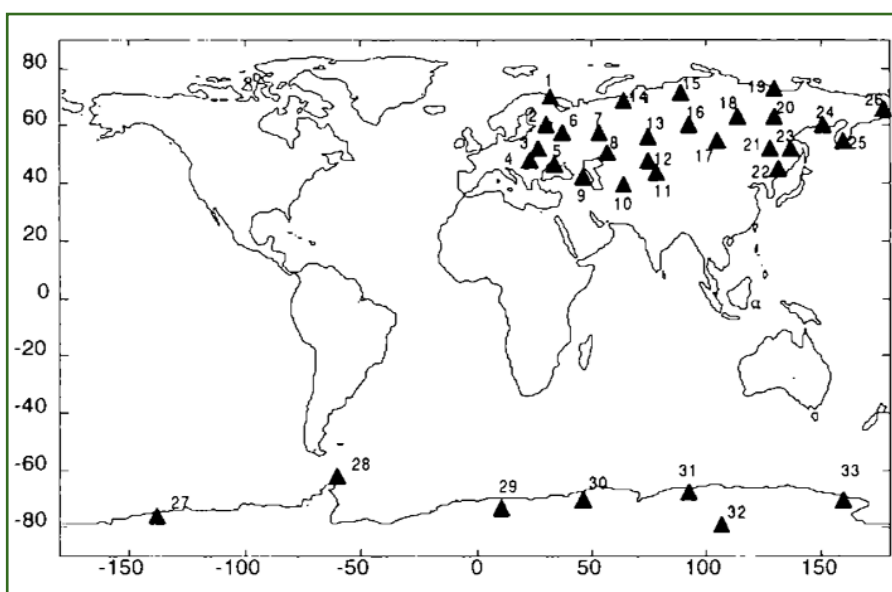


Рис. 3

Схема расположения пунктов КГС, закрепляющих геоцентрическую систему координат ПЗ-90 [26]



венной системы координат для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач Постановлением Правительства РФ [3].

Первая модернизация ПЗ–90 была выполнена в 2002 г. (ПЗ–90.02) с использованием большого объема измерительной информации космического геодезического комплекса ГЕО-ИК, полученной после 1990 г., не вошедшей в обработку при выводе ПЗ–90, и высокоточных измерений на пунктах КГС, полученных с использованием аппаратуры ГЛОНАСС/GPS. Уточненная версия системы координат ПЗ–90 (ПЗ–90.02) была введена Распоряжением Правительства РФ [27].

Последняя версия системы координат ПЗ–90 (ПЗ–90.11), ее основные параметры, физические и геометрические характеристики определены Постановлениями Правительства РФ [4, 5] и утверждены приказом Минобороны России [28].

Детальное описание общеземной системы координат ПЗ–90.11 приведено в справочном документе, размещенном на официальном сайте Минобороны России [29].

При уточнении геоцентрической системы координат максимально использовались данные об установлении общеземных систем координат, полученные отечественными и международными научными организациями из многолетних наблюдений искусственных спутников Земли и космических объектов. В ПЗ–90.11 ориентировка координатных осей, линейный масштаб и положение начала системы координат обеспечили сходимость с аналогичными параметрами международной земной опорной сети ITRF на сантиметровом уровне [29].

Для повышения точности взаимного положения пунктов

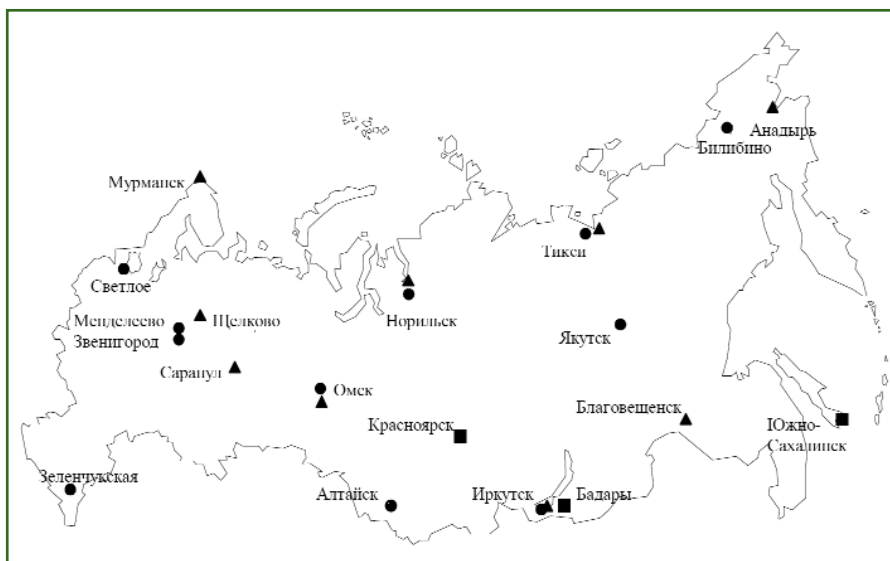


Рис. 4

Схема расположения пунктов КГС (▲), IGS (●) и DORIS (■) на территории РФ [29]

