

#2
2016

ТОПОГРАФ

13 лет

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ



Платиновый спонсор



Золотой спонсор

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД
КАРТ В РОССИИ

ГИСХАГИ (КАЗАХСТАН) – 80 ЛЕТ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭТАЛОН
ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ

CREDO ТОПОГРАФ ДЛЯ
КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ
ЗДАНИЯ «ТРИУМФ ПАЛАС»

ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ
И КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

ГИС ЧЕРНОГО МОРЯ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НАЗЕМНОГО
ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НА ГДС (ЭСТОНΙΑ)

УНИКАЛЬНЫЕ ЭКСПОНАТЫ
МУЗЕЯ ГСИ



Мы предлагаем комплексные решения в дистанционном зондировании, цифровой картографии и геоинформатике.

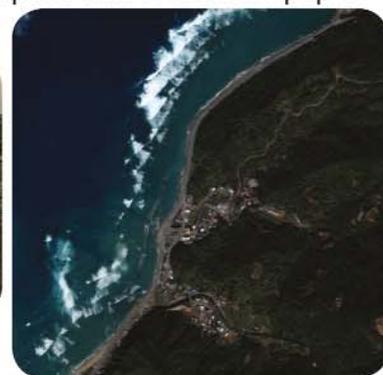
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Поставка космических снимков с зарубежных и российских спутников

- GeoEye-1; IKONOS; QuickBird; WorldView-1,2,3; Pleiades-1,2; EROS A,B; KOMPSAT-2; ALOS (PRISM, AVNIR-2, PALSAR); SPOT-6,7; TerraSAR-X; TanDEM-X; SPOT-1,2,4,5; FORMOSAT-2; CartoSat-1,2; Terra (ASTER, MODIS), Landsat-5,7; IRS-1C,1D; IRSP6 (ResourceSat); EO-1 (ALI и Hyperion)
- Комета (КБР-1000, ТК-350); Ресурс-Ф2 (МК-4); Ресурс-Ф1 (КФА-1000, КАТЭ-200); Монитор-Э; Ресурс-ДК1; Канопус-В; БелКА-2; Ресурс-П
- Оптимальное покрытие заданных районов космическими снимками в соответствии с требованиями к их точности, качеству и стоимости.

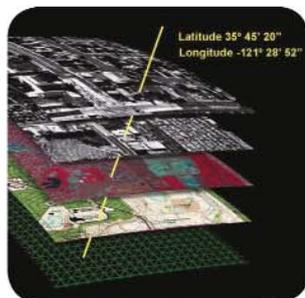
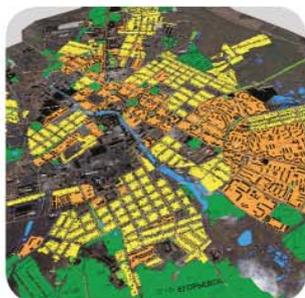
Фотограмметрическая обработка

- Высококачественная цифровая обработка космических снимков: цветные синтезированные изображения и мозаики, ортофотоснимки и ортофотопланы;
- Создание цифровых моделей рельефа и местности;
- Трехмерная визуализация (3D) пространственной информации;
- Услуги по созданию комплексов тематической обработки аэрокосмической информации.



ЦИФРОВАЯ КАРТОГРАФИЯ

- Создание и сопровождение географических информационных систем (ГИС) различного назначения;
- Создание цифровых топографических и тематических карт различного масштаба;
- Обновление цифровых топографических и тематических карт различного масштаба по материалам аэрокосмических съемок.



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Разработка программного обеспечения специального назначения;
- Поставка программного обеспечения: OrthoMap, Z-Space, ГИС серии «Панорама», программный комплекс «Нева».

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

- Все виды топографо-геодезических работ;
- Геодезические изыскания.



Уважаемые коллеги!

На конференции Международной картографической ассоциации (ICA), проходившей в августе 2015 г., в Рио-де-Жанейро (Бразилия), было объявлено об открытии Международного года карт, который продлится до декабря 2016 г. Поддержку этому событию оказывает Комитет экспертов ООН по управлению глобальной геопространственной информацией. В Международный год карт организации и профессиональные сообщества многих стран проводят выставки, конференции, съезды и другие мероприятия для популяризации картографии как науки, техники, технологии и производства.

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, МИИГАиК, Институт географии РАН, Российская государственная библиотека и Русское географическое общество выступили организаторами Всероссийской научной конференции «Международный год карт в России: объединяя пространство и время», которая пройдет с 25 по 28 октября 2016 г., в Москве, в Российской государственной библиотеке. Программа конференции будет состоять из следующих секций: картография, геоинформатика, дистанционное зондирование, геодезия и кадастр, топография и навигация, образование в области картографии и геоинформатики, а также выставки карт.

Редакция журнала считает, что необходимо использовать это и другие мероприятия, проводимые в России в Международный год карт, для рассмотрения и обсуждения роли и места картографии в решении государственных и социально-экономических задач на современном этапе развития нашей страны.

С 1 января 2017 г. вводится единая государственная система координат — геодезическая система координат 2011 года (ГСК–2011) для использования при осуществлении геодезических и картографических работ, и вступает в действие Федеральный закон № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». При этом, в настоящее время в России отсутствует единое государственное руководство картографо-геодезическим и геоинформационным обеспечением, а также подготовкой кадров в этой области. Их регулирование осуществляет ряд министерств и ведомств, включая государственные корпорации.

Инициаторами обсуждения этих вопросов могли бы выступить, в первую очередь, организации — члены оргкомитета конференции, такие как Русское географическое общество, Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, МИИГАиК, Институт географии РАН, ОАО «Роскартография», НИИ «Аэрокосмос», ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», а также некоммерческие партнерства в области геодезии, картографии, землеустройства, кадастра, инженерных изысканий в строительстве и др. По мнению редакции журнала, возглавить эту работу следует Русскому географическому обществу, обладающему определенным авторитетом в органах государственной власти. Еще в XIX веке, В.Я. Струве, А.П. Болотов, А.А. Тилло, П.П. Семенов-Тянь-Шанский, О.В. Струве, К.Н. Посьет и другие, обращаясь в Русское географическое общество с предложениями по созданию общественного совета для координации и систематизации картографической деятельности различных ведомств по изучению в общегосударственных целях обширной территории России «в географическом, физическом и топографическом отношениях», получали поддержку.

Кроме того, дискуссионной площадкой может стать Международный форум геопространственных технологий, одним из организаторов которого является журнал «Геопрофи». Опыт проведения на протяжении 11 лет ежегодной конференции «Геопространственные технологии и сферы их применения» показывает растущий интерес к геодезическим и картографическим данным со стороны представителей различных отраслей, которые, внедряя современные автоматизированные средства измерений и обработки, а также геоинформационные системы, получают возможность не только резко повысить эффективность производства, но и иметь объективную оценку результатов своей деятельности. Международный форум геопространственных технологий состоится в рамках 13-й Международной выставки оборудования и программного обеспечения для геодезии и геоинформационных систем GeoForm 2016 и будет включать конференцию, отраслевые семинары, заседания в формате «круглых столов», мастер-классы, демонстрационные показы оборудования и программных средств. Выставка и форум пройдут 18–20 октября 2016 г., в Москве, в КВЦ «Сокольники».

Редакция журнала

Присоединяйтесь!



Характеристики:

- 240-каналов
- Технология Z-Blade
- Режимы только-GLONASS и только-BEIDOU
- 3.5G GSM, Bluetooth, WiFi
- УКВ радиомодем (опционально)
- SMS и e-mail оповещение
- Защита от кражи
- 2 батареи с горячей заменой
- WEB - интерфейс
- Спроектирован в России



GNSS приемник Spectra Precision SP80

SP80 – уникальные возможности подключения!

Вам нужен GNSS приемник, который работает со всеми спутниковыми системами, обладает широкими возможностями подключения, защитой от кражи и высокой производительностью? SP80 – вот ответ!

GNSS приемник Spectra Precision SP80 с уникальной технологией обработки сигналов Z-Blade работает со всеми спутниковыми системами и с любыми их сочетаниями, включая режимы работы только с GLONASS и только с BEIDOU.

SP80 обладает уникальным набором вариантов подключения: 3.5G GSM модем, Bluetooth, Wi-Fi, возможностью отправки SMS и email оповещений, а так же функцией защиты от кражи. Опционально доступен УКВ радиомодем.

Прочный и надежный корпус приемника, эргономичный дизайн, дисплей, два аккумулятора с возможностью горячей замены и температурный диапазон работы от -40 °C до +65 °C делают SP80 универсальным решением, готовым к работе в самых сложных условиях.

Мощный и инновационный, GNSS приемник SP80 разработан в России для профессиональных геодезистов.

SP80: Simply Powerful

Тримбл РУС
119333, Россия, Москва
Ул. Фотиевой 5, стр.1
Тел. +7 (495) 234 5964 доб. 1001

www.spectraprecision.com

CONTACT YOUR
LOCAL SPECTRA
PRECISION DEALER



Редакция благодарит компании,
поддержавшие издание журнала:

Trimble Navigation (Платиновый спонсор),
JAVAD GNSS (Золотой спонсор),
Группа компаний «Иннотер»,
«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»,
НАВГЕОКОМ, «Кредо-Диалог»,
«Геодезические приборы»,
«Совзонд», «Радио-сервис»,
VisionMap, КБ «Панорама»,
«УГТ-Холдинг», «Ракурс»,
ГУП «Мосгоргеотрест», ПК «ГЕО»,
Центр геодезии, картографии и ИПД

Издатель
Информационное агентство «ГРОМ»

Генеральный директор
В.В. Groшев

Главный редактор
М.С. Романчикова

Редактор
Е.А. Дикая

Перевод аннотаций статей
Е.Б. Краснопевцева

Дизайн макета
И.А. Петрович

Дизайн обложки
И.А. Петрович

Интернет-поддержка
А.С. Князев

Почтовый адрес: 117513, Москва,
Ленинский пр-т, 135, корп. 2
Тел/факс: (495) 223-32-78
E-mail: info@geoprofi.ru

Интернет-версия
www.geoprofi.ru

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 «Роспечать» 85153.

Тираж 3000 экз. Цена свободная

Номер подписан в печать 26.04.2016 г.

Печать Издательство «Проспект»

ОТ РЕДАКЦИИ

**ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.
ОТ КОНФЕРЕНЦИИ К ФОРУМУ** 1

ЮБИЛЕЙ

П.И. Беда, Т.И. Воронина
**ПУТЬ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА РГП «ГИСХАГИ»
ДЛИНЮЮ В 80 ЛЕТ** 5

ТЕХНОЛОГИИ

В.Я. Иодис, А.В. Бойков, А.А. Конева
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТУРЫ JAVAD GNSS ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ «ТРИУМФ ПАЛАС»** 10

И.А. Рыльский
**ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ И КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА —
СОРЕВНОВАНИЕ ИЛИ ПАРТНЕРСТВО** 15

В.М. Русак, Е.И. Шабуня
**CREDO ТОПОГРАФ — НОВАЯ ПРОГРАММА
ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ТОПОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ** 31

Е.В. Жук, Е.А. Годин, А.В. Ингерев, А.Х. Халиулин
**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ГИС ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ
БЕСПЛАТНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ** 36

И.В. Морозов
**О ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ КРУПНОГО МАСШТАБА
МЕТОДОМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ** 40

НОРМЫ И ПРАВО

И.С. Сильвестров, А.В. Мазуркевич, Д.М. Верницкий,
Д.А. Соколов, Д.А. Голуб
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ СПЕЦИАЛЬНЫЙ
ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ В ДИАПАЗОНЕ
ОТ 24 М ДО 4000 КМ** 21

НОВОСТИ

 26

ПУТЕШЕСТВИЕ В ИСТОРИЮ

В.И. Глейзер, Е.И. Колпаков, М.Н. Нирги
**ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ.
ПРОДОЛЖЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ** 46

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

 55

А.М. Шагаев
20 ЛЕТ МУЗЕЮ ГСИ 53

КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

 56

При оформлении первой страницы обложки использовались изображения с сайтов
<http://whc.unesco.org>, <http://ru.wikipedia.org> и www.tourblogger.ru.



13-я Международная выставка
оборудования и программного
обеспечения для геодезии
и геоинформационных систем



18-20 октября 2016

Россия, Москва
КВЦ «Сокольники»
Павильон 4

19-20 октября 2016

Международный форум
геопространственных технологий

Подробнее о выставке
www.geoexpo.ru



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750 08 28
geo@ite-expo.ru

Генеральный
информационный спонсор



ПУТЬ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА РГП «ГИСХАГИ» ДЛИНОЮ В 80 ЛЕТ

П.И. Беда (РГП «ГИСХАГИ», Республика Казахстан)

В 1980 г. окончил землеустроительный факультет Омского сельскохозяйственного института им. С.М. Кирова (в настоящее время — Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина) по специальности «инженерная геодезия». После окончания института работает в Казахском филиале «ВИСХАГИ» (с 1992 г. — РГП «ГИСХАГИ»), с 1999 г. — директор, а с 2012 г. по настоящее время — заместитель директора. Почетный геодезист.

Т.И. Воронина (РГП «ГИСХАГИ», Республика Казахстан)

В 1984 г. окончила землеустроительный факультет Московского института инженеров землеустройства (в настоящее время — Государственный университет по землеустройству) по специальности «землеустройство». После окончания института работает в Казахском филиале «ВИСХАГИ» (с 1992 г. — РГП «ГИСХАГИ»), с 2000 г. — начальник отдела фотограмметрии и цифрового картографирования, с 2015 г. по настоящее время — главный инженер. Почетный землеустроитель.

8 июня 2016 г. исполнится 80 лет Республиканскому государственному предприятию на праве хозяйственного ведения «Государственный институт сельскохозяйственных аэрофотогеодезических изысканий» (РГП «ГИСХАГИ») — одному из старейших предприятий землеустроительной отрасли Республики Казахстан. Деятельность коллектива РГП «ГИСХАГИ», выполняющего полный цикл аэрофотогеодезических работ, посвящена крупнейшим проектам по сельскохозяйственному картографированию территории Республики Казахстан. Создание планов масштабов 1:10 000 и 1:25 000 для целей землеустройства неразрывно связано с богатой историей развития производства предприятия. За минувшие десятилетия оно неоднократно перестраивалось, внедряя прогрессивные методы, направленные на совершенствование технологий изготовления фотопланов и повышение качества продукции.

Так, в 1930-х гг. выполнение съемок для сельскохозяйственных работ на территории Казахской ССР осложнялось разреженностью государственной

геодезической сети. Поэтому специалисты предприятия с первых дней его образования активно приступили к сгущению и развитию основных и заполняющих сетей государственной триангуляционной сети 2–4 классов и сплошной привязке аэрофотоснимков, что потребовало проведения значительного объема полевых и камеральных работ.

Ввиду того, что на предприятии в то время были недостаточно развиты фотограмметрические методы и технологии, его первой картографической продукцией стали топографические фотопланы землепользований, изготовленные на основе сплошной плановой привязки аэрофотоснимков, а также сборные планы в масштабе 1:50 000 на отдельные районы, получившие всеобщее признание по своему назначению, качеству и точности не только в землеустроительных организациях.

В 1940-х гг. впервые был применен метод разреженной привязки снимков, что позволило отказаться от сплошного планово-высотного обеспечения каждого снимка. Благодаря сво-

ей простоте, стал распространенным и метод графической триангуляции, популярный вплоть до 1960-х гг. Однако его существенным недостатком являлась большая трудоемкость.

До 1941 г. предприятие выпускало топографические фотопланы в рамках трапеций, хотя еще в 1937 г. обсуждалась целесообразность выпуска фотопланов в границах землепользований колхозов. Для этого была разработана соответствующая методика, которая заключалась в монтаже планов из отпечатков на отдельные части землепользования, получаемых с негатива мозаичного фотоплана, составленного в рамках трапеций. Таким образом, было создано некоторое количество фотопланов, но широко распространения этот метод не получил.

В послевоенный период сельское хозяйство Казахской ССР нуждалось в картографической продукции для введения и освоения правильных севооборотов. В целях ее скорейшего и высококачественного изготовления использовались материалы аэрофотосъемки, проводимой в рамках государствен-



Работы по идентификации и маркировке точек на приборе PUG-4



Работы по сгущению планово-высотных геодезических сетей на приборе СПР-3

ных программ картографирования территории страны, было составлено значительное количество уточненных фотосхем и осуществлено полевое дешифрирование в границах землепользований колхозов.

В это время предприятие было вынуждено отказаться от построения геодезической опорной сети. Фотопланы составлялись на основе теодолитных ходов по границам землепользований или, позднее, на основе имеющихся государственных топографических карт, и получили название приближенно-ориентированные. Применение этого метода

позволило значительно ускорить обеспечение колхозов планами землепользований. Кроме приближенно-ориентированных фотопланов продолжался выпуск фотопланов, связанных к государственной геодезической сети, на которых выполнялась рисовка рельефа с крупномасштабных топографических карт.

В 1950-е гг., когда была поставлена государственная задача резкого подъема всех отраслей сельского хозяйства, предприятие наращивало темпы производства, сознавая, какое значение имеет своевременный выпуск фотопланов для

колхозов и совхозов. В этот период значительно возросли объемы камеральных работ, и встал вопрос о выборе оптимальных методов организации труда и автоматизации управления фотограмметрическим производством. Для решения главной задачи фотограмметрии по камеральному определению пространственных координат любых точек снимка было предложено использовать дифференциальный метод стереоскопической аэросъемки. Суть метода заключалась в разделении всего комплекса камеральных работ на отдельные независимые процессы, что позволяло повысить производительность труда. Дифференцированный метод практически до середины 1960-х гг. оставался основным способом картографирования на предприятии.

Необходимо отметить, что в производстве использовался и другой, более точный метод стереоскопической съемки — универсальный. Практические работы по его развитию заложили основу для последующего перехода к аналитическим способам обработки снимков, позволили методически строго обосновать теорию обработки снимков при центральном проектировании, оптимальным способом решить проблему сгущения опорной сети и применить способы уравнивания по методу наименьших квадратов при решении фотограмметрических задач.

В эти годы в камеральном производстве значительный объем работ занимало сгущение точек планового обоснования методом аналитической фотополигонометрии. Одним из трудоемких и дорогостоящих процессов при этом являлись вычислительные работы, которые в общем объеме составляли примерно половину стоимости фотополигонометрических работ. Поэтому, в целях сокращения затрат и автоматизации вы-

числительных работ был разработан алгоритм метода аналитической фотополлигонометрии, а также программа вычисления координат вершин фотополлигонометрического хода в условной системе координат.

Технология получения координат вершин фотополлигонометрического хода, основанная на применении стереокомпаратора «СК 1818» («Карл Цейс», ГДР) и электронной вычислительной машины «Урал-2» по специальной программе, составленной Г.Н. Ефимовым, была разработана У.Д. Самратовым. Эта технология позволила уменьшить стоимость вычислительных работ в 2,5–3 раза, ускорить процесс получения геодезических координат вершин фотополлигонометрического хода примерно в 2 раза, а также сократить число сотрудников, занятых в камеральном производстве.

В начале 1970-х гг. широко внедрялись в производство аналитические способы сгущения опорных пространственных сетей с применением ЭВМ «Минск-22/32». У.Д. Самратовым был разработан метод блочной аналитической фототриангуляции. Экономический анализ показал, что внедрение этого метода позволило сэконо-



Привязка опознака с помощью приемника GPS

мить значительные средства за счет разреженной привязки планового обоснования, т. е. только за счет сокращения полевых работ. Удельный вес работ по изготовлению фотопланов с использованием данного метода составил 33% от общего объема работ. В дальнейшем, он получил широкое применение в филиалах ВИСХАГИ, на предприятиях ГУГК при СМ СССР и в других организациях.

Совершенствование технологии работ по созданию фотопланов с использованием аналитических способов фототриангуляции продолжалось и в 1980-х гг. Был разработан и отлажен комплекс программ планово-высотного сгущения по методу блочной аналитической фототриангуляции (БАФ-63) на базе ЕС ЭВМ.

В это же время были разработаны методика и технология создания карт сельскохозяйственного назначения на отдельные районы и области по мелкомасштабным фотоснимкам. С использованием космических фотоснимков впервые была составлена фотокарта на Шортандинский район Целиноградской области в масштабе 1:100 000. В процессе изготовления карты обрабатывались методика и технология создания планового обоснования и двухстадийного трансформирования

фотоизображения при использовании обычных фототрансформаторов, а также плановых и перспективных фотоснимков.

Для обеспечения землеустроительной службы тематическими картами (почвенными, ботанико-кормовыми, сельскохозяйственных угодий и др.) на предприятии впервые была разработана методика тематического картографирования в средних и мелких масштабах территорий районов и областей Казахской ССР и Киргизской ССР с использованием космических фотоснимков.

В производство был запущен комплекс приборов «Топокарт-Ортофот», позволивший отказаться от малопроизводительного ручного труда при изготовлении фотопланов по методу «ступеней». Среди предприятий «ВИСХАГИ» Казахский филиал стал основателем метода дифференциального ортотрансформирования, позволившего изготавливать высококачественные фотопланы на горные и высокогорные территории.

В эти же годы началась автоматизация процессов фотограмметрической обработки снимков путем внедрения приборов и систем, освобождающих операторов от однообразной и утомительной работы. На производстве появилась программа блочной аналитической



Геодезические полевые работы на пункте триангуляции 2 класса

фототриангуляции «АФТ-85», разработанная Сибирским филиалом «ВИСХАГИ». Параллельно ввели регистратор координат, подключенный к стереокомпаратору «СК 1818», для автоматического снятия результатов измерений координат точек снимков на магнитный носитель — ленту, что значительно ускорило и улучшило обработку измерений и сократило затраты.

Предприятие всегда активно участвовало в новаторских разработках аэрофотогеодезического производства. Именно поэтому, преодолев все сложности перехода к рыночной экономике, перейдя в структуру Минсельхоза Республики Казахстан и став РГП «ГИСХАГИ», оно активно включилось во внедрение новых автоматизированных технологий с использованием спутниковых приемников GPS для определения координат и программного обеспечения для создания цифровых карт на электронных носителях. С этого времени начался новый этап развития предприятия на основе современных технологий и оборудования.

ГИСХАГИ одним из первых в Республике Казахстан перешел на цифровую аэрофотосъемку, внедрив в производство прогрессивные технологии создания цифровых ортофотопланов

в растровом виде с использованием компьютерной техники и программного обеспечения, оставив в прошлом изготовление фотопланов традиционным способом монтажа трансформированных снимков на жесткую основу. Начались работы по оцифровке, векторизации карт и созданию векторного слоя рельефа.

За все время существования предприятия его специалисты постоянно осваивали и внедряли новые технологии в области фотограмметрии — от графических и графомеханических до цифровых.

Дальнейшее развитие технологий не только предполагает большие возможности, но и ставит все новые и новые задачи, для решения которых необходимо использовать опыт сотрудников с большим производственным стажем, среди которых аэрофотогеодезисты и фотограмметристы, землеустроители и геодезисты, топографы и картографы, агрономы, почвоведы и геоботаники. Как правило, они являлись выпускниками таких высших и средних учебных заведений как МИИГАиК, МИИЗ (ГУЗ), НИИГАиК (СГГА), Омский сельскохозяйственный институт, Семипалатинский топографический техникум, Алматинский гидромелиоративный техникум. Специалисты пред-



Начальник отдела фотограмметрии ГИСХАГИ Е.К. Бадтиева знакомит студентов КазНУ им. аль-Фараби с картографической продукцией



Встреча студентов КазНУ им. аль-Фараби с директором ГИСХАГИ А.С. Бегмановым

приятия всегда ценились как профессионалы своего дела и талантливые организаторы сложного аэрофотогеодезического производства.

В начале 2000-х гг., с появлением цифровых технологий, предприятие стало испытывать большие трудности в обеспечении квалифицированными



Коллектив РГП «ГИСХАГИ», 2015 г.

Историческая справка

8 июня 1936 г. приказом Наркома земледелия Союза ССР № 240 по ходатайству Наркома земледелия Казахской АССР создано Казахское отделение «Сельхозаэросъемка» Всесоюзной конторы «Сельхозаэросъемка».

22 мая 1940 г. — Казахское отделение «Сельхозаэросъемка» преобразовано в Среднеазиатское аэрофотогеодезическое предприятие «Сельхозаэрофотосъемка» Главного управления землеустройства Наркомзема СССР.

1941–1945 гг. — в соответствии с режимом военного времени выполняются работы по обеспечению картографическими материалами предприятий оборонной промышленности республик Средней Азии и Казахстана. Более 50 сотрудников предприятия ушли на фронт, 13 — не вернулись.

1946–1953 гг. — развиваются аналитические сети 1 и 2 разрядов, увеличиваются объемы работ по обеспечению землеустройства картографическими материалами.

1954–1960 гг. — создаются картографические материалы на районы освоения целинных и залежных земель Казахстана и Алтайского края РСФСР. Построено 8021 пунктов геодезической и аналитической сети 1 и 2 разрядов, выполнена привязка аэрофотоснимков на площади 770 тыс. км², осуществлено сельскохозяйственное дешифрирование на площади 1,2 млн км².

1961–1969 гг. — проведена стереотопографическая съемка в масштабах 1:2000 и 1:5000 для мелиоративного строительства и планировки сельских населенных пунктов, а также первые опытно-производственные работы по почвенному и геоботаническому картографированию.

1966 г. — начаты работы по комбинированному дешифрированию аэрофотоснимков с применением воздушных судов (вертолетов).

30 апреля 1970 г. — предприятие переименовано в Казахский филиал ВИСХАГИ.

1972–1974 гг. — начаты работы по вычислению площадей и составлению экспликации сельхозугодий, выполнена съемка территории сельских населенных пунктов в масштабах 1:2000 и 1:5000 с последующей инвентаризацией.

1979 г. — начато использование материалов космической съемки. Впервые изготовлена фотокарта Шортандинского района Целиноградской области.

1980–1985 гг. — парк приборов пополнился геодезическими, топографическими и фотограмметрическими приборами, выпускаемыми фирмой «Карл Цейс» и др.

10 июня 1982 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР коллектив ВИСХАГИ награжден Орденом Трудового Красного Знамени и переходящим Красным Знаменем МСХ СССР.

1986–1990 гг. — осуществлена автоматизация трудоемких процессов с применением комплекса «Картометр», для решения геодезических задач используется РС IBM.

1990-е гг. — выполнены аэрофотогеодезические и картографические работы на территории РСФСР, Кыргызстана и Украины, площадью более 9,0 млн га.

1991 г. — предприятие перешло в структуру Минсельхоза Республики Казахстан, а затем Госкомзема Республики Казахстан.

1 июля 1992 г. — предприятие переименовано в Государственный институт сельскохозяйственных аэрофотогеодезических изысканий Государственного комитета по земельным отношениям и землеустройству Республики Казахстан.

2000–2002 гг. — внедрен программный комплекс «Талка».

2002–2003 гг. — начато сканирование пленочных материалов аэрофотосъемки с целью перехода к цифровому фотограмметрическому сгущению.

2004–2006 гг. — созданы крупномасштабные фотопланы территорий сельских населенных пунктов и городов Республики Казахстан в масштабе 1:2000.

2006–2010 гг. — осуществлен переход на цифровую аэрофотосъемку, создание цифровых моделей рельефа местности, внедрены программные средства — ArcGIS, MapInfo Professional, Талка, Easy Trace.

2012 г. — освоено программное обеспечение «Геоматика-PRO» и создание трехмерных цифровых моделей местности; внедрены приемники ГНСС Topcon GR3.

2012–2014 гг. — во исполнение поручения Президента Республики Казахстан предприятием на всей территории страны проведена инвентаризация сельскохозяйственных угодий, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот.

кадрами. Одновременно, система образования Республики Казахстан подверглась модернизации и реформированию. Были внесены изменения в классификатор специальностей высшего и послевузовского образования, обновлены учебные планы и программы с учетом мнения работодателей. Благодаря этому вузы начали готовить специалистов, необходимых для предприятий страны.

Постепенно выросла и численность сотрудников ГИСХАГИ, так как на предприятие пришли работать выпускники вузов Республики Казахстан — Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, Казахского национального университета им. аль-Фараби, Казахского национального аграрного университета, Семипалатинского топографического техникума, Талгарского колледжа агробизнеса и менеджмента.

Следует отметить, что за период с 2010 г. по 2015 г. на предприятие было принято 58 молодых специалистов из 5 вузов и 8 колледжей Казахстана. В настоящее время сотрудники в возрасте до 30 лет составляют более 30% численного состава предприятия.

РГП «ГИСХАГИ», встречая свое восьмидесятилетие, обладает большим парком персональных компьютеров, оснащенных современным программным обеспечением, широкоформатными цветными плоттерами, сканерами, принтерами, аппаратурой глобальных навигационных спутниковых систем, электронными тахеометрами и другим оборудованием, с которым работают высококвалифицированные специалисты. Практически полная автоматизация процессов производства открывает новые возможности в области геодезии и фотограмметрии. Не следует оглядываться назад, необходимо смотреть вперед, думая о перспективах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТУРЫ JAVAD GNSS ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ «ТРИУМФ ПАЛАС»

В.Я. Иодис (JAVAD GNSS)

В 1970 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». С 2005 г. работает в компании JAVAD GNSS, в настоящее время — заведующий геодезической группой. Кандидат технических наук.

А.В. Бойков (JAVAD GNSS)

В 1985 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». После окончания института работал в организациях Минобороны РФ, РосНИЦ «Земля», компании Ashtech. С 2005 г. работает в компании JAVAD GNSS, в настоящее время — научный сотрудник. Кандидат технических наук.

А.А. Конева (JAVAD GNSS)

В 2006 г. окончила Московский авиационный институт по специальности «математик, системный программист». С 2010 г. работает в компании JAVAD GNSS, в настоящее время — инженер-программист.

С 1980-х гг., благодаря разрыву глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), в руках геодезистов появился новый инструмент — геодезический спутниковый приемник. Дальнейшее развитие ГНСС-технологий привело к появлению приборов, позволяющих решать на новом уровне многие традиционные геодезические задачи. В настоящее время невозможно представить себе создание и сгущение государственных или съемочных геодезических сетей без использования спутниковых приемников. Что касается геодезического мониторинга деформаций зданий и сооружений, то первоначально применение ГНСС-технологий для этих целей вызвало трудности, связанные с ограниченной точностью измерений. По мере развития GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou и других глобальных навигационных спутниковых систем, совершенствования приема

сигналов навигационных спутников и обработки данных, оказалось возможным достичь точности измерения пространственных координат в несколько миллиметров, что уже достаточно для серьезной заявки на использование этих технологий при мониторинге смещений зданий и сооружений в плане и по высоте.

Условием для успешного применения спутниковых технологий, помимо прочего, является возможность беспрепятственного приема сигналов от спутников ГНСС. К сожалению, это условие не всегда выполнимо на практике. Например, при мониторинге состояния моста одной из основных задач является определение смещений в плане и осадок его опор. Для этого необходимо, с одной стороны, обеспечить жесткую связь антенны, принимающей сигналы спутников ГНСС, с опорой, а с другой — поднять антенну достаточно вы-

соко над всеми элементами моста, чтобы добиться приема сигналов без отражений от его конструкций. С точки зрения возможности применения спутниковых технологий интересным является вопрос: какой точности можно достичь при мониторинге деформаций крупного сооружения, если расположение антенн спутниковых приемников далеко от идеального?

В данной статье приводится пример успешного мониторинга пространственных смещений высотного здания на основе спутниковых наблюдений, выполнявшихся в течение 6 лет. Для этих работ использовалось оборудование и программное обеспечение компании JAVAD GNSS.

В 2006 г. в Москве было завершено строительство уникального сооружения — Триумф Паласа — в то время самого высокого жилого здания в Европе, имеющего 57 этажей. Его высота



Рис. 1
Места установки антенн ГНСС компании JAVAD GNSS на здании «Триумф Палас»

составляет 264,1 м, включая 49-метровый шпиль.

По углам основания шпиля здания в 2009 г. сотрудники компании JAVAD GNSS установили четыре антенны спутниковых приемников, защищенные от непогоды и повреждений кожухами (рис. 1). Сигналы со спутников ГНСС, принимаемые антеннами, передаются в расположенный в здании офис компании JAVAD GNSS, и используются при проведении различных исследований. В частности, эти данные применялись для оценки смещений здания.

Как видно из рис. 1, условия для мониторинга смещений здания с помощью геодезической спутниковой аппаратуры далеки от идеальных, вследствие наличия препятствий, ограничивающих прием сигналов от навигационных спутников для любой из антенн. Чтобы ослабить влияние этих неблагоприятных факторов, для каждой эпохи мониторинга (цикла наблюдений) обрабатывались сеансы спутниковых наблюдений, в основном, продолжительностью в одни сутки. Для оценки пространственных смещений были выбраны две антенны (А и С), расположенные в противоположных углах основания шпиля.

Общий период мониторинга составил более 6 лет (с 2009 г.

по настоящее время). В качестве референсных (опорных) точек использовались ближайшие к зданию станции международной службы IGS (International GNSS Service) — «Менделеево» (MDVJ) и «Звенигород» (ZWE2).

Сеансы спутниковых наблюдений обрабатывались в программах Giodis [1] и Justin [2]. Вычисленные координаты и их кова-

риационные матрицы импортировались в программу Deformation Analyzer [3] для геометрического и статистического анализа смещений. Полученные графики смещений в плане (Displacement E — DE, Displacement N — DN) приведены на рис. 2, а по высоте (Displacement U — DU) — на рис. 3.

Как видно на рис. 2, значимые в плане смещения выявлены не были. Разброс вычисленных плановых координат лежит, в основном, в пределах 2 см, и систематический тренд отсутствует.

Что касается вертикальных смещений, то, как показывает анализ, за период с 2009 г. до конца 2011 г. произошло оседание здания примерно на 5 см (рис. 3). Затем, как видно из рис. 3, процесс оседания замедлился, и с 2012 г. по 2016 г. осадка составила около 2–3 см. Величины и динамика смещений антенн А и С согласуются между собой.

На рис. 3 также видно, что в силу упомянутых выше условий

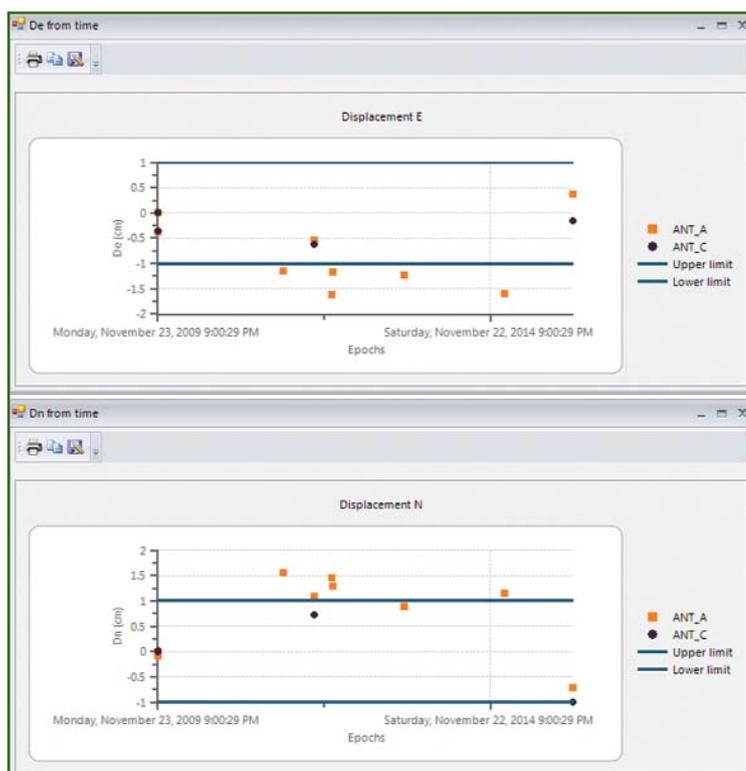


Рис. 2
Оценки смещений антенн в плане с 2009 г. по 2016 г.

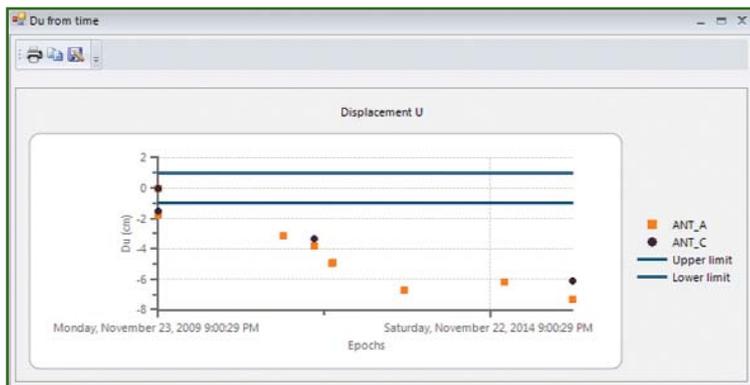


Рис. 3
Изменения высотного положения антенн за период наблюдений

спутниковых наблюдений, а также значительного расстояния от антенн, установленных на здании, до референчных станций погрешности определения высоты составляют 1–2 см. Поэтому было необходимо выполнить оценку надежности полученных смещений на фоне погрешностей определения высот антенн.

В таблице (рис. 4) приведены разности значений пространственных координат от начальной эпохи (ноябрь 2009 г.) и погрешности их определения. Кроме того, данные, приведенные в таблице, показывают — превышают ли выявленные смещения геометрические пределы (например, 1 см), заданные пользователем, либо выходят за границы доверительного интервала (например, 95%), заданного пользователем. Эпохи измерений, где имеются такие отклонения, отмечены галочками. В случае, когда для какого-либо зна-

Рис. 4
Результаты геометрического и статистического анализа смещений здания

чения разности координат превышены допустимые как геометрические, так и статистические критерии смещений, соответствующая строка таблицы выделяется красным цветом. Из таблицы видно, что имеются значимые смещения здания по высоте. Систематических горизонтальных смещений не выявлено.

Для большей наглядности этих выводов на рис. 5 линией

черного цвета показаны разности значений высоты антенны А от начальной эпохи, а линиями оранжевого цвета — погрешности их определения (величиной в «одну сигму»). На рис. 5 видно, что выявленные смещения высотного положения антенны А превышают значения погрешности их определения.

Приведенные на рис. 5 эпохи измерений охватывают значительный период времени, но распределены нерегулярно. В отличие от этого, на рис. 6 при-

ведены оценки смещений здания в плане и по высоте, полученные по результатам обработки непрерывных сеансов суточных спутниковых наблюдений, выполненных в феврале и марте 2016 г. Согласно оценкам значений координат, значимых смещений здания, включая изменение его высотного положения, за этот промежуток времени не произошло.

Представленные в статье результаты иллюстрируют предварительный опыт, полученный при оценке пространственных смещений здания «Триумф Палас». Эти исследования будут продолжаться по мере накопления новых данных ГНСС-измерений.

Однако по полученным результатам уже можно сделать вывод, что применение спутниковых технологий для мониторинга деформаций здания позволило получить значимые результаты даже в условиях неблагоприятного расположения

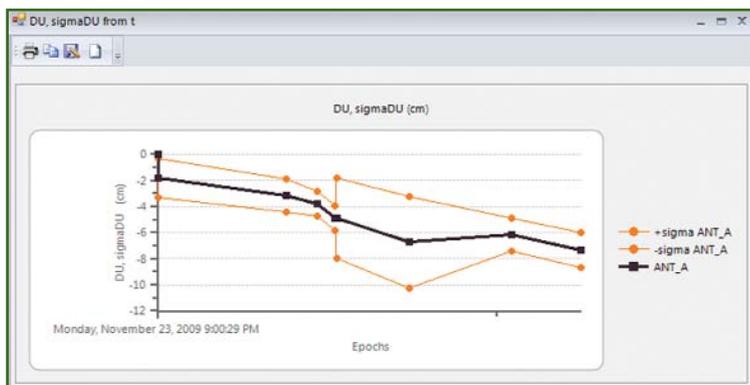


Рис. 5
Разности значений высоты антенны на здании за весь период наблюдений и погрешности их определения

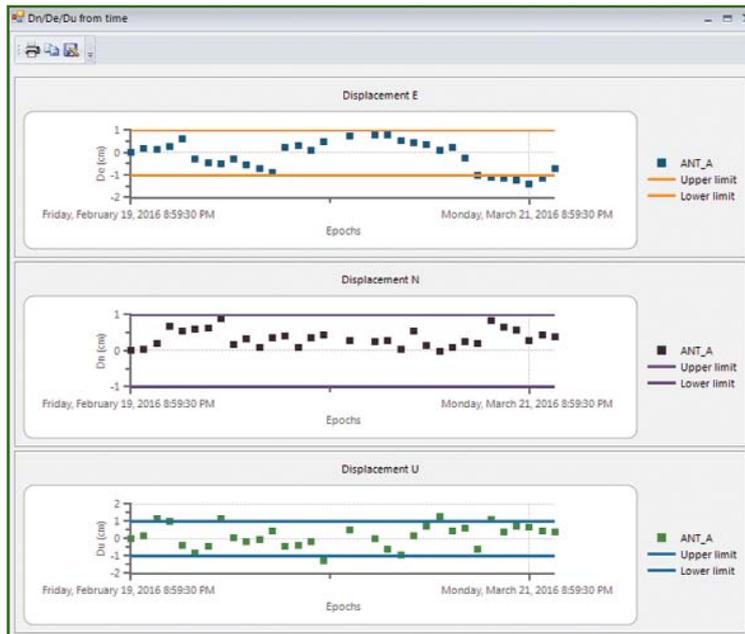


Рис. 6
Оценки смещений здания в плане и по высоте за февраль и март 2016 г.

антенн спутниковых приемников. Важно понимать ограничения, которые накладывают эти технологии. Выявление смещений, превышающих случайные и систематические погрешности

измерений, требует достаточно долгого времени наблюдения. Не всегда возможно обеспечить идеальное расположение антенн, чтобы уменьшить погрешность измерений, но это не иск-

лючает применение ГНСС-технологий.