КГС и согласования с ITRF использовался представительный ряд наблюдений спутников GPS и ГЛОНАСС, накопленный после вывода ПЗ–90.02. Новым в технологии уточнения геоцентрического положения сети пунктов, закрепляющих систему координат ПЗ–90.11, было включение в обработку рядов измерительной и сопутствующей информации доплеровской спутниковой системы DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) 2002, 2008 и 2010 гг., полученной на совмещенных пунктах этой системы и сети IGS.

Геоцентрическая система координат ПЗ–90.11 является практической реализацией общеземной системы координат на эпоху 2010.0. Она закреплена глобально распределенными пунктами КГС, координаты и скорости движения которых определены из обработки спутниковых измерений. Точность установления геоцентрической системы координат ПЗ–90.11 по отношению к центру масс Земли характеризуется средней квадратической погрешностью на уровне 0,05 м, а для направ-

ления осей системы координат — на уровне 0,001". СКП взаимного положения пунктов составляет 0,005–0,01 м. Точность определения масштаба системы координат соответствует современному уровню знаний о значениях скорости света, геоцентрической гравитационной постоянной, а также точности лазерных измерений, которая характеризуется СКП 0,001–0,005 м.

Система координат ПЗ–90.11 распространена на ряд пунктов сети IGS. Пункты КГС, IGS и DORIS, расположенные на территории РФ, в системе координат ПЗ–90.11 приведены на рис. 4.

#### Международная земная опорная система координат ITRS

Практической реализацией международной земной опорной системы координат ITRS является наиболее точная и эффективная глобальная спутниковая геодезическая сеть ITRF. Каталоги координат пунктов ITRF вследствие непрерывного совершенствования сети и геодинамических процессов периодически обновляют и указывают их эпоху. В настоя-

щее время на официальном сайте доступны для загрузки каталоги координат в реализациях ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008, ITRF2014 [30]. В перечне приведены также реализации ITRF92 и ITRF93, но их результаты на сайте недоступны. Схема расположения станций ITRF2014 представлена на рис. 5 [17].

Все современные реализации общеземных геоцентрических систем координат WGS-84 (G1762), ITRF2014, ПЗ-90.11 и ряд других основаны на одной и той же международной земной опорной системе координат ITRS. Принципы ориентации такой системы координат в теле Земли определены Международной службой вращения Земли и систем координат и Международной ассоциацией геодезии IAG (International Association of Geodesy) [31], являющейся одной из семи ассоциаций Международного геодезического и геофизического союза IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics). Российская Федерация является действительным членом IUGG и IAG.

Практическая, наиболее точная на данный момент реализация международной земной опорной системы координат ITRS, носит название ITRF. Используемая процедура ее вывода предусматривает комбинирование нескольких частных решений, получаемых в центрах обработки с использованием наблюдений различными методами космической геодезии: радиointерферометрии со сверхдлинной базой VLBI (Very Long Baseline Interferometry), лазерной локации спутников SLR (Satellite Laser Ranging), доплеровской спутниковой системой DORIS, глобальными навигационными спутниковыми системами GNSS (Global Navigation Satellite System), такими как GPS, ГЛОНАСС и в последнее время Beidou (КНР) [12, 20].

Современные требования к точности систем координат обуславливают необходимость учитывать изменения координат во времени, связанных с влиянием глобальных геодинимических процессов.

Поэтому каталоги координат пунктов геоцентрической сис-

темы координат ITRF вследствие непрерывного совершенствования сети и геодинимических процессов периодически обновляют и указывают их эпоху. В настоящее время начата публикация реализации ITRF2020 [30].

Геоцентрическая система координат и параметры общеземного эллипсоида определяются и уточняются при содействии Международной службы глобальных навигационных спутниковых систем IGS (International GNSS Service) — добровольного объединения более чем 200 национальных агентств и служб, занимающихся сбором данных GPS и ГЛОНАСС с постоянно действующих базовых станций, расположенных по всему миру [32]. Целью IGS является поддержка научных исследований в области изучения планеты Земля, многопрофильных приложений и образования. В настоящее время IGS входит в IAG.