Разработанная в компании JAVAD GNSS система мониторинга деформаций уже была применена на ряде объектов [3]. Описанные выше исследования показывают, что данные технологии могут быть использованы для оценки пространственных смещений как протяженных и площадных инженерных сооружений (мостовые переходы, плотины, стадионы и т. п.), так и высотных зданий, аналогичных Триумф Паласу.

▼ **Список литературы**

1. Бойков А.В. Giodis — новая программа обработки спутниковых измерений // Геопрофи. — 2010. — № 3. — С. 45–47.
2. Бахарев Ф.С., Джавад Ашджаи, Разумовский А.И., Рапопорт Л.Б., Удинцев В.Г. Justin — программа для постобработки спутниковых измерений JAVAD GNSS // Геопрофи. — 2011. — № 3. — С. 30–33.
3. Иодис В.Я. Система мониторинга деформаций компании JAVAD GNSS // Геопрофи. — 2015. — № 3. — С. 4–8.

**Поставка
Ремонт
Обучение
Метрология**

ЗАО "УГТ-Холдинг"

<http://ugt-holding.ru>

**Trade-in
Лизинг
Тех. поддержка
Индивидуальный подход**

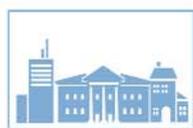
Екатеринбург (343) 210-91-91
Новосибирск (383) 335-13-57
Самара (846) 276-35-55
Уфа (347) 256-35-55
Москва (495) 935-79-90
Санкт-Петербург (812) 910-91-20

КОМПАНИЯ «СОВЗОНД»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



- **ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ** в области геоинформационных технологий, облачных вычислений и методов космического мониторинга
- **ПОСТАВКА** космических снимков и других пространственных данных
- **ПОСТАВКА** программного обеспечения и высокотехнологичного оборудования для обработки и анализа пространственных данных
- **ГОТОВЫЕ ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ**



Муниципальное хозяйство



Лесное хозяйство



Нефтегазовый комплекс



Природоохранная деятельность



Чрезвычайные ситуации



Транспорт и связь



Градостроительная деятельность



Сельское хозяйство



Геология и горная промышленность



Экология



Водное хозяйство



Рекреация и спорт

115563, Москва, ул. Шипиловская 28А, бизнес-центр «Милан»

Тел.: +7 (495) 988-7511, 988-7522 | Факс: +7 (495) 988-7533 | E-mail: sovzond@sovzond.ru | Web-site: www.sovzond.ru

ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ И КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА — СОРЕВНОВАНИЕ ИЛИ ПАРТНЕРСТВО

И.А. Рыльский («Совзонд»)

В 2002 г. окончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «магистр географии и картографии». После окончания университета работал в компаниях «Диорит», «Арк-он», «АртГео», в МГУ им. М.В. Ломоносова. С 2015 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — директор по науке и инновациям. Кандидат географических наук.

▼ Данные космической съемки сверхвысокого разрешения — возможности по точности и полноте

В настоящее время возможность получать снимки с пространственным разрешением 30 см среди съемочных систем космического базирования имеет только один космический аппарат (КА) — WorldView-3. Основной объем данных космической съемки поставляется с разрешением 50–60 см (рис. 1). Средняя стоимость таких данных составляет около 20 долларов США за 1 км² или, по существующему курсу, около 1500–1600 рублей за 1 км².

Традиционно космические снимки с разрешением 50 см

используют для создания ортофотопланов и другой картографической продукции масштаба 1:5000. В большинстве случаев, погрешность по высоте у подобных данных близка к 1,5–2 пикселям, т. е. составляет 75–100 см. Погрешность в плане, при этом, обычно находится на уровне 2–3 пикселей — 1–1,5 м (при наличии качественной модели рельефа и достаточного количества опорных точек).

Если рассмотреть требования, например, к топографическим планам масштаба 1:5000, то, согласно СНиП 11-02-96 [1], средняя погрешность высотных отметок для базового сечения рельефа данного масштаба в

2 м не должна превышать 1/3 сечения рельефа, т. е. 67 см. При этом погрешность планового положения объектов и контуров должна составлять не более 2,5 м. Нетрудно видеть, что описанные выше материалы космической съемки, в целом, пригодны для создания контурных планов (2D) масштаба 1:5000, но немного не дотягивают в точности определения высот.

Для космических снимков с разрешением 30 см, которые обычно позиционируются как достаточные для создания топографических планов масштаба 1:2000, ситуация аналогичная. Обеспечиваются требования к допустимой погрешности



Рис. 1

Пример снимков с разрешением 30 см (КА WorldView-3, слева) и 50 см (КА WorldView-2, справа)

планового положения контуров в 1 м, а погрешность определения высот не соответствует требованиям СНиП 11-02-96 [1] к топографическим планам масштаба 1:2000 с сечением рельефа 1 м. Так, погрешность в высоте, которая может быть достигнута по космическим снимкам с разрешением в 30 см, составляет 45–60 см, а по нормативным документам должна быть не более 33 см.

Кроме того, несмотря на высокое разрешение снимков, кроны деревьев не становятся прозрачнее, и оператор может только догадываться об истинной форме рельефа под пологом растительности, поэтому созданная им цифровая модель рельефа, скорее всего, не будет соответствовать требованиям по точности. При этом на топографических планах масштабов 1:2000 и 1:5000 при рисовке рельефа необходимо отображать мелкие формы и микроформы (эрозионные врезы, откосы, бровки и проч.).

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на значительный прогресс в области космической съемки, данные сверхвысокого разрешения имеют те же проблемы при обработке, что и материалы традиционной аэрофотосъемки, которые при этом обладают разрешающей способностью, как правило, лучше 30 см.

▼ **Существуют ли более совершенные решения для создания топографических планов масштабов 1:2000 и 1:5000?**

Да, подобные решения известны с начала 2000-х гг. — это технология воздушного лазерного сканирования [2, 3]. Как правило, системы воздушного лазерного сканирования включают цифровые аэрофотокамеры среднего формата (а иногда и широкоформатные камеры), работающие синхронно

с воздушным лазерным сканером, позволяя одновременно получать цветные снимки. Лазерные импульсы способны как отражаться от кроны деревьев, так и проникать сквозь незначительные просветы между листьями до земли, давая исчерпывающе полную картину состояния рельефа и микро-рельефа. На рис. 2 показано как точки лазерных отражений «пробивают» растительный покров. Точность воздушного лазерного сканирования (в плане и по высоте) составляет около 5–8 см, что позволяет создавать топографические планы масштабов от 1:500 до 1:5000 включительно.

По сравнению с классической аэрофотосъемкой технология воздушного лазерного сканирования обладает существенным преимуществом в скорости обработки результатов съемки. Действительно, необходимость выполнения фото-триангуляции и восстановления модели рельефа земной поверхности с использованием автоматизированных (корреляционных) или ручных стереоизмерений при использовании этой технологии отсутствует. Пространственные координаты объектов измеряются напрямую, в том числе, в стесненных условиях (например, в «колодцах», образуемых близко стоящими высотными зданиями), на вертикальных стенах, проводах, висячих конструкциях и т. п., словом, на всех объектах, представляющих собой настоящий «кошмар» для фотограм-

метристов при обработке стереоизображений.

Однако у систем лазерного сканирования имеются и недостатки. Или, по крайней мере, были. Вплоть до недавнего времени подобные системы отличала небольшая высота съемки, а ее увеличение приводило к резкому уменьшению плотности сканирования. Также следует отметить достаточно высокую стоимость проведения работ, что собственно, и являлось следствием первых двух причин. Кроме того, системы с качающимся зеркалом обладают серьезными ограничениями, связанными с возможностью обеспечения равномерного покрытия снимаемой территории точками лазерных отражений (ТЛО), особенно, при использовании их на скоростных воздушных носителях (например, самолетах типа Ан-30 или L-410). Системы с вращающимся зеркалом (призмой) подобных ограничений не имеют.

Несмотря на высокую стоимость самих систем лазерного сканирования, ее нельзя рассматривать как главную причину удорожания услуги. Действительно, стоимость широкоформатных аэрофотокамер не ниже, а порой в несколько раз выше стоимости систем воздушного лазерного сканирования.

В 2014 г. появились системы лазерного сканирования с чрезвычайно высокой производительностью, в которых проблема падения частоты сканирования с увеличением высоты



Рис. 2

Пример данных, полученных системой Riegl Q560 (переход р. Ангара, съемка для составления топографического плана в масштабе 1:2000)

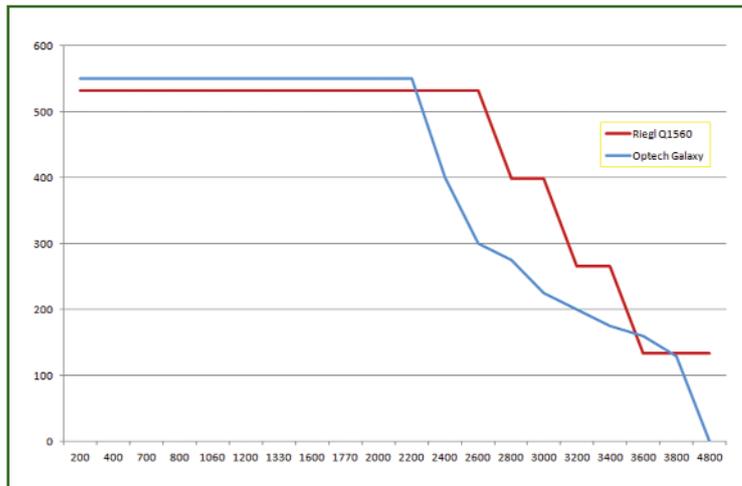


Рис. 3

Зависимость частоты сканирования от высоты съемки у систем Riegl Q1560 и Optech Galaxy. Ось X — высота съемки в м, ось Y — частота сканирования в тыс. точек в секунду

съемки была практически решена (рис. 3). Это позволило «поднять» потолок сканирования при обеспечении заданной плотности ТЛО в несколько раз. Примером подобной системы является Riegl Q1560. Благодаря вращающейся многогранной зеркальной призме, данная система обеспечивает равномерное распределение точек лазерных отражений в строке и между строками во всем диапазоне высот съемки при скорости воздушного носителя 180 км/ч, а на высоте от 600 м до 4700 м — при скорости 350–450 км/ч.

На рис. 3 видно, что до высоты 2500 м частота сканирования системы Riegl Q1560 не падает, а остается максимальной. Это достигается за счет технологии MTA (Multiple Turn-Around) [4], позволяющей в процессе постобработки разрешать неоднозначность, возникающую при нахождении в воздухе нескольких лазерных импульсов одновременно (поддерживается до 10 импульсов). Высокая мощность лазера обеспечивает большой запас по высоте, до которой нет необходимости снижать частоту сканирования.

▼ Почему это интересно компании «Совзонд»?

Несмотря на всем известные плюсы космической съемки — высокую производительность, низкую стоимость минимального заказа, возможность быстрой покупки архивных данных — у нее есть и минусы, которые все сильнее начинают проявляться по мере увеличения объема заказа и разрешения снимков.

Анализ структуры заказов космических снимков, поставляемых компанией «Совзонд», начиная с 2007 г., показывает рост объемов в области данных сверхвысокого разрешения. Интерес к данным с разрешением в 30 см в настоящее время ограничивается только их стоимостью, которая примерно в 2,5–3 раза выше стоимости данных с разрешением 50 см, и длинной очередью желающих их приобрести, обусловленной наличием одного КА, обеспечивающего такое разрешение. Так, космическая съемка территории, площадью 2000–3000 км², с разрешением 30 см, может занять несколько месяцев. Она может вообще не состояться в районах с неустойчивыми погодными условиями, поскольку периодич-

ность прохождения КА над заданным районом не может быть изменена.

В то же время, используя для съемки системы воздушного лазерного сканирования, появляется возможность работать под облаками, ловить небольшие «окна» погоды и не зависеть от большого числа ранее обратившихся заказчиков. Но самое главное — можно сразу получить информацию о рельефе, на основе которой немедленно приступить к ортотрансформированию снимков. При этом, заказчику предлагается широкий спектр продукции, недоступной при использовании обычной аэрофото- или космической съемки:

- цифровая модель рельефа со 100% покрытием всей территории и беспрецедентной детальностью, несмотря на наличие лесных массивов;

- цифровая модель относительных высот (от поверхности земли) надземных объектов (дома, опоры линий электропередачи, вышки систем мобильной связи и др.);

- профили линейных сооружений и рельефа местности по заданным направлениям.

Таким образом, материалы высокопроизводительной воздушной лазерной съемки с одновременной аэрофотосъемкой могут создать неплохую альтернативу космическим данным, а именно — их наиболее массовому сегменту с разрешением от 30 до 50 см.

Вопрос в данном случае состоит только в цене. Именно поэтому, используя открытые сведения о технических характеристиках двух наиболее производительных в настоящее время систем воздушного лазерного сканирования Riegl Q1560 и Optech Galaxy [5, 6], был выполнен ряд простых расчетов, в том числе и по стоимости. Остальные системы в данной работе не рассматривались, ввиду ли-

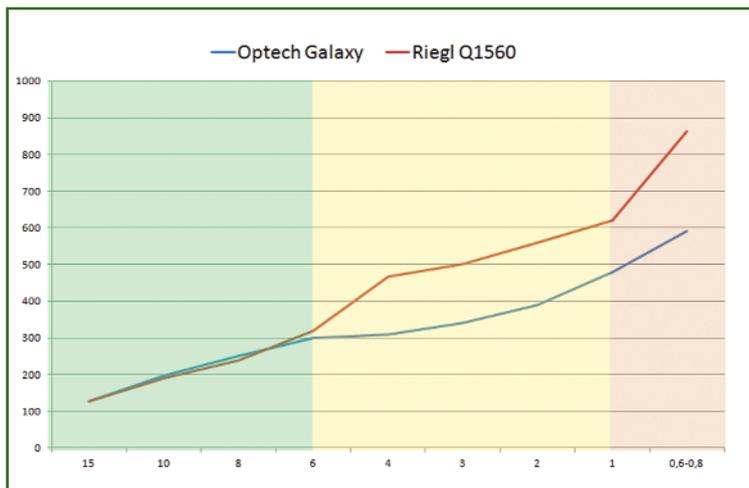


Рис. 4
Производительность съемки системами Riegl Q1560 и Optech Galaxy с самолета Ан-2 для различной плотности сканирования (масштаба). Ось X — плотность точек на 1 м², ось Y — площадь съемки в км² за один летный час

бо их существенно меньшей производительности, либо невозможности выполнять измерения на высоте 2500 м и более.

▼ **Исходные условия расчетов**

Для обеспечения реалистичности выводов были выбраны территории с объектами, обладающими отражающей способностью на уровне темнохвойных лесов с альбедо* 40%. Поскольку упоминающиеся в данной статье системы воздушного лазерного сканирования работают на одинаковой длине волны, вводить поправки в альбедо за изменение длины волны не требуется. В расчетах производительности было принято, что на съемку новых территорий затрачивается только 40% летного времени, а остальные 60% — уходят на подлет, развороты и обеспечение перекрытия. При расчете итоговой ожидаемой «коммерческой себестоимости» принималось, что авиационные работы составляют лишь 40% финансовых затрат на выполнение проекта — все остальное является амортизацией оборудова-

ния, затратами на зарплату, командировки и т. п.

В качестве авиационных носителей для данных систем были выбраны их наиболее типичные представители:

— Ан-2 — довольно распространенный легкий многоцелевой самолет, обычно применяемый для лазерного сканирования;

— Ан-30 — самолет для воздушного наблюдения и аэрофотосъемки, классический пример носителя для аэрофотосъемочной системы.

На рис. 4 приведена оценка производительности съемки территории, площадью 1 км², на один летный час системами Riegl Q1560 и Optech Galaxy, установленными на Ан-2 (прямолинейный полет), при работах с различной плотностью сканирования (количество ТЛО на 1 м²). В расчетах использовались цены за один летный час работ, взятые с некоторым запасом (возможность арендовать самолет дешевле существует, но это зависит также и от региона работ).

Как следует из рис. 4, производительность съемки для составления картографической продукции масштабов 1:2000 и 1:5000, которая в настоящее время наиболее интересна клиентам компании «Совзонд», выполненной с помощью системы Riegl Q1560, в 1,5 раза выше, чем производительность съемки системой Optech Galaxy. Очевидно, что если для заказчика основным показателем является себестоимость работ, то производительность — ключевой фактор для выбора системы. Именно поэтому во всех дальнейших расчетах используются технические характеристики системы Riegl Q1560.

| Высота | Частота сканирования | Частота эффективная | ТЛО/м2 | Сред. Расст. между ТЛО, см | Разрешение фотоснимков, масштаб | Соответствует масштабу | Производительность, в летный час, км2* | Производительность при КПД съемки в части летных работ | Себестоимость, рублей/км2 (в коммерческой) | Ожидаемая стоимость, руб/км2 |
|--------|----------------------|---------------------|--------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|--|--|--|------------------------------|
| 200 | 800 | 528 | 52,8 | 14 | 2 | 500 | 36 | 14 | 4 861 | 12 153 |
| 400 | 800 | 528 | 26,4 | 19 | 4 | 500 | 72 | 29 | 2 431 | 6 076 |
| 600 | 800 | 528 | 17,6 | 24 | 6 | 500 | 108 | 43 | 1 620 | 4 051 |
| 800 | 800 | 528 | 13,2 | 28 | 8 | 1 000 | 144 | 58 | 1 215 | 3 038 |
| 1000 | 800 | 528 | 10,6 | 31 | 10 | 1 000 | 180 | 72 | 972 | 2 431 |
| 1200 | 800 | 528 | 8,8 | 34 | 12 | 1 000 | 216 | 86 | 810 | 2 025 |
| 1400 | 800 | 528 | 7,5 | 36 | 14 | 1 000 | 252 | 101 | 694 | 1 736 |
| 1600 | 800 | 528 | 6,6 | 39 | 16 | 2 000 | 288 | 115 | 608 | 1 519 |
| 1800 | 800 | 528 | 5,9 | 41 | 18 | 2 000 | 324 | 130 | 540 | 1 350 |
| 2000 | 800 | 528 | 5,3 | 44 | 20 | 2 000 | 360 | 144 | 486 | 1 215 |
| 2200 | 800 | 528 | 4,8 | 46 | 22 | 2 000 | 396 | 158 | 442 | 1 105 |
| 2400 | 800 | 528 | 4,4 | 48 | 24 | 2 000 | 432 | 173 | 405 | 1 013 |
| 2600 | 800 | 528 | 4,1 | 50 | 26 | 2 000 | 468 | 187 | 374 | 935 |
| 2800 | 600 | 396 | 2,8 | 59 | 28 | 2 000 | 504 | 202 | 347 | 868 |
| 3000 | 600 | 396 | 2,6 | 62 | 30 | 2 000 | 540 | 216 | 324 | 810 |
| 3200 | 400 | 264 | 1,7 | 78 | 32 | 5 000 | 576 | 230 | 304 | 760 |
| 3400 | 400 | 264 | 1,6 | 80 | 34 | 5 000 | 612 | 245 | 286 | 715 |
| 3600 | 200 | 132 | 0,7 | 117 | 36 | 5 000 | 648 | 259 | 270 | 675 |
| 3800 | 200 | 132 | 0,7 | 120 | 38 | 5 000 | 684 | 274 | 256 | 640 |
| 4000 | 200 | 132 | 0,7 | 123 | 40 | 5 000 | 720 | 288 | 243 | 608 |

Рис. 5
Параметры качества и стоимость работ при съемке системой Riegl Q1560 с Ан-2

* Альбедо (лат. Albus — белый) — характеристика диффузной отражательной способности поверхности.

| Высота сканирования | Частота сканирования | Частота эффективная | ТЛО/м2 | Сред. Расст. между ТЛО, см | Разрешение фотоснимков | Соответствует масштабу | Производительность, в летный час, км2* | Производительность при КПД съемки в 40% | Себестоимость, рублей/км2 (в части летных работ) | Ожидаемая коммерческая стоимость, руб/км2 | |
|---------------------|----------------------|---------------------|--------|----------------------------|------------------------|------------------------|--|---|--|---|--------|
| 200 | 800 | 528 | 22,0 | 21 | 2 | 2 | 500 | 86,4 | 35 | 5 208 | 13 021 |
| 400 | 800 | 528 | 11,0 | 30 | 4 | 4 | 500 | 172,8 | 69 | 2 604 | 6 510 |
| 600 | 800 | 528 | 7,3 | 37 | 6 | 6 | 500 | 259,2 | 104 | 1 736 | 4 340 |
| 800 | 800 | 528 | 5,5 | 43 | 8 | 8 | 1 000 | 345,6 | 138 | 1 302 | 3 255 |
| 1000 | 800 | 528 | 4,4 | 48 | 10 | 10 | 1 000 | 432 | 173 | 1 042 | 2 604 |
| 1200 | 800 | 528 | 3,7 | 52 | 12 | 12 | 1 000 | 518,4 | 207 | 868 | 2 170 |
| 1400 | 800 | 528 | 3,1 | 56 | 14 | 14 | 1 000 | 604,8 | 242 | 744 | 1 860 |
| 1600 | 800 | 528 | 2,8 | 60 | 16 | 16 | 2 000 | 691,2 | 276 | 651 | 1 628 |
| 1800 | 800 | 528 | 2,4 | 64 | 18 | 18 | 2 000 | 777,6 | 311 | 579 | 1 447 |
| 2000 | 800 | 528 | 2,2 | 67 | 20 | 20 | 2 000 | 864 | 346 | 521 | 1 302 |
| 2200 | 800 | 528 | 2,0 | 71 | 22 | 22 | 2 000 | 950,4 | 380 | 473 | 1 184 |
| 2400 | 800 | 528 | 1,8 | 74 | 24 | 24 | 2 000 | 1036,8 | 415 | 434 | 1 085 |
| 2600 | 800 | 528 | 1,7 | 77 | 26 | 26 | 2 000 | 1123,2 | 449 | 401 | 1 002 |
| 2800 | 600 | 396 | 1,2 | 92 | 28 | 28 | 2 000 | 1209,6 | 484 | 372 | 930 |
| 3000 | 600 | 396 | 1,1 | 95 | 30 | 30 | 2 000 | 1296 | 518 | 347 | 868 |
| 3200 | 400 | 264 | 0,7 | 121 | 32 | 32 | 5 000 | 1382,4 | 553 | 326 | 814 |
| 3400 | 400 | 264 | 0,6 | 124 | 34 | 34 | 5 000 | 1468,8 | 588 | 306 | 766 |
| 3600 | 200 | 132 | 0,3 | 181 | 36 | 36 | 5 000 | 1555,2 | 622 | 289 | 723 |
| 3800 | 200 | 132 | 0,3 | 186 | 38 | 38 | 5 000 | 1641,6 | 657 | 274 | 685 |
| 4000 | 200 | 132 | 0,3 | 191 | 40 | 40 | 5 000 | 1728 | 691 | 260 | 651 |

Рис. 6

Параметры качества и стоимость работ при съемке системой Riegl Q1560 с Ан-30

Система Riegl Q1560 может комплектоваться штатной цветной среднеформатной цифровой аэрофотокамерой с 80-мегапиксельной матрицей и объективом с фокусным расстоянием 55 мм, что позволяет получать цветные снимки и применять их для создания картографической продукции крупных масштабов.