Следует отметить, что на территории России расположено только 22 пункта IGS, данные наблюдений и координаты которых включены в каталоги ITRF.

В 1987 г. решением Генеральной Ассамблеи Международного геодезического и геофизического союза была создана подкомиссия SC1.3 Международной ассоциации геодезии по региональным опорным сетям. SC1.3 включает региональные подкомиссии, ответственные за соответствующие региональные блоки, а именно: SC1.3a по Европе, SC1.3b по Южной и Центральной Америке, SC1.3c по Северной Америке, SC1.3d по Африке, SC1.3e по Азиатско-Тихоокеанскому региону и SC1.3f по Антарктике [31].

Блока и соответствующей инфраструктуры ITRF по Восточной Европе, Северной и Средней Азии, покрывающих

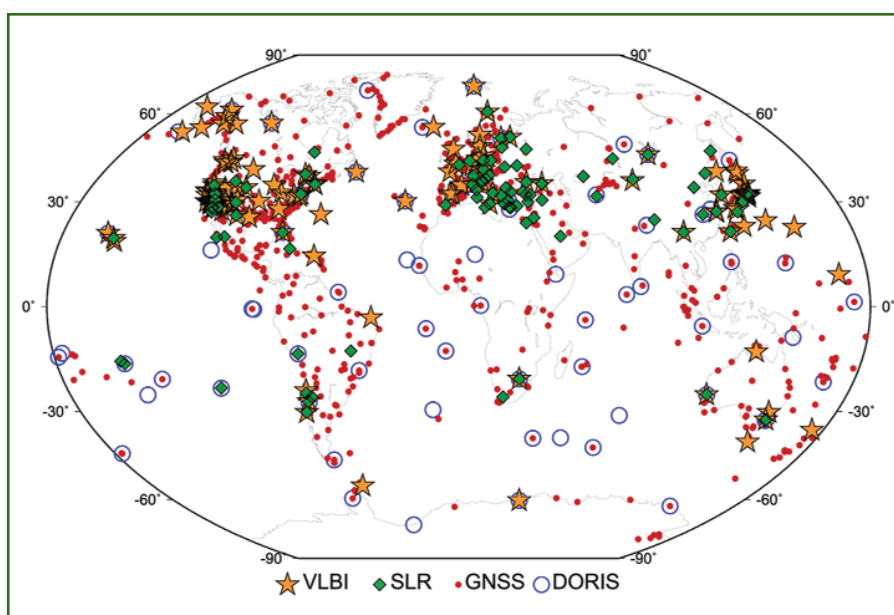


Рис. 5

Схема расположения станций ITRF2014 [17]

большую часть территории стран СНГ, нет. Отсутствует блок ITRF и по части Южной Азии, относящейся к Китаю. Поэтому создание на территории РФ, относящейся к Евразии, самостоятельного блока высокоточной реализации общеземной геоцентрической системы координат, с пунктами фундаментальной астрономо-геодезической сети наблюдений ГЛОНАСС открытого пользования ее реализующими, во многом будут способствовать авторитету ГЛОНАСС и РФ в целом, как равноправного члена IUGG и IAG.

Помимо участия в создании и поддержании глобальных (общеземных) систем координат, высокоразвитые страны с большой территорией одновременно создают национальные системы координат, оптимальным образом ориентированные на реализацию государственного геодезического и картографического потенциала. Характерными примерами национальных систем координат являются системы координат Австралии (Geocentric Datum of Australia — GDA), России (Геодезическая система координат 2011 года — ГСК–2011), США (National Spatial Reference System — NSRS), и Китая (China Geodetic Coordinate System 2000 — CGCS 2000) [12, 18, 19,

33]. Учитывая значительный территориальный охват таких систем координат, их практические реализации достаточно близки к глобальной (общеземной) системе координат.

Одной из проблем введения глобальных (общеземных) систем координат для целей картографии и навигации является использование эллипсоида, к поверхности которого должны быть отнесены как геодезические эллипсоидальные координаты, так и крупномасштабные топографические и навигационные карты [34].

Разработанный в рамках создания ГСК–2011 в ЦНИИГАиК под руководством Г.В. Демьянова эллипсоид («эллипсоид ЦНИИГАиК») наиболее точно соответствует лучшему значению размеров общеземного эллипсоида, определенному IERS на момент последней корректировки системы координат ITRF2008 [16]. При введении системы координат ITRF2014 новые параметры эллипсоида не определялись [17]. Используемые до последнего времени эллипсоиды Красовского (введен Постановлением Совета Министров СССР № 760 от 7 апреля 1946 г.) и GRS80 (принят XVII Генеральной Ассамблеей Международного геодезического и геофизического со-

юза в 1979 г.) не соответствуют современным данным о параметрах общеземного эллипсоида (табл. 2).