Используя приведенную выше методику, технические характеристики системы Riegl Q1560 и штатной аэрофотокамеры, стоимость аренды самолетов Ан-2 и Ан-30, были вычислены следующие параметры качества съемки и стоимость работ, приведенные в таблицах на рис. 5 и 6:

- частота сканирования;
- частота эффективная;
- количество ТЛО на 1 м²;
- среднее расстояние между ТЛО;
- разрешение цветных цифровых снимков;
- соответствие разрешения снимков конкретному масштабу;
- производительность съемки за один летный час;
- производительность съемки с КПД 40%;
- себестоимость летных работ на 1 км²;
- ожидаемая коммерческая стоимость съемки 1 км².

В каждой таблице цвет строки соответствует определенному масштабу: зеленый — 1:1000, желтый — 1:2000, оранжевый — 1:5000.

На основе данных, приведенных в таблицах на рис. 5 и 6, были построены графики, представленные на рис. 7–9, которые позволяют оценить разрешение цифровых снимков и плотность ТЛО, получаемые системой Riegl Q1560, а также сделать прогноз ожидаемой стоимости работ для создания картографической продукции различных масштабов.

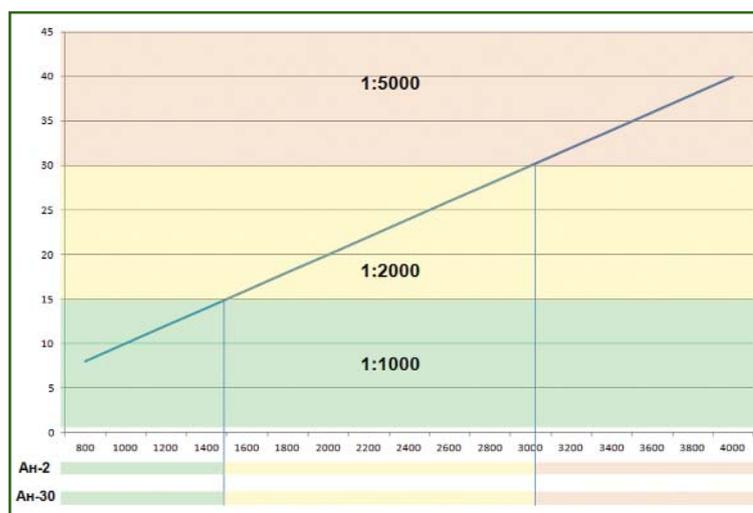


Рис. 7

Разрешение снимков, получаемых при использовании штатной цифровой среднеформатной фотокамеры совместно с системой Riegl Q1560. Ось X — высота съемки в м, ось Y — разрешение снимка в см

На рис. 7. можно увидеть, что при высоте съемки от 800 м до 4000 м перекрывается диапазон масштабов от 1:1000 до 1:5000, при этом разрешение цифровых снимков остается лучше 50 см, не превышая 40 см.

На рис. 8 приведена зависимость плотности ТЛО от высоты съемки системой Riegl Q1560, установленной на Ан-2 и Ан-30. Нетрудно заметить, что при съемке с Ан-2 на высоте более 800 м достигается плотность ТЛО, обеспечивающая создание картографических материалов масштабов 1:1000, 1:2000 и 1:5000. При съемке с Ан-30 на аналогичных высотах достигается плотность ТЛО, достаточная для масштабов 1:2000 и 1:5000.

Представленные на рис. 9 зависимости показывают, что при использовании системы Riegl Q1560 и подборе носителя можно выполнять съемку для создания топографических планов масштаба 1:1000 по цене от 1400 руб./км², масштаба 1:2000 — от 750 руб./км², масштаба 1:5000 — от 650 руб./км². Сравнивая эти цены со стоимостью уже упоми-

навшихся космических снимков с разрешением 50 см в 1500 руб./км², которые к тому же не позволяют создать полноценный топографический план масштаба 1:2000 или 1:5000, можно сделать вывод, что применение подобной системы на российском рынке способно потеснить позиции поставщиков подобных космических данных.

В приведенных ценах не учтены затраты на плано-высотное обоснование, создание ортофотопланов, цифровых моделей рельефа (следует отметить, что в стоимость поставки космических снимков они тоже не входят). Не учтен перелет самолета до места работ — на небольших по объему проектах это может привести к существенному удорожанию стоимости работ. Есть также ряд иных допущений, однако общий итог говорит об одном — применение высокопроизводительных систем воздушного лазерного сканирования приведет к снижению затрат на получение цифровых снимков до уровня массово доступных данных космической съемки с разрешением 50 см.

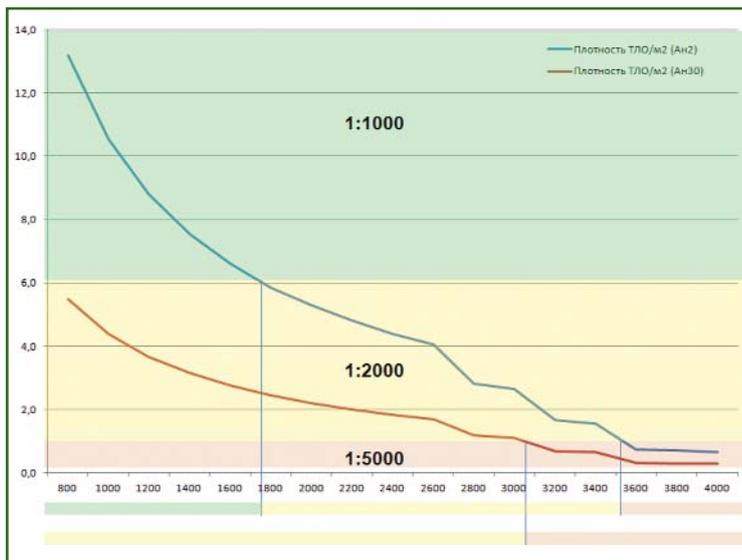


Рис. 8

Плотность ТЛО, получаемая системой Riegl Q1560 при использовании различных носителей. Ось X — высота съемки в м, ось Y — количество точек на 1 м²

В настоящее время система, которая может обеспечить съемку с частотой сканирования более 500 000 точек в секунду на высоте до 2500 м и равномерное покрытие снимаемой территории ТЛО при использовании скоростных воздушных носителей, всего одна — Riegl Q1560. К сожалению, другие производители предлагают системы воздушного ла-

зерного сканирования, которые не позволяют достичь аналогичной ценовой эффективности. Поэтому компания «Совзонд» рассматривает возможность частичной замены данных космической съемки цифровыми снимками, получаемыми с помощью системы, подобной Riegl Q1560.

▼ Список литературы

1. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Дата введения 2013-07-01.
2. Григорьев А.В., Медведев Е.М. С лазерным сканированием на вечные времена // Геопрофи. — 2003. — № 1. — С. 5–10.
3. Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и леса: Учебное пособие. — 2-е изд., переработанное и доп. — М.: Геолидар, Геокосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007.
4. Инновационные решения RIEGL для воздушного лазерного сканирования. // Геопрофи. — 2014. — № 6. — С. 18–25.
5. RIEGL Laser Measurement Systems GmbH. — www.riegl.com.
6. Teledyne Optech. — www.teledyneoptech.com.

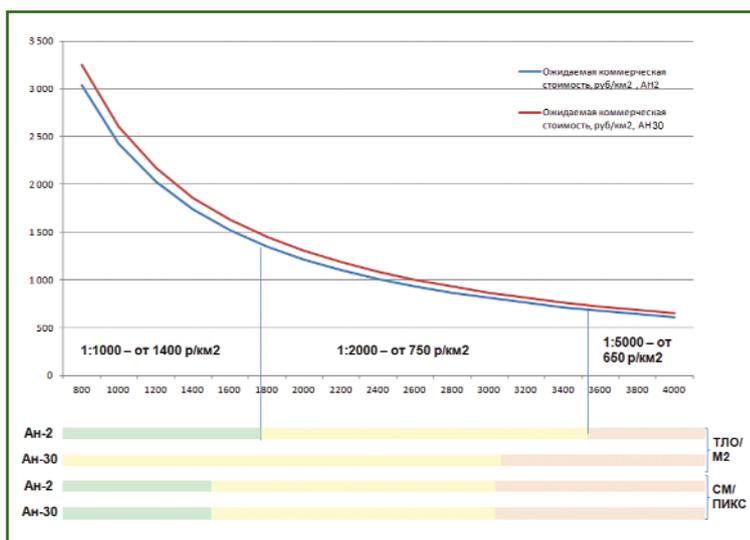


Рис. 9

Ожидаемая стоимость работ получения снимков для создания картографической продукции различных масштабов с помощью системы Riegl Q1560 с Ан-2 и Ан-30

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 24 М ДО 4000 КМ

И.С. Сильвестров (ВНИИФТРИ)

В 2003 г. окончил факультет микроприборов и технической кибернетики Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники» по специальности «магистр по направлению информатика и вычислительная техника». После окончания университета работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — заместитель начальника научно-исследовательского отделения. Кандидат технических наук.

А.В. Мазуркевич (ВНИИФТРИ)

В 1998 г. окончил Серпуховский военный институт РВСН (в настоящее время — Серпуховский филиал военной академии РВСН имени Петра Великого) по специальности «приборы и системы ориентации, навигации и стабилизации». После окончания института проходил службу в должности помощника начальника отделения контроля прицеливания и астрономо-геодезического обеспечения войсковой части 44039. С 2002 г. работал в 32-м Государственном научно-исследовательском институте МО РФ. С 2012 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — начальник отдела метрологического обеспечения геодезических измерений.

Д.М. Верницкий (ВНИИФТРИ)

В 1985 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал в ГУП «МосЦТИСИЗ», с 2001 г. — в ООО НПП «Геокосмос». С 2007 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — начальник лаборатории.

Д.А. Соколов (ВНИИФТРИ)

В 2005 г. окончил физико-математический факультет Московского государственного областного университета по специальности «физика, информатика». После окончания университета работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — научный сотрудник.

Д.А. Голуб (ВНИИФТРИ)

В 2013 г. окончила факультет картографии и геоинформатики МИИГАиК по специальности «инженер-картограф». После окончания университета работала в ООО «ГИС ИННОВАЦИЯ». С 2014 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — инженер-геодезист.

Государственное регулирование защиты прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений в Рос-

сийской Федерации регулируются Федеральным законом от 26 августа 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», который устанавливает обязательные метрологические

требования, обеспечивающие получение объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окру-

жающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической. Требования этого закона также распространяются на осуществление геодезической и картографической деятельности, проводимой в соответствии с Федеральным законом от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ «О геодезии и картографии». Таким образом, средства измерений, которые применяются при выполнении геодезических и картографических работ, должны проходить испытания в целях утверждения типа и поверку.

Одним из основных видов измерений, осуществляемых в сфере геодезии и картографии, является измерение длины (приращения координат) в диапазоне от нескольких метров до сотен километров. Однако, в начале 2000-х гг. сложилась ситуация, когда имевшаяся эталонная база не всегда позволяла в полной мере обеспечить передачу эталонной единицы длины к рабочим средствам измерений в соответствии с требованиями действующего законодательства об обеспечении единства измерений. Это было связано как с повышением точностных характеристик рабочих средств измерений (спутниковые геодезические приемники и лазерные дальномерные системы, включая сканирующие), так и с тем фактом, что первичный эталон длины для расстояний более десятков метров находился на террито-

рии Украины и, после распада СССР, стал недоступен для применения в РФ.

В связи с этим с 2007 г. по 2012 г. в ФГУП «ВНИИФТРИ» по заказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии была проведена разработка, изготовление и утверждение Государственного первичного специального эталона единицы длины в диапазоне от 24 м до 4000 км (ГЭТ 199-2012).

▼ **Состав и назначение Государственного первичного специального эталона единицы длины**

ГЭТ 199-2012 является базовым государственным первичным эталоном для осуществления измерений в таких областях, как геодезия и картография, создание и применение глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) (в первую очередь для построения и обеспечения функционирования фундаментальной государственной геодезической сети в РФ), мониторинг стабильности объектов повышенной опасности, обеспечение обороны и безопасности государства и многих других.

В настоящее время ГЭТ 199-2012 применяется для оценки показателей точности высокоточных средств измерений длины и приращений координат, используемых в РФ, а также при оценке соответствия продукции требованиям технических регламентов (например, оценка погрешности пройденного пути

для тахографов). Перечень геодезических средств измерений, метрологическая оценка которых осуществляется с использованием ГЭТ, включает: базисы линейные и пространственные, системы измерительные (геодезические сети базисные опорные активные), радиодальномеры, рейки нивелирные, специальные средства измерений геометрических характеристик строительных изделий и конструкций, тахографы, тахеометры электронные, светодальномеры, системы лазерные координатно-измерительные, сканеры лазерные наземные и воздушные, аппаратуру аэросъемочную цифровую фотографическую, нивелиры оптические, нивелиры цифровые, нивелиры лазерные, геодезические приемники сигналов GPS/ГЛОНАСС/Galileo, станции опорные и контрольно-корректирующие GPS/ГЛОНАСС/Galileo и др. При этом работы, проводимые на ГЭТ, позволяют, в том числе, обеспечить доступ на территорию РФ только тех средств измерений, которые однозначно соответствуют заявляемым для них характеристикам.

ГЭТ 199-2012 включает три государственных первичных эталона единиц длины:

- эталонный измерительный комплекс длины до 60 м;
- лазерный эталон сравнения и эталонные базисы в диапазоне 24–3000 м;
- эталоны сравнения на основе приемников космических навигационных систем (приемников ГНСС) и опорные

Основные метрологические характеристики эталонного измерительного комплекса длины до 60 м

Таблица 1

| Показатель | Значение |
|---|---|
| Предел допускаемых абсолютных значений среднего квадратического отклонения результата измерений | 10 мкм |
| Граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,95) | (10 + 0,5 L) мкм, где L — длина базиса в метрах |

базисные пункты в диапазоне 1–4000 км [1].

▼ **Эталонный измерительный комплекс длины до 60 м**

Этот комплекс используется, главным образом, для проведения поверок, калибровок и испытаний с целью утверждения типа рабочих эталонов длины, высокоточных электронных тахеометров, трекеров, интерферометров, лазерных рулеток и других измерительных приборов, а также, для проведения научно-исследовательских работ [2]. Основные метрологические характеристики комплексы приведены в табл. 1.

В состав комплекса входят (рис. 1):

- стойка управления и контроля;
- стойка индикации и контроля;
- стойка питания измерительного базиса;
- измерительный базис протяженностью до 60 м;
- двухмодовый лазерный интерферометр и др.

Принцип работы комплекса основан на регистрации минимумов сигналов двухчастотной интерференции с высоким разрешением и низкой инструментальной погрешностью.

Конструкция комплекса представляет собой измери-



Рис. 2

Электронный тахеометр, входящий в состав лазерного эталона сравнения и эталонных базисов в диапазоне 24–3000 м

тельную линию длиной до 60 м, выполненную в виде горизонтальной направляющей, по которой перемещается каретка с отражателями. Положение каретки измеряется с погрешностью до 2 микрон с помощью абсолютного дальномера на основе двухмодового гелий-неонового (He-Ne) лазера ЛГВС-21/1. Лазер генерирует две моды с ортогональными поляризациями и мощностью излучения в каждой моде приблизительно 0,4 мВт. Межмодовый интервал составляет 643 МГц. Оптические частоты этого лазера стабилизированы по линии усиления He-Ne среды. Лазер имеет систему

стабилизации межмодового интервала оптического излучения.

Вдоль измерительной линии расположено 32 прецизионных датчика температуры, а также измерители давления, влажности и содержания углекислого газа. С одной стороны измерительного комплекса расположено место для установки поверяемых приборов [2–4].

▼ **Лазерный эталон сравнения и эталонные базисы в диапазоне 24–3000 м**

Основной частью данного эталона является дальномер электронного тахеометра (рис. 2). Он позволяет определять расстояния в диапазоне от 24 м до 3000 м. При проведении измерений учитываются данные о показателе преломления атмосферы вдоль трассы измерений, получаемые с помощью метеоприборов.

Основные метрологические характеристики эталона приведены в табл. 2.

В состав эталона входят:

- высокоточные средства измерений длины (электронные тахеометры);
- базисные пункты в диапазоне длин от 24 м до 3000 м;
- комплекс средств измерения метеорологических параметров.



Рис. 1

Эталонный измерительный комплекс длины до 60 м

Основные метрологические характеристики лазерного эталона сравнения

Таблица 2

| Показатель | Значение |
|---|---|
| Предел допускаемых абсолютных значений среднего квадратического отклонения результата измерений | На нижней границе диапазона — $\leq 0,05$ мм; на верхней границе диапазона — $\leq 1,0$ мм |
| Граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,95) | 0,2 мм |

Основные метрологические характеристики эталонов сравнения на основе приемников космических навигационных систем

Таблица 3

| Показатель | Значение |
|---|---|
| Предел допускаемых абсолютных значений среднего квадратического отклонения результата измерений | На нижней границе диапазона — $\leq 1,0$ мм; на верхней границе диапазона — $\leq 20,0$ мм |
| Граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,95) | 20 мм |

Все электронные тахеометры, входящие в состав эталона, подвергаются поверкам и калибровкам, для чего используется эталонный измерительный комплекс длины в диапазоне до 60 м. Это позволяет осуществлять передачу единицы длины от эталонного измерительного комплекса длины в диапазоне до 60 м к лазерному эталону сравнения.

▼ **Эталоны сравнения на основе приемников космических навигационных систем и опорные базисные пункты в диапазоне 1–4000 км**

Основной составной частью этих эталонов и опорных базисных пунктов является базис длиной 4156 км, образуемый базисными пунктами, расположенными в Менделеево (Московская область) и Иркутске (рис. 3), на которых размещена аппаратура беззапросных измерительных станций (БИС) и квантово-оптических систем (КОС).

Основные метрологические характеристики эталонов приведены в табл. 3.

В состав эталонов входят:

— геодезические спутниковые приемники, принимающие сигналы ГНСС (GPS и ГЛОНАСС);

— опорные базисные пункты в Московской области и Иркутске (рис. 4);

— комплексы аппаратно-программных средств опорных базисных пунктов и базисов в Московской области и Иркутске.

Принцип работы эталонов основан на проведении калибровки КОС (определении систематической составляющей погрешности измерения спутникового дальномера) и калибровки БИС (определении инструментальной погрешности приемников). Далее осуществляется взаимная привязка пунктов размещения КОС и БИС

в Московской области и Иркутске, и выполняется совместная обработка измерений КОС и БИС для вычисления действительного значения базиса номинальной длиной 4000 км.