#### ▼ Проблема отнесения результатов измерений к одной эпохе

Эта проблема связана не только с периодическим уточнением систем координат WGS–84 (1987, 1994, 1997, 2002, 2012, 2013), ПЗ–90 (1991, 1998, 2002, 2011), ITRF (1994, 1996, 1997, 2000, 2005, 2008, 2014, 2020), но и с необходимостью обработки (регулярного переравнивания) при изменении состава сети пунктов, используемых для установления систем координат. Для рассмотрения данной проблемы в составе подкомиссии SC1.3 IAG по региональным опорным сетям была образована специальная рабочая группа WG 1.3.1 Time Dependent Transformations between Reference Frames (Преобразования, зависящие от времени между системами координат (отсчета)).

Наиболее авторитетной из региональных подкомиссий SC1.3 IAG является региональная подкомиссия по Европе (EUREF) — SC1.3a, включающая не только постоянно действующий аппарат, но и правление. В Резолюции 1, принятой EUREF в 1990 г., рекомендовалось ис-

Параметры эллипсоидов основных систем координат

Таблица 2

Система координат (эллипсоид)	Параметр эллипсоида		Геоцентрическая гравитационная постоянная Земли $fM$ (GM), км <sup>3</sup> /с <sup>2</sup>
	Большая полуось $a$ , м	Сжатие $1/\alpha$ (1/f)	
ГСК–2011 (ЦНИИГАиК)	6 378 136,500	298,2564151	398 600,4415
ПЗ–90.11 (ПЗ–90.11)	6 378 136	298,25784	398 600,4418
ITRF2008 (ITRF2014)	6 378 136,6 ±0,1	298,25642 ±0,00001	398 600,4418 ±0,0008
GRS80	6 378 137	298,257222101	398 600,5
WGS–84 (G1762)	6 378 137,0	298,257223563	398 600,4418
СК–95, СК–42, МСК (Красовского)	6 378 245,0	298,3	



пользовать Европейскую земную опорную систему координат ETRS89 (European Terrestrial Reference System), совпадающую с Международной земной опорной системой координат ITRS в эпоху 1989.0 и связанную со стабильной частью Евразийской платформы. Техническая рабочая группа EUREF не рекомендовала использовать ETRF2005, а ограничиться реализацией ETRF2000. Однако, для использования реализаций ITRF2005 и ITRF2008, техническая рабочая группа также рекомендовала, чтобы все станции, расположенные на территории Европы (GNSS, VLBI, SLR и

DORIS), которые включены в ITRF, публиковали координаты и скорости в реализациях ETRF2000 со следующими обозначениями ETRF2000(R05) и ETRF2000(R08).

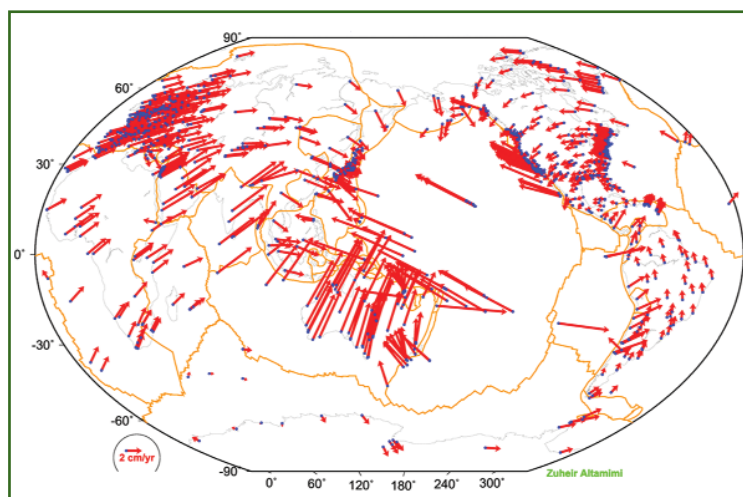
В настоящее время координаты и скорости станций ITRF, расположенных на территории Европы, были преобразованы в соответствующие реализации ETRF (ETRF89, ETRF90, ETRF91, ETRF92, ETRF93, ETRF94, ETRF96, ETRF97, ETRF2000, ETRF2005, ETRF2014), которые опубликованы на официальном сайте ETRS89 [35].