В заключение следует отметить, что государственный первичный специальный эталон единицы длины в диапазоне от 24 м до 4000 км обеспечивает хранение и передачу единицы длины с наивысшей точностью в Российской Федерации. Первичный эталон позволяет осуществлять оценку и контроль точностных характеристик существующих средств измере-

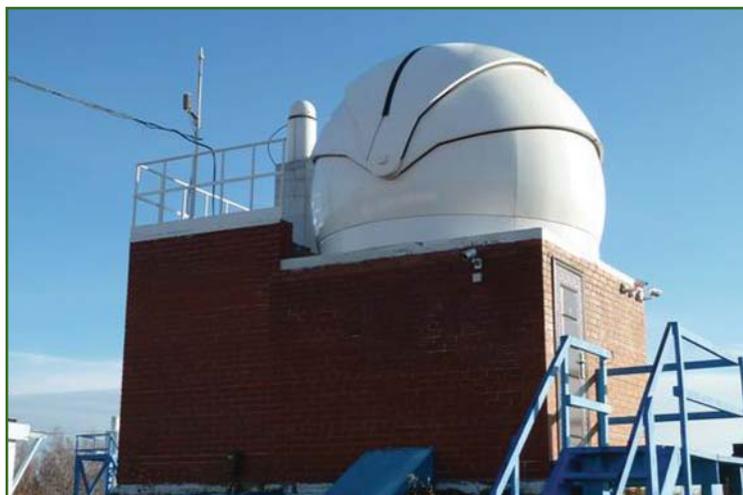


Рис. 3
Базисный пункт в Иркутске



Рис. 4
Опорный базисный пункт в Иркутске

ний длины, включая геодезические.

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию метрологических характеристик государственных эталонов длины в диапазонах 24–60 м и 24–3000 м.

▼ Список литературы

1. Щипунов А.Н., Татаренков В.М., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Федотов В.Н., Васильев М.Ю., Соколов Д.А. Эталонный комплекс средств обеспечения единства измерений длины в диапазоне свыше 24 м: текущее состояние и перспек-

тивы развития // Измерительная техника. — 2014. — № 11. — С. 4–7.

2. Соколов Д.А., Васильев М.Ю., Губин С.А., Олейник-Дзядик О.М., Татаренков В.М., Фонда А.Н. Эталонный измерительный комплекс длины в диапазоне до 60 м из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины в диапазоне 24 м — 4000 км (ГПСЭД) // Метрология времени и пространства. — 2014. — С. 146.

3. Соколов Д.А. Разработка, исследование и применение двухволнового лазерного интерферометра для воспроизведения единицы длины в диапазоне до 60 метров // Метрология в XXI веке. — 2013. — С. 108–113.

4. Татаренков В.М., Щипунов А.Н., Бузыкин В.Н., Васильев М.Ю., Губин С.А., Олейник-Дзядик О.М., Соколов Д.А. Фемтосекундные технологии воспроизведения единицы длины метра на микронном уровне в диапазоне длин до 60 м // Метрология времени и пространства. — 2014. — С. 144–145.

СТАЛКЕР 15-12, 15-14 ТРАССОИСКАТЕЛИ

ПРИЕМНИК ПТ-14

GPS

выноска подземных трасс с последующим наложением на карту.

ФУНКЦИЯ „КОМПАС“

схематическое отображение коммуникации на дисплее приемника.

ПРИЕМНИК ПТ-12

АНТИБЛИКОВЫЙ ДИСПЛЕЙ;

АКТИВНЫЕ ЧАСТОТЫ:

1024 Гц, 8928 Гц, 33 кГц;

ПАССИВНЫЕ ЧАСТОТЫ:

ЭФИР 48-14000 Гц;

РАДИО 10-36000 Гц;

50 Гц;

МАЛЫЙ ВЕС.



ГЕНЕРАТОР ГТ-15

МОЩНОСТЬ 10 Вт;

БЕСКОНТАКТНАЯ ПОДАЧА
ПОИСКОВОГО СИГНАЛА
В КОММУНИКАЦИЮ.

НЕОБХОДИМО И ДОСТАТОЧНО ДЛЯ ПОИСКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ



РАДИО-СЕРВИС

426000, г. Ижевск, а/я 10047; ул. Пушкинская, 268
тел.: (3412) 43-91-44, факс: (3412) 43-92-63
e-mail: office@radio-service.ru, www.radio-service.ru



СОБЫТИЯ

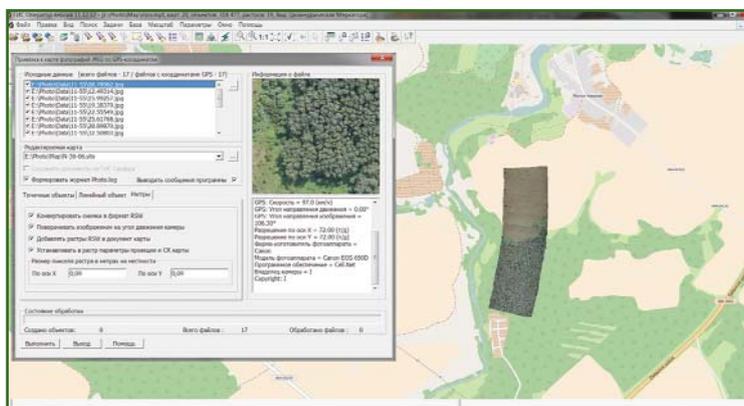
▼ **Научно-практическая конференция «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами» (Коломна, Московская обл., 18 марта 2016 г.)**

Организатором конференции выступил Государственный центр беспилотной авиации Минобороны России. В ней приняли участие более 250 представителей предприятий промышленности, организаций и учебных заведений Минобороны России, МВД России, МЧС России, ФСБ России.

Специалисты КБ «Панорама» выступили с докладом на тему «Применение ГИС «Оператор» в комплексах с БЛА для оперативной обработки и анализа геоинформационных данных». С учетом специфики мероприятия и

состава участников, в докладе были отражены вопросы повышения эффективности применения цифровой информации о местности в автоматизированных системах управления войсками, системах навигации, средствах боевого поражения при наведении на цель, а также в тренажерах. Было отмечено, что для обзорного ориентиро-

вания на местности может быть использована единая картографическая основа, которая входит в состав ГИС «Оператор». Кроме того, в ГИС «Оператор» может поступать изображение с БЛА и его текущее местоположение, определяемое приемником ГЛОНАСС, что позволяет оперативно обрабатывать фотоматериалы, отображаемые на



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Наши знания -
ваши возможности

 **КБ Панорама**
Разработка корпоративных ГИС

www.gisinfo.ru
+7 (495) 739-0245
panorama@gisinfo.ru

фоне единой картографической основы. Комплексное использование ортофотопланов и матрицы высот рельефа позволяет синтезировать в среде ГИС «Оператор» совместно с изображением объектов местности рельеф, что обеспечивает наглядную и достоверную оценку территории, выполнение расчетных и аналитических задач.

По информации КБ «Панорама»

- ▼ На сайте www.geoprofi.ru опубликована статья **В.К. Гучкова «Проблемы и совершенствование данных по структуре воздушного пространства»**

В статье отмечены негативные особенности существующей практики представления данных о структуре воздушного пространства (СВП) в официальных навигационных документах. Показано, что это затрудняет прямое применение данных при моделировании и автоматизации навигационных процессов и требует от пользователей разработки дополнительного сложного программного обеспечения. Отмечен высокий уровень дублирования наиболее сложно контролируемой координатной информации в Сборнике маршрутов полета. Выявлены методические ошибки описания и неоправданное разнообразие геометрического представления данных о зонах ограничения полетов, что снижает точность и усложняет проведение на их основе расчетов. Предлагаются подходы к повышению качества данных о СВП на основе унификации их геометрического и структурного представления. Приводится краткое описание программного обеспечения, разработанного автором, для предлагаемого преобразования данных о СВП.

Редакция журнала «Геопрофи»



- ▼ **Семинар «Системы мобильного лазерного сканирования TOPCON IP-S3» (Москва, 7 апреля 2016 г.)**

На семинаре, организованном компанией «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ», были продемонстрированы уникальные возможности как аппаратной, так и программной части системы мобильного лазерного сканирования TOPCON IP-S3. Особенно подчеркивалась оперативность развертывания системы для проведения измерений, а также простота и наглядность процесса сбора пространственных данных, полнота и точность получаемой информации о местности и окружающих объектах. Кроме того, отмечались возможности программного обеспечения и его универсальность, поскольку весь процесс обработки проходит в одной программе — от импорта «сырых» данных до экспорта полученных результатов.

Участникам семинара была представлена информация, полученная специалистами компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» и пользователями систем мобильного лазерного сканирования TOPCON в России и за рубежом, о затратах времени на полевые измерения системой при съемке линейных и площадных объектов, а также на обработку и получение конечной продукции. Наглядно продемонстри-

рована экономическая эффективность, безопасность и другие преимущества использования системы мобильного сканирования.

Кроме того, была показана универсальность системы при ее использовании в различных областях:

- дорожном строительстве;
- при сборе данных для геоинформационных проектов;
- при создании и обновлении топографических планов.

Имелась возможность ознакомиться с работой системы мобильного сканирования, приняв участие в реальных полевых измерениях различных объектов на территории города.

По информации компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»

- ▼ **Выпущена версия 6.1 ЦФС PHOTOMOD**

В этой версии реализован ряд новых алгоритмов.

Алгоритм построения плотных моделей поверхности, который позволяет вычислять объемы выемок и насыпей при сравнении двух матриц высот. Новый метод существенно облегчает задачу получения метрических фотореалистичных моделей городских пространств.

Алгоритм построения плотных матриц высот методом SGM (Semi-Global Matching). Метод работает с широким набором данных ДЗЗ.



С появлением нового алгоритма, построение плотных матриц высот в ЦФС PHOTOMOD возможно двумя способами: методом деформаций IDM и методом SGM. Существенным отличием этих методов являются исходные данные. IDM поддерживает аэроснимки центральной проекции, данные БЛА и снимки с космических аппаратов, а SGM, помимо названных, данные аэрокамеры VisionMap (SLF) и сканера ADS. Метод IDM уступает SGM по качеству вы-

ходной матрицы, но незначительно превосходит в скорости ее построения.

Новая версия системы была представлена на ежегодной конференции и выставке Imaging & Geospatial Technology Forum Американского общества фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли (APSRZ), которая проходила 11–15 апреля 2016 г., в городе Форт Уэрт (США). Представители компании «Ракурс» совместно с дилером в США, ком-

панией Galantis, приняли участие в работе мероприятия, где на совместном стенде продемонстрировали новые функциональные возможности версии 6.1 ЦФС PHOTOMOD. Наибольшее количество вопросов посетителей было посвящено технологиям обработки изображений с БЛА, новым алгоритмам построения плотных моделей поверхности и инструментам 3D моделирования.

**По информации
компании «Ракурс»**

A3 Edge

Мир твоих возможностей

Твои преимущества с A3 Edge

LightSpeed
Photogrammetric
Processing Suite

VISIONMAP

www.visionmap.com



▼ **Конференция «Современные геопространственные технологии для решения задач развития Крымского федерального округа» (Ялта, 22 апреля 2016 г.)**

Конференция, организованная ОАО «Роскартография», собрала представителей региональной власти, органов местного самоуправления, руководителей и ведущих специалистов компаний — экспертов и инноваторов в области применения и разработки геоинформационных систем.

Поддержка федеральных и региональных органов власти в рамках федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года» создает в регионе все необходимые условия для внедрения и широкого использования геоинформационных технологий и новых экономических моделей. Именно этим

обусловлен выбор места проведения I-ой пользовательской региональной конференции ОАО «Роскартография».

В программе конференции основное внимание уделялось возможностям группы компаний ОАО «Роскартография» по обеспечению актуальными пространственными данными органов государственной власти и хозяйствующих субъектов при решении задач Крымского федерального округа. Были рассмотрены успешные проекты и технологии партнеров ОАО «Роскартография», в числе которых компании «Сигма-Метрикс», «ГеоСтройПроект», «НАВГЕОКОМ», «Гортис-ИФ», «ИРМ Девелопмент», НИИ ТП и др.

Рабочие встречи с главным архитектором Крыма, представителем полпреда Президента РФ в Крымском Федеральном округе, руководителями министерств и ведомств, организованные в рамках конференции, создали дополнительные возможности для построения взаимодействия и долгосрочного сотрудничества.

Участники обсудили представленные темы и в ходе оживленных дискуссий определили перспективные направления развития региона при участии ОАО «Роскартография» и его партнеров.

**По информации
ОАО «Роскартография»**

▼ **В Единый реестр российских программ внесено шесть ГИС**

В соответствии со статьей 12.1. «Особенности государственного регулирования в сфере использования российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» Федерального закона № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», начиная с января 2016 г. в РФ ведется Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Формирование и ведение единого реестра российских программ осуществляется уполномоченным органом — Министерством связи и массовых коммуникаций РФ.

Раздел 4 (Прикладное ПО) классификатора единого реестра под кодом 04.05 включает — Геоинформационные и навигационные системы (ГИС). Системы сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах.

На 18 апреля 2016 г. в реестр включено 500 программ различного назначения, из них шесть под кодом 04.05: Географическая информационная система «Терра» (ГИС «Терра»), NextGIS Web, Геоинформационная система ORBISMap, Геоинформационная система (ГИС) «ИнГео», ГИС «Оператор» для силовых структур и Профессиональная ГИС «Карта 2011».

Первыми из ГИС в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Приказом Минкомсвязи России от 18 марта 2016 г. были внесены: ГИС «Терра», под номером 236, и NextGIS Web, под номером 241.

**По информации с сайта
<https://reestr.minsvyaz.ru>**



АНОНС

Экспедиция CREDO 2016 — приглашаем к участию



С 2011 г. компания «Кредо-Диалог» организует и проводит уникальный образовательный проект с участием волонтеров — «Экспедиция CREDO». В рамках проекта его участники — студенты учебных заведений, работая на различных археологических объектах, получают навыки применения геодезических приборов, осваивают технологию работы с программным комплексом CREDO, проходят производственную практику, внося свой вклад в сохранение мирового культурного наследия. Кроме того, Экспедиция CREDO — это отличная возможность для всех ее участников расширить кругозор, познакомиться с историей уникальных объектов, встретиться с интересными людьми и отдохнуть. А археологи, по результатам работы экспедиций, получают квалифицированное топографо-геодезическое обеспечение археологических исследований на исторических памятниках и качественные комплекты топографических документов для ведения археологических работ, постановки на учет объектов культурного наследия, музеефикации археологических памятников, осваивая современные технологии ведения топографических исследований.

За пять сезонов в Экспедиция CREDO приняли участие 75 студентов и преподавателей из

17-ти учебных заведений России, Украины и Республики Беларусь. Проект поддерживали компании: «GEO-SOFT» (Республика Казахстан), «Триада Плюс» (Казань), «Европромсервис» (Украина), «Эффективные технологии» (Санкт-Петербург), «ПРИН», которые предоставили геодезическое оборудование и направляли опытных сотрудников.

Сроки проведения «Экспедиции CREDO 2016» — с 11 по 23 июля 2016 г.

Заказчиком работ выступает Артезианская археологическая экспедиция (ААЭ), образованная Московским педагогическим государственным университетом (кафедра истории древнего мира и средних веков исторического факультета). Руководитель экспедиции — доктор исторических наук Винокуров Николай Игоревич. ААЭ исследует археологические памятники Боспорского царства в уникальном районе Крымского Приазовья — урочище Артезиан.

Планируется, что волонтеры будут выполнять следующие работы.

Топографическая съемка территории, площадью 146 га, в масштабе 1:2000, с высотой сечения рельефа 1 м, включая съемку участков городища и некрополя в более крупных масштабах, с высотой сечения рельефа 0,5 м. Необходима фиксация отдельных участков с аномалиями рельефа, элементами человеческой деятельности (следы траншей, окопов, раскопов — черных и белых).

Топографическая съемка городища, площадью 11,5 га, в масштабе 1:500, с высотой сечения рельефа 0,25 м, включая съемку раскопов в более крупных масштабах. Фиксируются аномалии рельефа, элементы

человеческой деятельности (следы траншей, окопов, раскопов — черных и белых).

Топографическая съемка некрополя, площадью 46,8 га, в масштабе 1:500, с высотой сечения рельефа 0,25 м, с нанесением (корректировкой) имеющихся планов раскопок захоронений и склепов некрополя, с использованием результатов съемки в режиме RTK («НАВГЕОКОМ», 2007–2008 гг.), включая съемку раскопов в более крупных масштабах.

Топографическая съемка раскопов городища, площадью 1,04 га, в масштабе 1:100, с высотой сечения рельефа 0,1 м, с нанесением имеющихся планов строительных остатков (с корректировкой по фактическому положению отдельных участков), с использованием результатов съемки в режиме RTK («НАВГЕОКОМ», 2007–2008 гг.).

Топографическая съемка раскопов некрополя, площадью 1,9 га, в масштабе 1:100, с высотой сечения рельефа 0,1 м, с нанесением имеющихся планов строительных остатков склепов (с корректировкой по фактическому положению отдельных участков), с использованием результатов съемки в режиме RTK («НАВГЕОКОМ», 2007–2008 гг.).

Обследование, восстановление и, при необходимости, дополнение пунктов реперной сети.

Подробную информацию о проекте «Экспедиция CREDO 2016», его задачах и условиях участия можно получить:

— на сайте компании «Кредо-Диалог» — www.credo-dialogue.ru;

— в группе проекта CREDO_BV3 в сети Facebook — www.facebook.com/credo.vuz.

По информации компании «Кредо-Диалог»

CREDO ТОПОГРАФ — НОВАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ТОПОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

В.М. Русак («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

В 1996 г. окончил факультет гидротехнического и дорожного строительства Белорусской государственной политехнической академии (в настоящее время — Белорусский национальный технический университет) по специальности «строительство автомобильных дорог и транспортных объектов», а в 2008 г. — Институт повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов (г. Полоцк) по специальности «прикладная геодезия». После окончания академии работал в НТП «Аэрогеокарта», с 1997 г. — в БНПО «Аэрогеодезия». С 2000 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — ведущий инженер-геодезист.

Е.И. Шабуня («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

В 1984 г. окончила Белорусский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт (в настоящее время — Белорусский национальный технический университет) по специальности «автомобильные дороги». После окончания института работала в ГП «Белгипродор». С 2007 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — ведущий инженер.

Идея создания системы CREDO ТОПОГРАФ появилась благодаря многолетнему общению с широким кругом пользователей — геодезистами, строителями, топографами, а также опыту, полученному при непосредственном участии специалистов компании «Кредо-Диалог» в практических работах по выполнению геодезических измерений, их обработке и созданию на основе полученных данных цифровых моделей местности. Стремясь обеспечить полный цикл проектно-изыскательских работ от выполнения съемки до выноса проекта в натуру, разработчики заложили в CREDO ТОПОГРАФ наиболее востребованные на сегодняшний день решения топогеодезического направления программного комплекса CREDO.

Основное назначение системы CREDO ТОПОГРАФ — это выполнение полного комплекса камеральных работ — от импорта и обработки данных полевых измерений до создания

полноценной цифровой модели местности, включая подготовку и выпуск отчетных документов.

Для успешного решения этих задач реализованы специализированные универсальные команды, в которых сгруппированы различные методы создания и редактирования объектов, что позволяет в одном построении создать (или изменить) сразу несколько элементов цифровой модели: линейные (разного назначения), точечные в узлах линии, а если линия замкнута — то и площадные объекты и регионы. В процессе работы таких построений можно определить высотные отметки точечных объектов и профили линейных объектов, добавить семантическое описание и создать необходимые подписи, а в некоторых случаях и перестроить поверхность. В то же время в системе доступны давно зарекомендовавшие себя и активно применяемые пользователями возможности платформы CREDO III.

▼ Обработка геодезических измерений

Как правило, измерения попадают в программу путем импорта файлов, полученных с электронных тахеометров (практически всех производителей). Причем для этого используется система специальных плагинов, позволяющих оперативно вносить изменения в существующие форматы при обнаружении в них особенностей и реализовывать чтение новых форматов сразу после их появления.