По утверждению авторов работы [36], после выхода

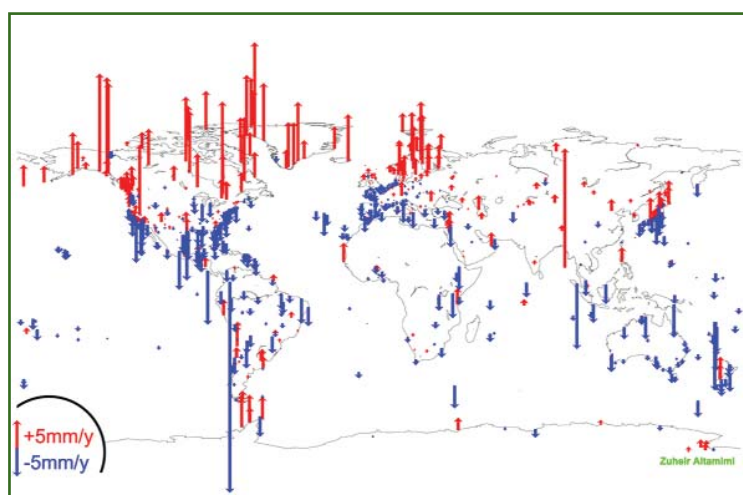
ITRF2008 в 2010 г. стало все более очевидно, что станции, подвергшиеся воздействию крупных землетрясений, в частности, разрушительных землетрясений на Суматре (2004 г.), в Чили (2010 г.) и Японии (2011 г.), имеют нелинейные траектории после этих трагических событий. Моделирование постсейсмической деформации (PSD) кусочно-линейными функциями, как и в предыдущих версиях ITRF, больше не является подходящим подходом, по крайней мере по тому, что оцененные линейные скорости сегментированных временных рядов станции неточны и не адекватно описывают реальные постсейсмические траектории станции. Вышедшая в 2016 г. версия ITRF2014 предназначена для учета геодинамических явлений, включая постсейсмические деформации. Введение новой версии ITRF2014 связано с тем, что в результате геодинамических явлений, таких как тектонические движения плит, землетрясения, влияние эффектов, генерируемых в атмосфере, циркуляция вод океана и влияние гидрологии суши, происходят современные движения земной поверхности. Обработка данных для введения ITRF2014 была завершена в 2015 г. и опубликована 21 января 2016 г. Скорости движения пунктов по работе [36], размещенной на сайте IERS [17, 36, 37], приведены на рис. 6 и 7.

*Окончание следует*

*Список литературы приведен в электронной версии данной статьи, размещенной на сайте журнала [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru).*



**Рис. 6**  
ITRF2014 поле горизонтальных скоростей [36]



**Рис. 7**  
ITRF2014 поле вертикальных скоростей [36]



**Trimble**  
@trimble\_russia

**Журнал «Геопрофи»**  
@geoprofi\_2020

**ГБУ «Мосгоргеотрест»**  
@mosgorgeotrest

**«Геокурс»**  
@geokurs

**КБ «Панорама»**  
@kbranorama

**«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»**  
@gsi.ru

**Bentley Systems**  
@bentleysystems

**«Кадастровые инженеры»**  
@a\_sro\_kadastr

**МИИГАиК**  
@miigaik

**Вестник инженерных изысканий**  
@izyskateli

**INTERGEO**  
@intergeo\_expo

**Музей Геодезических Приборов**  
@theodoliteclub.moscow

# JAVAD



- 874 КАНАЛА
- GPS/ГЛОНАСС/GALILEO/BEIDOU/QZSS/IRNSS
- КОМПАКТНЫЙ И ЛЕГКИЙ
- ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ РАБОТ
- СВЯЗЬ ПО УВЧ, 4G/LTE, WI-FI, BLUETOOTH

## TRIUMPH-3

- УПРАВЛЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ TRIUMPH-LS/LS PLUS И J-MOBILE



## НОВЕЙШИЙ ГНСС ПРИЕМНИК

[www.javad.com](http://www.javad.com)

ООО "Джавад Джи Эн Эс Эс"  
125057 Россия, г. Москва,  
Чапаевский переулок, д. 3  
Тел: +7(495) 228-2308

[sales@javad.com](mailto:sales@javad.com)



# Trimble C5 серия

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ

## АВТОФОКУС



ЭКОНОМИТ ВАШЕ ВРЕМЯ

**800м / 5000м**

МОЩНЫЙ  
ИМПУЛЬСНЫЙ  
ДАЛЬНОМЕР

 **Trimble. C5**

**1 секунда**

ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЙ

**1мм + 1.5 мм/км**

ТОЧНЫЙ ФАЗОВЫЙ ДАЛЬНОМЕР

 **Trimble. C5 HP**

**Время работы 18 часов**

ЕМКИЕ БАТАРЕИ

УДОБНЫЕ. ЛЕГКИЕ. БЫСТРЫЕ