После импорта данных измерений и координат исходных пунктов проводится их предварительная обработка, в процессе которой вычисляются средние значения, выполняется контроль на соответствие допускам, а также учитываются различные поправки. Затем можно переходить к уравниванию линейно-угловых измерений и ходов тригонометрического нивелирования (рис. 1). Также, по мере необходимости,

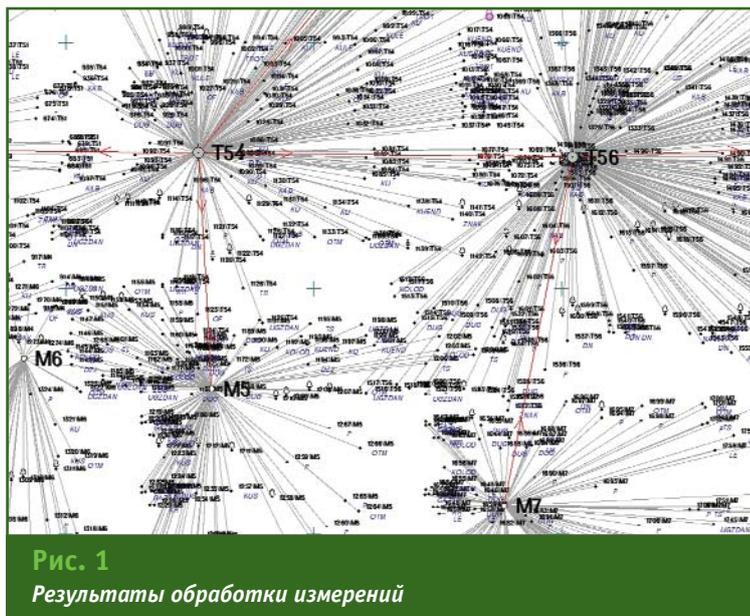


Рис. 1
Результаты обработки измерений

выполняется поиск грубых ошибок в измерениях.

Использование настраиваемых систем полевого кодирования позволяет упростить создание элементов ситуации — в результате обработки информации, закодированной в процессе полевых работ, точечные, линейные и площадные топографические объекты формируются автоматически.

После завершения обработки измерений можно приступить к созданию цифровой модели местности инженерного назначения, так как ее основа в виде точек с координатами и описанием уже готова. Стоит отметить, что в случае переравнивания измерений в любой момент можно обновить и положение точек уже созданной цифровой модели, и элементов, которые на них опираются.

▼ Ситуация

Цифровая модель ситуации формируется путем создания точечных, площадных и линейных объектов в соответствии с классификатором, в котором заданы настройки их отображения условными знаками в зависимости от масштаба съемки. Кроме того, для объектов

ситуации предусмотрено заполнение значений семантических свойств, которые позволяют хранить и отображать на планах произвольную атрибутивную информацию об объектах (рис. 2).

Для построения объектов ситуации предусмотрен ряд интерактивных методов. Они позволяют формировать как отдельные типы элементов (например, деревья), так и целые группы элементов разных типов в одном построении. Например, можно одновременно создавать линию контура здания, площадной объект здания с подписями на основе семантики, которая может включать

различные характеристики (тип, наименование, этажность и т. п.), и структурную линию для корректной укладки ребер триангуляции Делоне при построении поверхности. Или другой пример — создание ЛЭП одновременно с условными знаками столбов или опор определенного типа (рис. 3).

Состав доступных для формирования ситуации элементов зависит от геометрии линейного объекта: если линия разомкнута, то создавать можно только маски и точечные объекты, а если линия замкнута — к списку добавятся площадной топографический объект и регионы. В случае, когда объект является четырехугольником, можно построить и его диагонали.

Кроме того, все методы позволяют работать в режиме продолжения имеющихся построений: если начать или закончить построение линии от уже имеющейся, то программа предложит автоматически создавать все элементы, которые есть в данной точке. И еще немаловажный момент — все элементы «знают и помнят» слои, в которых должны храниться.

С группами элементов работают и методы редактирования геометрии — при редактировании положения узлов, звеньев или даже сегментов линий

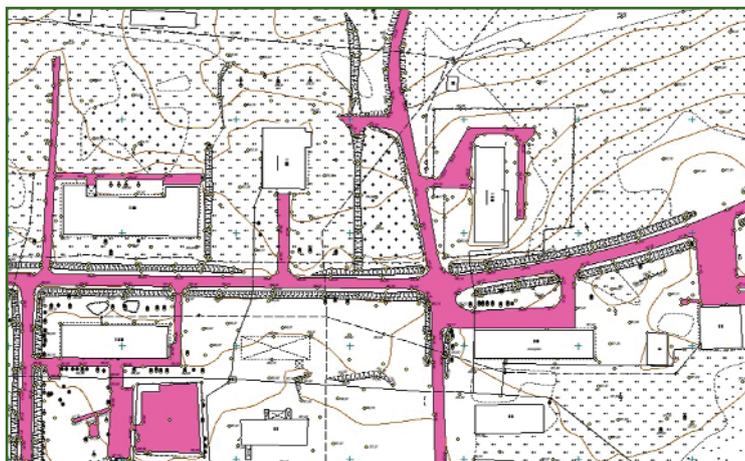


Рис. 2
Фрагмент цифровой модели местности

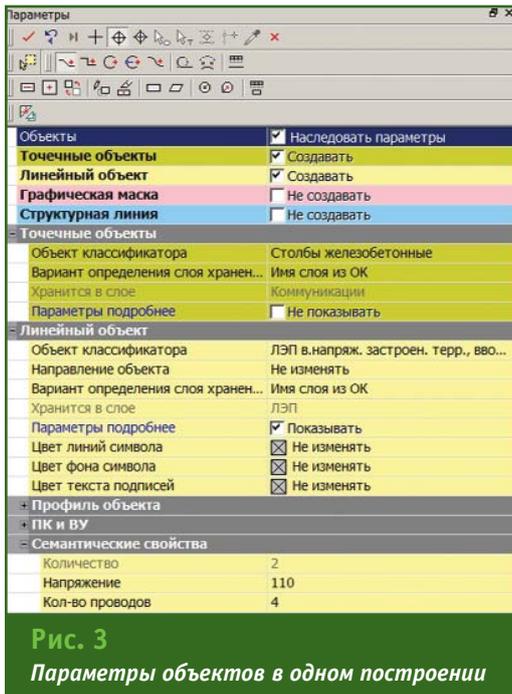


Рис. 3
Параметры объектов в одном построении

изменяются все элементы, которые через них проходят (точечные топографические объекты, линии, контуры). К тому же в таких методах реализованы возможности, позволяющие, например, сохранять прямоугольники при изменении положения вершины или стороны, а также преобразовывать и дорабатывать целые сегменты исходных объектов, двигая их произвольно или по соседним звеньям.

При необходимости можно создавать профили линейных объектов с постоянным уклоном, по заданной отметке, а также используя интерполяцию данных.

► Поверхности

Основой построения поверхностей являются точки, полученные, в том числе, и в результате обработки измерений, а характерные участки рельефа, такие как хребты, обрывы или откосы, как правило, выделяются структурными линиями.

В простых ситуациях профили структурных линий можно определить непосредственно при построениях в плане, задав необходимые отметки в узлах

(по умолчанию они интерполируются из точек и поверхностей). Для решения более сложных задач, например, при моделировании вертикальных поверхностей (бордюров, подпорных стенок и т. п.), можно перейти в окно профилей. Это позволит просматривать разрезы, пересечения и развернутый план маски и использовать широкие возможности создания и редактирования линий профилей.

Для создания и перестройки поверхностей предназначен всего один метод, который позволяет работать с точками и структурными линиями как всего слоя сразу, так и в интерактивно построенном контуре. В рамках этого же построения можно автоматически выделить участки с характерными формами рельефа: руководствуясь заданными диапазонами уклонов, система объединит треугольники в группы и назначит им необходимый стиль отображения (горизонтали, откосы, обрывы), при необходимости стили участков можно изменить интерактивно.

Методы редактирования локальных участков триангуляции Делоне и параметров отображения поверхностей вклю-

чены в состав одной команды, поэтому всегда находятся «под рукой», что значительно упрощает достижение оптимального результата — точного воспроизведения форм рельефа и корректного отображения характерных участков.

Стоит также отметить, что система запоминает в каком слое находится поверхность и больше не требует выбора слоя, при этом видимость всех необходимых для работы элементов модели (вершин, ребер, контуров, участков без поверхности) включается автоматически при активизации команд работы с поверхностями.

Проанализировать созданную модель рельефа можно как по данным плана, в том числе и в трехмерном виде, так и построив сечения в произвольных местах.

► Универсальный режим

В системе CREDO ТОПОГРАФ предусмотрен специальный режим работы, используя который можно практически полностью отказаться от команд меню и панелей инструментов. При его включении наиболее часто используемые команды появляются на специальных панелях инструментов в окне параметров: если выбран ка-

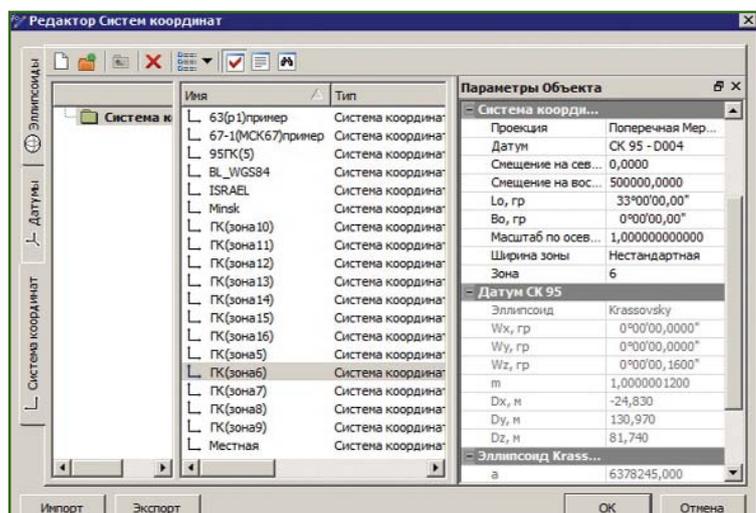


Рис. 4
Системы координат

кой-либо элемент или группа, система предлагает все методы, доступные для их редактирования, если же выбранных элементов нет, на панелях появляются методы создания объектов и редактирования поверхности.

Такой подход позволяет существенно повысить производительность работы за счет оптимизации последовательности действий и сокращения их количества: необходимо выбрать либо объект модели, а затем метод его редактирования, либо — нужный способ создания объектов.

▼ Трансформирование

В программе реализована работа в различных системах координат и возможность преобразования данных из одной системы координат в другую. Для этих целей используется редактор систем координат, функциональность которого позволяет создавать и редактировать системы координат, даты и эллипсоиды (рис. 4).

Кроме того, созданные модели рельефа и ситуации можно трансформировать (сместить начало отсчета и осуществлять поворот осей координат, изменять масштаб) по заданным параметрам или интерактивно.

Также имеется возможность использования условных систем координат разных видов: дополнительных, строительных, по маске.

При необходимости можно объединять данные нескольких цифровых моделей в одну, копировать или вырезать данные из одной модели в другую.

▼ Чертежи и ведомости

В системе предусмотрено создание необходимых ведомостей по результатам измерений (рис. 5) и по объектам ситуации, а также формирование и вывод на печать чертежей и листов топографических план-



Рис. 5
Ведомости по результатам обработки измерений

шетов с зарамочным оформлением (планшетов).

▼ Библиотеки данных

С системой CREDO ТОПОГРАФ поставляются специализированные библиотеки, содержащие описания различных данных — от типов линий и штриховок до условных знаков и объектов инженерного назначения, шаблонов чертежей, планшетов, ведомостей и т. д. Для корректировки этих данных или для создания новых в систему встроены простые и понятные редакторы.

Использование библиотек позволяет повысить скорость и результативность работы пользователя, избавляя его от кропотливого, монотонного труда при наполнении цифровой модели различной информацией и при оформлении выходных документов. Немаловажно, что данные библиотек соответствуют актуальным нормам оформления топографических планов и требованиям, которые предъявляются к отчетным документам.

В заключении еще раз хочется отметить, что в системе CREDO ТОПОГРАФ реализован импорт данных с электронных

тахеометров и экспорт результатов обработки в электронные тахеометры. Предусмотрена возможность импорта данных практически во всех распространенных форматах, поиска ошибок и уравнивания результатов измерений, а затем использования этих данных для построения цифровой модели местности. Полученные результаты обработки можно преобразовать в другие системы координат или передать обратно, в электронные тахеометры, в виде каталогов координат.

Созданную цифровую модель местности можно сохранить в различных обменных форматах для передачи в другие программы на платформе CREDO III или сторонним разработчикам. В системе предусмотрена подготовка данных в виде чертежей, планшетов, ведомостей по результатам обработки измерений и адресных ведомостей тематических объектов.

Все это позволяет с полной уверенностью заявить о существенном повышении удобства, производительности и качества выполнения геодезических и топографических работ при использовании системы CREDO ТОПОГРАФ.

Задачи, решаемые в CREDO 3D СКАН

Загрузка облаков точек в различных форматах.

Отображение облаков точек в 3D и в плане.

Загрузка и отображение фотографий с привязкой kml совместно с облаком точек.

Фильтрация шума в облаке точек.

Создание и распознавание точечных и линейных тематических объектов в 3D и в плане.

Выделение рельефа и областей с заданными параметрами уклона.

Адаптивное прореживание облака точек и построение цифровой модели рельефа.

Инструменты по созданию редактированию топографических объектов с возможностью выпуска готовых топографических планов небольших объектов.

Экспорт данных в удобных форматах для последующего создания инженерной ЦММ.

Преимущества CREDO 3D СКАН

Возможность работы с большими массивами данных – до 4 миллиардов точек.

Возможность подключения картографических сервисов GoogleMaps, Bing, Сканэкс.

Оптимальный набор инструментов для создания цифровой модели рельефа и распознавания объектов местности.

Возможность работы как в 3D-окне, так и с привычными инструментами в окне План. Единый интерфейс с системой CREDO_DAT.

ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»
Тел/факс: +7 (499) 346-0673
e-mail: moscow@credo-dialogue.com
www.credo-dialogue.ru
www.terra-credo.ru



ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ГИС ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ БЕСПЛАТНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Е.В. Жук (Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь)

В 2002 г. окончила факультет автоматизации и вычислительной техники Севастопольского национального технического университета по специальности «инженер-системотехник». После окончания университета работала в Гагаринском казначействе в г. Севастополе, Управлении государственного казначейства в г. Севастополе, с 2003 г. — в 453-м гидрометеорологическом центре Черноморского флота РФ. С 2005 г. работает в ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», в настоящее время — младший научный сотрудник.

Е.А. Годин (Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь)

В 1978 г. окончил географический факультет Симферопольского государственного университета имени М.В. Фрунзе (в настоящее время — Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского) по специальности «география». После окончания университета работает в ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», в настоящее время — научный сотрудник.

А.В. Ингерев (Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь)

В 1996 г. окончил радиотехнический факультет Севастопольского государственного технического университета (в настоящее время — Севастопольский государственный университет) по специальности «радиотехника». После окончания университета работает в ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», в настоящее время — младший научный сотрудник.

А.Х. Халиулин (Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь)

В 1984 г. окончил океанологический факультет Ленинградского гидрометеорологического института (в настоящее время — Российский государственный гидрометеорологический университет) по специальности «океанология». После окончания института работал в Гидрографической службе Черноморского флота ВМФ СССР. С 1988 г. работает в ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», в настоящее время — заведующий отделом.

Постоянно возрастают роль и масштабы использования океанологических данных и знаний. Эта информация уже стала незаменимой при разработке и реализации различных проектов, направленных на освоение живых и неживых ресурсов моря, создание морских транспортных систем и рекреационных зон, охрану природной среды, а также строительстве, научных исследованиях и многих других работах, определяющих функционирование и развитие как отдельных приморских регионов, так и морехозяйственного и оборонного комплексов государства в целом.

Наиболее эффективным средством обеспечения пользователей разнообразной, в том числе, океанографической информацией, является использование геоинформационных систем (ГИС), создаваемых на основе современных технологий и обеспечивающих автоматизацию процессов обработки и представления данных и знаний.

В настоящее время в мире получили распространение полнофункциональные геоинформационные системы для создания ГИС-проектов, такие как MapInfo, ArcInfo и ряд других. При неоспоримых достоинствах

этих программных средств, подавляющему большинству из них присущи значительная стоимость, высокие требования к техническим средствам и уровню подготовки пользователей, а в отдельных случаях и избыточность функциональных возможностей. Это приводит к ограничению использования полнофункциональных ГИС и созданных на их основе ГИС-проектов целым рядом структур, не обладающих необходимыми финансовыми и другими ресурсами.

Альтернативным является подход, предусматривающий создание ГИС-проектов на основе бесплатного программно-

го обеспечения (ПО) и независимость от сторонних сервисов.

К достоинствам данного подхода следует отнести невысокую стоимость разработки ГИС, их оптимизацию под конкретные задачи, открытость архитектуры, возможность применения не только для решения научных и практических задач, но и в образовательном процессе.

Такой подход был реализован при разработке ГИС Черного моря в отделе морских информационных систем и технологий ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН» (МГИ).

▼ Архитектура ГИС

При создании ГИС Черного моря акцент делался на выборе свободно распространяемого (бесплатного) и кроссплатформенного ПО, которое могло бы обеспечить требуемую функциональность.

Программное обеспечение для доступа и визуализации данных было разработано на основе клиент-серверной архитектуры. Серверная часть включает в себя океанографическую базу данных, картографический сервис и PHP-модули, которые обеспечивают взаимодействие между серверным и клиентским приложениями (рис. 1).

В качестве картографического сервиса был выбран MapServer [1]. MapServer являет-

ся мощным и удобным инструментом создания картографических web-сервисов. По своей функциональности он практически не уступает коммерческому ПО, а по части простоты переконфигурирования и интеграции с системой управления базами данных (СУБД) превосходит многие из них.

Для работы с базой данных была выбрана СУБД MySQL [2], которая обладает высокой степенью надежности, эффективностью и конкурирует на равных с СУБД таких производителей, как Oracle, IBM, Microsoft и Sybase.

ГИС Черного моря разработана на основе модульной структуры, что предоставляет широкие возможности для наращивания ее функциональности и интеграции новых типов данных. Для каждого типа данных разработан отдельный модуль. Основными типами данных при этом являются:

а) численные данные, хранящиеся в БД (океанографические данные);

б) графические данные:

— карты в формате JPEG (карты климатического атласа);

— карты в формате Shape (карты климатического атласа с изолиниями, социально-экономические данные);

— карты в формате GeoTiff (данные, получаемые спектро-радиометром MODIS, установ-

ленном на космическом аппарате (КА) Aqua);

— текстовые данные (социально-экономическая информация и данные по береговой зоне).

Система включает следующие модули:

— модуль океанографических данных, который осуществляет импорт/экспорт данных в формате ODV; выборку данных по региону, времени, сезону и идентификатору рейса научно-исследовательского судна; визуализацию запрошенных данных (представление местоположения станций наблюдений на карте, построение профилей океанографических параметров, вывод метаданных и данных);

— модуль выборки и визуализации карт климатического атласа в форматах JPEG и Shape;

— модуль выборки и представления снимков с КА Aqua в формате GeoTiff;

— модуль выборки и представления социально-экономических данных прибрежных регионов.

▼ Данные и источники информации

Как уже отмечалось выше, ГИС Черного моря имеет модульную структуру и каждому типу данных соответствует отдельный модуль, позволяющий осуществлять выборку и визуализацию этих данных.

Океанографические данные поступают из Банка океанографических данных (БОД) МГИ, который включает более 160 тыс. гидрологических и около 34 тыс. гидрохимических станций, наблюдения на которых выполнялись с 1890 г. по 2015 г. [3]. Океанографические данные представляют собой данные измерений гидрологических (температура, соленость) и гидрохимических параметров (кислород, нитраты, нитриты, фосфаты и др.).

Климатический атлас [4] является составной частью ГИС Черного моря, представляет со-

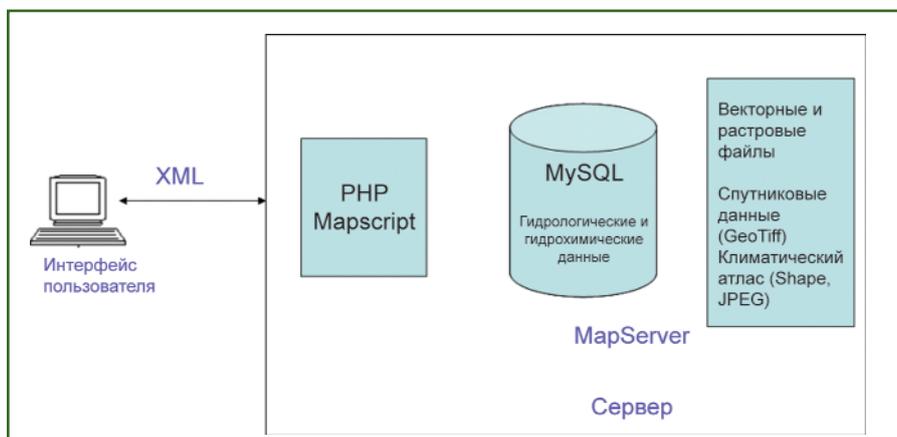


Рис. 1

Архитектура ГИС Черного моря

бой собрание климатических карт различных параметров природной среды Черного моря и размещается на сервере. В настоящее время он включает следующие разделы: «Температура морской воды», «Соленость», «Плотность», «Теплозпас», «Концентрация кислорода в морской воде», «Положение нижней границы аэробных вод», «Положение верхней границы сероводородной зоны». Всего атлас содержит более 400 карт в форматах JPEG и Share.

Изображения с КА Aqua в формате GeoTiff, показывающие значения температуры поверхности моря, концентрации хлорофилла и излучаемой радиации, предоставляет отдел дистанционных методов исследований МГИ.

Социально-экономические данные включают в себя численность населения в городах, плотность населения, инфраструктуру (автомобильные и железные дороги), промышленное производство и т. д. Основными источниками этой информации являются сайты государственной статистики (например, [5]).

▼ **Базовые карты для MapServer**

В качестве базовой карты в MapServer могут применяться векторные карты в формате Share, растровые карты в формате GeoTiff, внешние web-сервисы (Google Maps, Blue Marble и т. д.).

В качестве базовых растровых карт поверхности Земли и батиметрии использовались карты с сайта Natural Earth [6].

Данные о плотности населения в формате GeoTiff были загружены с сайта NASA Earth Observations [7].

▼ **Модули доступа и визуализации данных**

Модуль работы с картографическим сервисом позволяет осуществлять следующие функции:

— увеличение/уменьшение масштаба;

— перемещение по карте;
— выбор вида базовой карты;

— выборку информационных слоев, которые будут отображаться поверх слоя базовой карты.

Модуль для работы с океанографическими данными позволяет осуществлять:

а) импорт и экспорт данных в формате ODV [8];

б) выборку данных по следующим параметрам:

- прямоугольному региону;
- временному интервалу;
- типу измерений;

— гидрологическим и/или гидрохимическим параметрам;

— сезонам;

— идентификатору рейса научно-исследовательского судна.

Результаты отображаются на карте в виде отдельного слоя. Для каждой из выбранных станций можно получить значения измеренных параметров в виде графика и в табличной форме (рис. 2).

Модуль работы с климатическим атласом позволяет выбирать карты атласа по параметрам, горизонтам, сезонам и го-

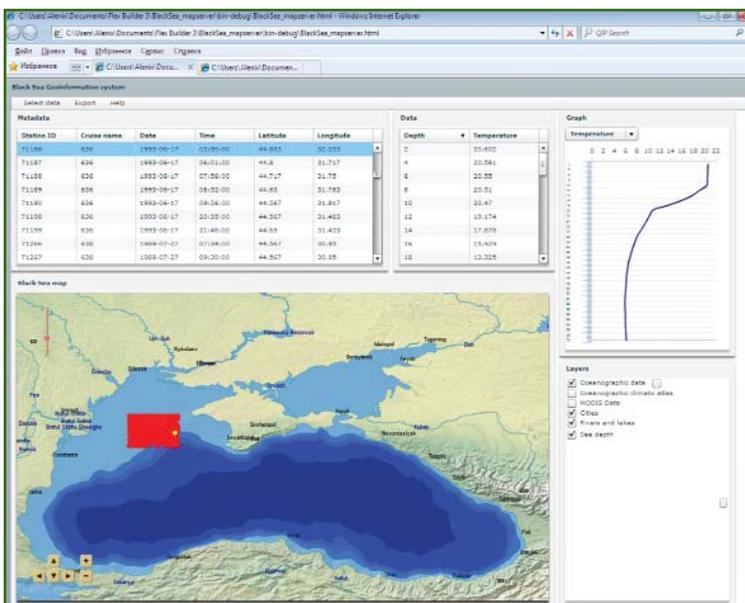


Рис. 2
Пример представления результата выборки океанографических данных

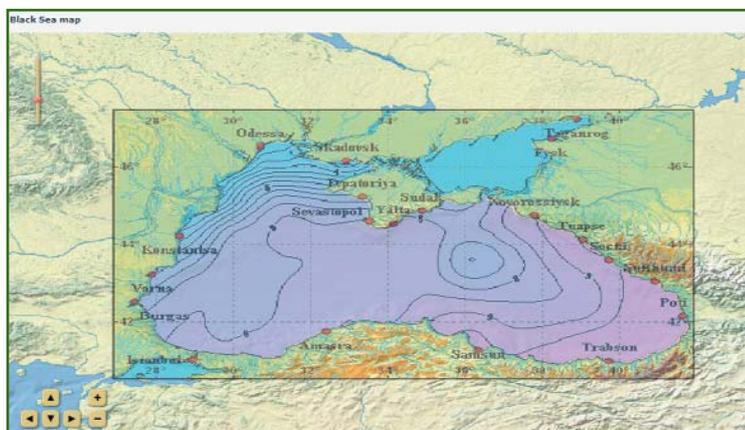


Рис. 3
Значения среднемесячной температуры поверхности моря в январе

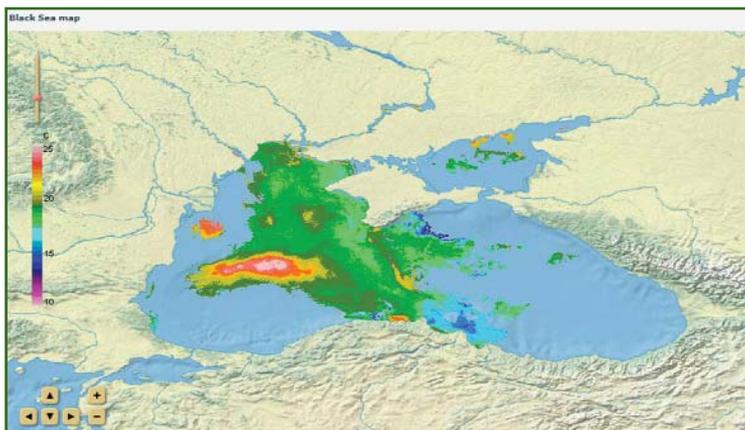


Рис. 4
Значения температуры поверхности моря за 14 мая 2014 г.

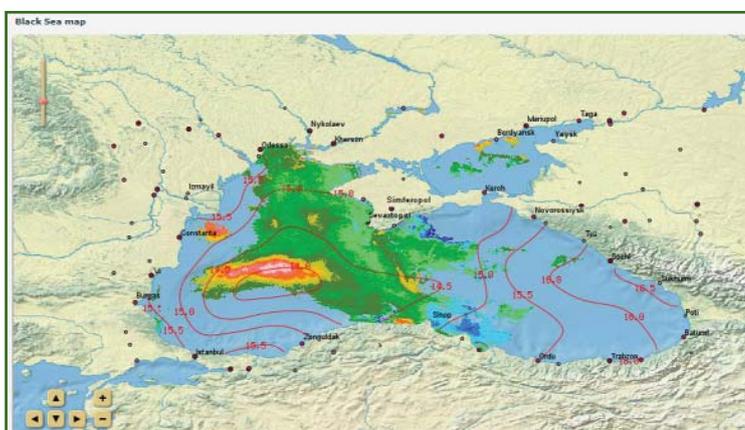


Рис. 5
Наложение карты климатического атласа на изображение, полученное с КА Aqua

дам. Карты могут визуализироваться как в виде растрового изображения, так и в виде изолиний (рис. 3).

Модуль для работы со снимками с КА Aqua позволяет выбирать изображения за любую доступную дату по следующим параметрам:

- температура поверхности моря;
- концентрация хлорофилла;
- излучаемая радиация.

На сервере БОД МГИ хранятся изображения, полученные в период с 2008 г. по настоящее время (рис. 4).

Модуль доступа к социально-экономическим данным позволяет добавлять на карту следующие слои:

- численность населения;
- промышленные центры;

- порты;
- аэропорты;
- автомобильные дороги;
- железные дороги.

Данный модуль также предоставляет возможность получать значения параметров (численность населения, состав населения, промышленное производство, уровень зарплат и т. д.) в выбранном населенном пункте.

Помимо выбора и визуального представления разнородных данных разработанная ГИС Черного моря позволяет совмещать эту информацию, накладывая один слой на другой на одной карте (рис. 5).

В заключение следует отметить, что выполненные исследования показали возможность и практическую целесообразность

разработки ГИС-проектов на базе бесплатного ПО. Этот подход был успешно реализован в отделе морских информационных систем и технологий МГИ при разработке ГИС Черного моря с возможностью онлайн доступа. При ее создании за основу была взята клиент-серверная архитектура, а в качестве картографического инструмента — MapServer.

Тестирование ГИС Черного моря на ОС Windows 7, с установленным ПО MapServer 6.03, MySQL 5, PHP 5, python 2.7, и на ОС SuSe 12.3 показали стабильную работу системы.

Открытость архитектуры ГИС Черного моря обеспечивает возможность дальнейшего наращивания функциональных возможностей системы, включение дополнительных параметров, пополнения существующих и подключение новых баз данных и знаний. В настоящее время работы в данном направлении продолжаются.

▼ Список литературы

1. MapServer. — www.mapserver.org.
2. MySQL. — www.mysql.com.
3. Еремеев В.Н., Халиулин А.Х., Ингерев А.В., Жук Е.В., Годин Е.А., Пластун Т.В. Современное состояние банка океанографических данных МГИ НАН Украины: программно-математическое обеспечение // Морской гидрофизический журнал. — 2014. — № 2. — С. 54–66.
4. Еремеев В.Н., Халиулин А.Х., Годин Е.А., Ингерев А.В., Белокопцов В.Н., Жук Е.В., Галковская Л.К., Исаева Е.А. Проблемно-ориентированная геоинформационная система Черного моря / Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря. — Севастополь: НПЦ «ЭККОСИ — Гидрофизика», 2012. — С. 8–31.
5. Федеральная служба государственной статистики. — www.gks.ru.
6. Natural Earth. — www.naturalearthdata.com.
7. NASA Earth Observations. — <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov>.
8. Ocean Data View. — <http://odv.awi.de>.

О ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ КРУПНОГО МАСШТАБА МЕТОДОМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

И.В. Морозов («Институт Гидропроект»)

В 2002 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «информационные системы». После окончания университета работает в АО «Институт Гидропроект», в настоящее время — главный специалист отдела инженерных изысканий.

Технологии наземного лазерного сканирования для получения пространственных данных непрерывно совершенствуются: разрабатываются новые приборы и программное обеспечение. Наземные лазерные сканеры в настоящее время находят применение во многих областях, в том числе далеких от геодезии, например, они используются для фиксации дорожно-транспортных происшествий.

В России для решения задач в области геодезии и картографии наземное лазерное сканирование применяется не часто. Основной причиной является стоимость оборудования и программного обеспечения, которая примерно в десять раз выше стоимости электронных тахеометров, применяемых для этих же целей. Как следствие, специалистов, имеющих опыт в данной области, не так уж много.

Кроме того, существенной проблемой для пользователей наземных лазерных сканеров может стать отсутствие методик проверки точности приборов, а также недостаточное количество сервисных центров на территории Российской Федерации. Справедливости ради, следует отметить достаточно высокую надежность подобного оборудова-

ния. Еще одной проблемой является отсутствие каких-либо официальных документов, регламентирующих терминологию, используемую в области лазерного сканирования.

▼ Точность наземных лазерных сканеров

С 2005 г. было опубликовано несколько статей в [1–5] и монография [6], в которых авторы описывают опыт работы с наземными лазерными сканерами, а также приводят результаты исследования их точности.

В 2014 г. был введен ГОСТ Р 8.794–2012 [7]. Международный документ ISO/CD 17123-9 Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 9: Terrestrial laser scanners. (Методики полевых испытаний геодезических приборов и приборов для съемки. Часть 9. Наземные лазерные сканеры) находится в разработке уже не первый год.

Погрешности измерений расстояний сканером, которые рассматриваются в работах [1–6], показывают, что их фактическая точность не превышает 5 мм. Она выше, чем та, которая требуется при топографической съемке крупных масштабов (сантиметры и дециметры), по-

добное исследование точности наземных лазерных сканеров важно для исполнительных съемок строительных конструкций. При топографической съемке основным источником погрешностей будет точность внешнего ориентирования сканов, а также неперпендикулярность поверхности сканирования по отношению к лазерному лучу и свойства сканируемой поверхности.

В практическом смысле наибольший интерес представляет статья [4]. Для оценки точности ее авторами использовался базис из пяти контрольных пунктов с устройствами для принудительного центрирования, установленных на одной прямой. Похожий способ используется для проверок лазерных дальномеров. Расстояние между центрами контрольных пунктов составляло около 24 м. Сканер устанавливался рядом с одним из начальных пунктов, а на другие, поочередно, размещалась светоотражающая марка. Выполним измерения всех расстояний и сравним их с эталонными значениями, авторы определяли среднюю и среднюю квадратическую погрешности линейных измерений. Оценить угловые параметры сканера такой способ не позволяет из-за вы-

тянутой конфигурации эталонной сети.

При топографической съемке, в полевых условиях, можно использовать достаточно грубый, но простой способ поверки сканера. Для этого необходимо наличие эталонного объекта (устройства) с известными размерами, например, нивелирной рейки. Погрешность измерений можно оценить, выполнив сканирование рейки на разном расстоянии от сканера и определив по облаку точек ее длину. При этом следует подобрать плотность сканирования таким образом, чтобы количество точек в скане рейки было приблизительно одинаковым. Если сканер, например, укомплектован фотоаппаратом, то можно выполнить поверку, пользуясь частью шкалы рейки и ориентируясь по ее штрихам.

▼ Терминология в области лазерного сканирования

В настоящее время словосочетание «лазерное сканирование» встречается во многих отраслевых инструкциях, хотя официально этот термин нормативными документами не закреплен. Документом, где он был упомянут впервые, по всей видимости, является Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03), вышедшая в 2003 г.

В ГОСТ Р 8.794–2012 [7] термину **«скан»** дается следующее определение: «изображение, получаемое лазерным сканером за один цикл его работы, элементами (пикселями) которого являются лазерные отражения точек объекта». Из этого определения непонятно, чем «скан» отличается, например, от обычной цифровой фотографии. Там же, в свою очередь, приводятся ссылки на ГОСТ 21830–76 [8] и на ГОСТ 22268–76 [9]. Очевидно, что эти стандарты значительно устарели, а термин «скан» там отсутствует.

Часто вместо понятия «скан» используется выражение **«облако точек»**. «Облако точек» — это не очень удачная калька с англоязычного термина «point cloud». В русскоязычном разделе «Википедии» можно найти следующее определение: «Облако точек — набор вершин в трехмерной системе координат». Данное определение не является верным, поскольку облако точек дискретно и его нельзя считать поверхностью. Поверхность с вершинами (триангуляция Делоне) создается только после обработки облака точек по определенным алгоритмам.

В англоязычной версии «Википедии» дается следующее определение: «Облако точек является множеством точек данных в некоторой системе координат». На немецком языке это определение звучит так: «Облако точек представляет собой набор точек векторного пространства с неупорядоченной пространственной структурой. Положение точек определяется их пространственными координатами. Помимо координат точки могут иметь дополнительные атрибуты, например, цвет или силу отраженного сигнала». Исходя из этого, более подходящим переводом представляется выражение «массив» или «кластер точек».

Другой часто встречаемый термин — **«сканерный ход»**, который используется в монографии [6] и многих других публикациях. Геодезические ходы часто классифицируют по наименованию применяемых приборов (например, тахеометрический ход, нивелирный ход) или по геометрическому виду хода (например, замкнутый ход). Но, согласно ГОСТ 22268–76 [9], геодезический ход — это геодезическое построение в виде ломаной линии. Построение, выполненное наземным лазерным сканером с

использованием нескольких связующих точек, линией не является. Такое построение напоминает систему угловых засечек, поэтому определение сканерного хода может быть, например, таким: сканерный ход — скан в одной системе координат, состоящий из двух (и более) сканов, каждый из которых имеет со смежным сканом как минимум три общие точки. Далее в статье подразумевается именно это определение. В англоязычной документации к программе для обработки данных лазерного сканирования RiSCAN PRO (приводится близкое по смыслу словосочетание — «registered neighboring scan positions» (дословно — «записанные соседние скан позиции»).

В ГОСТ [7] при определении погрешности горизонтальных углов используется выражение **«внешнее ориентирование сканера»**. Термины «внешнее ориентирование», «внутреннее ориентирование» и «элементы внешнего ориентирования» относятся главным образом к фотограмметрическим измерениям. Их использование в области лазерного сканирования требует пояснений.

Применительно к сканерному ходу, определение внешнего ориентирования может быть таким: внешнее ориентирование — это ориентирование скана относительно системы координат объекта сканирования. Элементами внешнего ориентирования скана являются углы, определяющие угловую ориентацию скана в системе координат объекта сканирования, и линейные элементы, которые задают начало системы координат скана в системе координат объекта сканирования. Взаимное ориентирование сканов — это ориентирование всех сканов хода относительно системы координат одного из сканов.

Другое, часто используемое выражение, которым называют действия по внешнему и взаимному ориентированию сканов — это «сшивка облаков точек». Для внешнего ориентирования необходимо выполнить геодезическую привязку как минимум трех опорных точек. В зависимости от их количества и расположения можно выделить «замкнутый» и «разомкнутый» сканерные ходы. Замкнутый ход — это последовательность сканов, при которой каждый скан имеет общие точки как минимум с двумя соседними сканами. Разомкнутый ход включает сканы, которые имеют общие точки только с одним из соседних сканов. На рис. 1 показаны примеры таких ходов.

В англоязычной документации к программе RiSCAN PRO для обозначения замкнутого и разомкнутого ходов используются термины «chain» (цепочка) и «ring» (кольцо). Для связующих точек служит словосочетание «corresponding point» («подобная» или «соответствующая» точка), для контрольных — «control point» («контрольная точка»). Место установки сканера обозначается как «scan position» («позиция сканирования»).

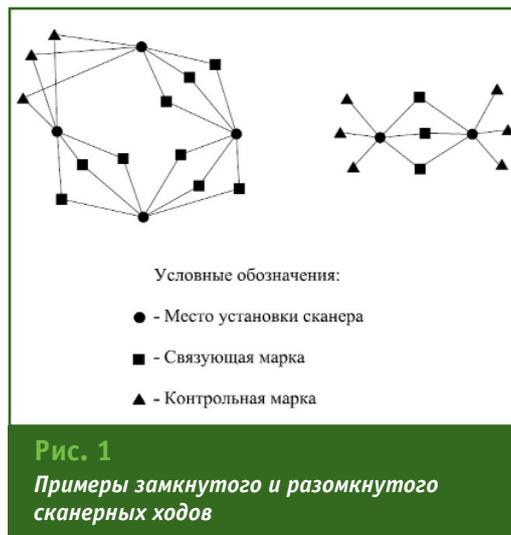
▼ Примеры топографической съемки крупного масштаба наземным лазерным сканером

В качестве примера рассмотрим результаты топографической съемки крупного масштаба различных участков местности и объектов с помощью наземного лазерного сканера Riegl VZ-400, полученные автором статьи. С основными техническими характеристиками сканера Riegl VZ-400 можно ознакомиться на сайте www.art-geo.ru. Во всех случаях, согласно терминологии принятой в [6], элементы внешнего ориентирования сканов определялись аналитическим способом с помощью марок.

Технология съемки сканером Riegl VZ-400 предусматривает в качестве опорных или связующих точек использование специальных светоотражающих марок. В комплекте со сканером поставляется три вида марок. Первый вид представляет собой светоотражающую пленку с клеящейся основой в виде круга диаметром в 5 см. Другой — это цилиндры диаметром 5 и 10 см, также покрытые светоотражающей пленкой. Третий вид марок нестандартных размеров можно изготовить самому. Марки круглой формы удобнее всего использовать в качестве контрольных точек, цилиндры — в качестве связующих.

Как показала практика, при выполнении топографической съемки масштаба 1:500 достаточно, чтобы расстояние между опорными точками составляло порядка 400 м. Расстояния между связующими точками обычно выбираются в зависимости от плотности сканирования и размера марок. При угловом шаге сканирования $0,05^\circ$ марки размером в 5 см обычно размещаются на расстоянии не более 15 м от сканера, для марок размером в 10 см это расстояние можно увеличить до 25 м. При больших расстояниях или большем угловом шаге сканирования лазерный луч сканера начинает пропускать марки, и их невозможно обнаружить на сканах. Поэтому при сканировании открытой территории площадью в 1 га, для внутреннего ориентирования, необходимо выполнить четыре скана при шаге сканирования $0,05^\circ$. Очевидно, что такая плотность для топографической съемки избыточна. Можно увеличить расстояние между сканами, но тогда потребуется выполнять внешнее ориентирование отдельно для каждого скана. При этом соответственно увеличатся трудозатраты.

С учетом времени перестановки сканера и сканирования



3–4 связующих точек, время работы на каждой станции составляет около 20 минут. Для внешнего ориентирования одного скана достаточно трех марок, которые устанавливаются на опорных точках, но чтобы оценить точность внешнего ориентирования скана, необходима четвертая опорная точка. Поэтому для оценки точности внешнего ориентирования сканерного хода опорных точек должно быть не менее шести, и они должны принадлежать разным сканам.

Найти оптимальный баланс по трудозатратам на процесс сканирования и подготовительные работы (установка сканера и марок, привязка марок и др.) можно только, исходя из конкретной ситуации. Когда сохранность местоположения марок обеспечивается в течение длительного срока, например, в условиях промышленной застройки [10], размещение и привязку марок геодезическими методами предпочтительнее выполнять заранее. При создании топографического плана масштаба 1:500 на территорию площадью в 5 га требуется в среднем один рабочий день. Причем затраты времени на съемку территории такой площади практически не зависят от сложности участка.

«Слабым» местом Riegl VZ-400 является емкость аккумуля-

тора. У сканера имеется один встроенный и один внешний аккумулятор, предусмотрена возможность подключения аккумулятора автомобиля. Опыт автора показывает, что емкость встроенного аккумулятора позволяет выполнить около 10 сканов с указанной выше плотностью сканирования, а емкости внешнего аккумулятора хватает на 25 сканов. Согласно техническим характеристикам, сканер может работать при температуре окружающей среды до -40°C , однако при этом будет

потреблять значительно больше электроэнергии. Так, например, при температуре -15°C емкости внешнего аккумулятора хватало только на 10 сканов, а внутреннего — не хватало даже на один скан. В итоге, вместо стандартного аккумулятора, в качестве блока питания пришлось использовать аккумулятор от мотоцикла емкостью в 30 Ач.

По мнению автора, у сканера Riegl VZ-400 крайне неудобные ручки для его переноски одним человеком, при его весе 9,6 кг. Это значение указано в техни-

ческих характеристиках производителя, однако в него не входит вес внешнего аккумулятора (~ 3 кг) и дополнительной крепежной платформы (~ 2 кг). С учетом штатива, компьютера, комплекта светоотражающих марок и фотоаппарата общий вес оборудования, с которым приходится работать в полевых условиях, составляет более 15 кг. Еще нужно не забыть про вес кофров, в которых перевозится оборудование. Исходя из такого количества оборудования и его веса, бригада для проведения полевых работ с помощью этого сканера должна состоять из не менее трех человек (одного оператора и двух рабочих).

Приведем трудозатраты по трем наиболее характерным видам участков, на которых топографическая съемка выполнялась с помощью наземного лазерного сканирования (при этом затраты времени на привязку опорных точек не учитывались). Все участки относятся к III категории сложности производства измерений [11]. При камеральной обработке использовались программы: RiSCAN PRO — для ориентирования сканов и первичной обработки, AutoCAD Civil 3D — для построения и редактирования цифровой модели рельефа и Geonics — для изображения ситуации согласно руководству [12].

Первый пример — карьер со сложным рельефом (рис. 2). Обычно результаты сканирования таких объектов демонстрируются производителями оборудования в рекламных материалах, поскольку они позволяют показать ощутимые преимущества использования наземного лазерного сканирования.

Трудозатраты на съемку участка площадью в 15 га составили:

- количество сканов — 15;
- продолжительность полевых работ — 1 рабочий день;



Рис. 2

Фото карьера и фрагмент топографического плана

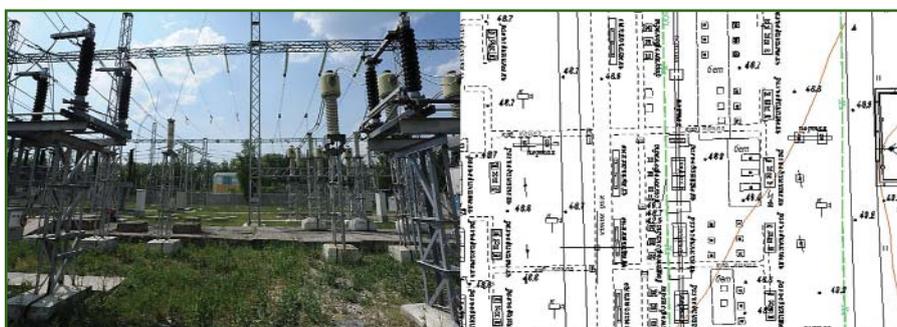


Рис. 3

Фото участка с ОРУ и фрагмент топографического плана

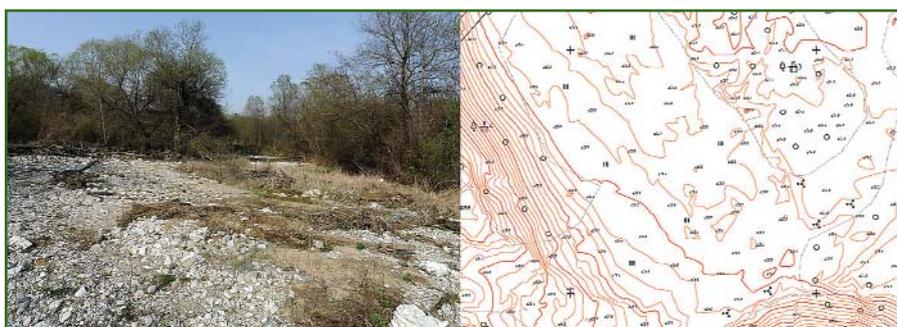


Рис. 4

Фото участка предгорья с перелесками и фрагмент топографического плана

— камеральная обработка — 2 рабочих дня.

В данном примере предварительно был проложен ход полигонометрии и почти все сканы привязывались отдельно.

Второй пример — участок с открытым распределительным устройством (ОРУ), служащим для приема и распределения электрической энергии на территории действующего промышленного предприятия с большим количеством контуров (рис. 3).

Трудозатраты на съемку участка площадью в 2 га составили:

- количество сканов — 15;
- продолжительность полевых работ — 1 рабочий день;
- камеральная обработка — 10 рабочих дней.

В этом случае начало и конец сканерного хода были привязаны к опорным точкам.

Третий пример — предгорье с перелесками (рис. 4), с микрорельефом, половина территории которого покрыта лесом. На такой местности преимущества применения наземного лазерного сканирования не столь заметны.

Трудозатраты на съемку участка площадью в 3 га составили:

- количество сканов — 8;
- продолжительность полевых работ — 1 рабочий день;
- камеральная обработка — 15 рабочих дней.

В этом случае была выполнена привязка к четырем опорным точкам, приблизительно в центре участка.

Значительные затраты времени на камеральную обработку данного участка вызваны необходимостью удаления со скана точек, относящихся к растительности. Алгоритм камеральной обработки при этом следующий: после того, как внешнее и взаимное ориентирование сканов выполнено, скан, с которого необходимо удалить раститель-

ность, делится на узкие полосы. Чем уже полоса, тем точнее будет цифровая модель рельефа. В данном случае полосы принимались шириной от 2 до 10 м. Такой способ применим для покрытых растительностью участков со следующими оговорками, лазерное сканирование желательно выполнять в то время года, когда на деревьях отсутствует листва и высота травяного покрова не превышает 30 см.

На рис. 5 показан вид сбоку вертикального сечения одной из таких полос. Красным цветом выделены точки скана, которые необходимо было удалить, оставив только точки, принадлежащие рельефу.

На рис. 6 представлены сканы одного и того же участка до и после удаления растительности.

Следует отметить, что на местности, покрытой слишком высокой травой и густым кустарником, съемка наземным лазерным сканером в принципе невозможна.

▼ Влияние внешнего и взаимного ориентирования сканов на точность создания топографического плана масштаба 1:500

На точность топографических работ, выполняемых с помощью наземного лазерного сканирования, влияют ошибки определения элементов внешнего и взаимного ориентирования.

Как было отмечено выше, для внешнего ориентирования сканов необходимо определить координаты трех опорных точек, на которых должны быть размещены марки для привязки сканов. Однако из опыта работ можно сделать заключение, что трех марок для внешнего ориентирования недостаточно. Невыполнение этого условия может привести к очень грубым ошибкам. На рис. 7 показаны сканы двух сканерных

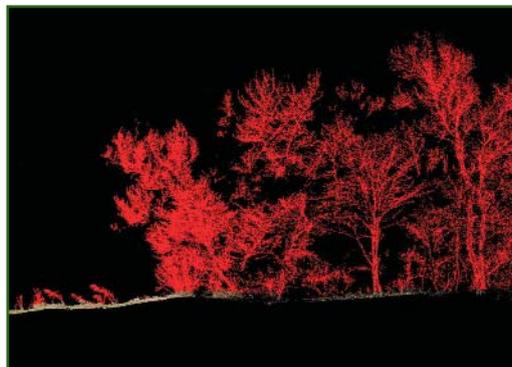


Рис. 5
Фрагмент вертикального сечения скана с растительностью



Рис. 6
Исходный скан с точками, относящимися к растительности (вверху), и скан после удаления этих точек (внизу)

ходов, привязанных только с одной стороны. Скан зеленого цвета привязан по четырем маркам, а скан белого цвета — по трем маркам, что привело к существенному смещению точек этого скана от истинного положения.

Кроме того, необходимо, чтобы расстояние между опорными точками составляло не менее 10 м, а превышение между ними было как можно больше. Практика показывает, что для обес-

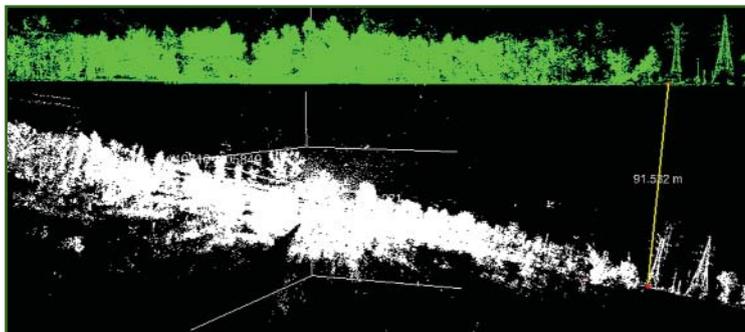


Рис. 7
Грубая ошибка в положении скана сканерного хода (белый цвет), возникшая из-за недостаточного количества опорных точек



Рис. 8
Смещения в положении двух сканов, полученных из сканерного хода, привязанного с двух сторон (красный цвет) и с одной стороны (белый цвет)

печения необходимой точности бывает достаточно превышения между марками в 1,5–2 м.

При протяженных сканерных ходах желательно размещать опорные точки через 400–500 м, группами по четыре точки. В этом случае удастся избежать ошибок внешнего ориентирования, а отображение рельефа будут удовлетворять требованиям, установленным в инструкции [13]. Согласно этой инструкции, средние погрешности определения высоты точек рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте: 1/4 высоты сечения рельефа при углах наклона местности до 2° и 1/3 — при углах наклона более 2° или при сечении рельефа через 0,5 м. На участках местности, покрытых лесной растительностью, допус-

ки увеличиваются в 1,5 раза. То есть при съемке равнинного участка в масштабе 1:500 с сечением рельефа через 0,5 м погрешность составляет 12,5 см. Для горного участка, покрытого лесом, эта погрешность будет составлять 25 см.

На рис. 8 приведен пример смещения скана сканерного хода, привязанного только с одной стороны (красный цвет), относительно скана сканерного хода, привязанного с двух сторон (белый цвет).

Из рассмотренных примеров видно, что при создании планов крупных масштабов методом наземного лазерного сканирования целесообразно использовать для съемки труднодоступных открытых территорий со значительными уклонами, большими перепадами высот и сложным (изрезанным) рельефом, например, больших карьеров или глубоких горных ущелий. На таких участках наземное лазерное сканирование будет иметь преимущество перед любым другим методом топографической съемки. Альтернативой наземному лазерному сканированию может служить, например, фототопографическая (фототоподолитная) съемка.

▼ Список литературы

1. Рьельский И.А., Малеванная М.С. Наземные лазерные методы — новые подходы к информационному обеспечению географических исследований // Геодезия и

картография. — 2014. — № 8. — С. 38–48.

2. Комисаров А.В. Вывод формул оценки единичного измерения наземными лазерными сканерами // Геодезия и картография. — 2013. — № 4. — С. 7–15.

3. Афонин Д.А., Брынь М.Я., Толстов Е.Г. Проектирование геометрических параметров наземного лазерного сканирования при контроле деформаций зданий и сооружений в условиях плотной застройки // Геодезия и картография. — 2013. — № 2. — С. 2–7.

4. Канашин Н.В., Степанов Д.И. Современные проблемы обработки данных наземного лазерного сканирования и возможные пути их решения // Геодезия и картография. — 2012. — № 7. — С. 24–28.

5. Кафтан В.И., Никифоров М.В. Калибровка лазерного сканера на коротком эталонном геодезическом базисе // Геодезия и картография. — 2012. — № 5. — С. 14–19.

6. Середович В.А., Комисаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. Наземное лазерное сканирование. — Новосибирск: СГГА, 2009. — 261 с.

7. ГОСТ Р 8.794–2012 Государственная система обеспечения единства измерений. Сканеры лазерные наземные. Методика поверки.

8. ГОСТ 21830–76 Приборы геодезические. Термины и определения.

9. ГОСТ 22268–76 Геодезия. Термины и определения.

10. Выстрчил М.Г. Обоснование способов внешнего ориентирования цифровых моделей горных выработок, получаемых по результатам съемок лазерно-сканирующими системами: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — С-Пб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. — 168 с.

11. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания.

12. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

13. ГКИНП 02-033–82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ. ПРОДОЛЖЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.И. Глейзер («Геодезические приборы», Санкт-Петербург)

В 1968 г. окончил Ленинградский электротехнический институт (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет) по специальности «гироскопические приборы и устройства». После окончания института работал инженером в ЦНИИ «Аврора», а с 1971 г. — во Всесоюзном НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), занимая должности от старшего научного сотрудника до заведующего лабораторией и главного метролога. С 2001 г. работает в ЗАО «Геодезические приборы», в настоящее время — заместитель генерального директора. Преподает в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете, профессор кафедры «Технология, организация и экономика строительства». Доктор технических наук.

Е.И. Колпаков («Монада», Эстония)

В 1968 г. окончил Саратовский геологоразведочный техникум по специальности «техник-топограф». После окончания техникума работал в Экспедиции 304 Союзмаркштреста, с 1975 г. — в РСУ № 7, а с 1977 г. по 2011 г. — в ПО «Эстонсланец». С 1989 г. по настоящее время — член правления компании «Монада».

М.Н. Нирги (Церковь Святого Маврикия, Эстония)

С 1977 г. по 1982 г. работала органистом в церкви в г. Раквере, затем служила в Эстонской евангелической лютеранской церкви. В 1995 г. окончила Богословский институт Эстонской евангелической лютеранской церкви в Таллине и получила диплом духовника. С 2005 г. по настоящее время — пастор Церкви Святого Маврикия в Хальяла.

Приближается 160-летие с момента выступления выдающегося российского астронома и геодезиста В.Я. Струве в Парижской Академии наук с первыми результатами определения формы и размера Земли по данным Русско-Скандинавских градусных (геодезических и астрономических) измерений — «Об измерении дуги меридиана в 25°20' между Дунаем и Ледовитым морем» [1]. Этот труд, в последующем опубликованный в ежегоднике «Вестник Императорского Русского географического общества» за 1857 г., получил всемирное признание. В 2005 г. сохранившиеся геодезические пункты, входившие в триангуляционную астрономо-геодезическую сеть, состоящую из 12 сегментов, протяженностью в 2822 км, объединенные под именем «Геодезическая дуга Струве» (ГДС), вошли как единый объект культурных ценностей в

Список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Не зря ГДС нередко называют «геодезическим чудом света».

В настоящее время в список включено всего 34 пункта ГДС (из 318), в том числе, 7 из 13 основных, на которых кроме геодезических выполнялись и астрономические измерения. Сохранившиеся и восстановленные пункты ГДС свидетельствуют о выдающихся достижениях специалистов того времени в создании средств измерений и технологий их применения для геодезических и астрономических наблюдений, и сегодня поражают точностью определения пространственных координат.

Прошло более чем полтора века с той поры, изменилось геополитическое положение России, но интерес к ГДС как к крупному технологическому и научному достижению в определении формы и размера нашей

планеты не ослабевает. Не снижается количество публикаций, посвященных ГДС, периодически проводятся научные конференции [2–4], различные культурные мероприятия, включающие экскурсии на эти объекты. Ярким примером являются туры в страны Скандинавии и Балтии с посещением пунктов ГДС, предлагаемые компанией «Эклектика-гид» (Санкт-Петербург).

В 2004 г. представители государственных геодезических организаций десяти стран, на территории которых расположены пункты ГДС, в соответствии с рекомендациями Центра Всемирного наследия ЮНЕСКО образовали Координационный комитет по управлению трансграничным памятником мировой геодезической науки и практики [1]. Координационный комитет, по сути, является органом международного сотрудничества стран и призван содействовать сохра-



Рис. 1
Церковь Святого Маврикия в поселке Хальяла (2016 г.)

нению и популяризации ГДС как объекта Всемирного наследия, распространять информацию о памятнике, способствовать научным исследованиям, расширяющим и углубляющим современные знания в области наук о Земле, а также проведению культурно-просветительских мероприятий, имеющих непосредственное отношение к данному объекту.

Санкт-Петербургское общество геодезии и картографии (СПб ОГиК) сотрудничает с Координа-

ционным комитетом по управлению ГДС с момента его организации. С 2006 г. представители СПб ОГиК регулярно принимают участие в международных встречах, на которых совмещаются заседания комитета с конференцией по ГДС, где представляются материалы, отражающие деятельность общества и его вклад в исследования и систематизацию знаний о ГДС [1, 3]. Результаты работ членов СПб ОГиК и отчеты о международных встречах систематически публикуются в журнале общества «Изыскательский вестник», других отраслевых изданиях (включая журнал «Геопрофи»), а также на сайте общества (www.spbogik.ru), где имеется постоянная рубрика «Геодезическая дуга Струве».

Очередная международная встреча Координационного комитета по управлению ГДС пройдет 7–8 сентября 2016 г. в Таллине, столице Эстонии. В связи с этим, авторы считают целесообразным представить результаты геодезических исследований, выполненных в августе-сентябре 2015 г. на территории церкви Святого Маврикия в поселке

Хальяла (рис. 1). Шпиль купола башни звонницы этой церкви (рис. 2) входил в триангуляционную сеть при градусных измерениях на дуге меридиана как геодезический пункт Halljall [1]. Этот пункт пока не включен ЮНЕСКО в официальный список пунктов ГДС. Работа на башне звонницы была инициирована В.Б. Капцюзом, специалистом в области изучения научного наследия В.Я. Струве, секретарем правления СПб ОГиК, и увлекла сотрудников компании «Монада» (Эстония), а также Мярigit Нирги, пастора церкви Святого Маврикия, которая всячески способствовала проведению геодезических работ.

▼ Немного истории

Поселок Хальяла является административным центром одноименной волости, расположенной в восточной части Эстонии, в уезде Ляэне-Вирумаа. В центре поселка, на перекрестке дорог, стоит церковь со стройной восьмигранной каменной башней и возвышающимся над ней деревянным куполом со шпилем. Это единственная церковь в Эстонии, названная именем Святого Маврикия. Хальялский церковный приход помимо административного центра включает 20 деревень. Общая площадь волости Хальяла составляет чуть более 183 км², а численность населения — около 3000 человек.

Найденные древние захоронения на территории волости относятся к III–II тыс. до н. э. Проведенные археологические раскопки свидетельствуют, что в период с I по V века н. э. окрестности Хальяла были густо населены. В конце XII века и в начале XIII века местное население было обращено в христианскую веру. Однако эти времена характеризовались политической нестабильностью. Согласно историческим данным, в 1219 г. на землях Вирумаа появились крестоносцы из Германии, а в 1220 г. датчане отправили туда своих

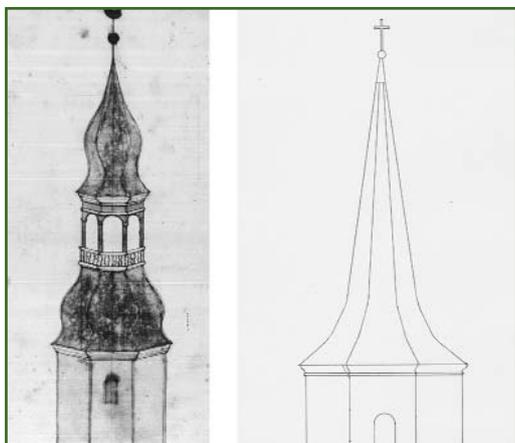


Рис. 2
Шпиль купола башни звонницы церкви Святого Маврикия: 1767 г. (слева); 1865 г. (справа)

священников. За 19 лет на Вирумаа было совершено 11 походов: то рыцарями ордена крестоносцев, то германским орденом, то легатом (представителем) папы Римского Вильгельмом Моденским, то датчанами. В 1241 г. в датской поземельной книге был упомянут Хальялский приход, в который входило 46 деревень с 760 хуторами, причем, в самом Хальяла было 14 хуторов. С этой записи и началась официальная история Хальялского прихода. Как говорят: «где живут люди, обращенные в христианство, там должна быть и их церковь». Поэтому в центре прихода, в Хальяла, выбрали место для церкви и возвели ее. Первое здание церкви, вероятно, было построено из дерева, а вот следующее, каменное, — служит людям и по сей день. Время, когда в Хальяла начали возводить трехпролетную сводчатую каменную церковь является спорным. Историки предполагают и конец XIV века, и первую половину XV века. В частности, искусствовед-историк Виллем Раам (1910–1996) на основании исследований, проведенных летом 1959 г., сделал вывод, что окошко для реликвий, находящееся во внешней стене, на 1,5 м севернее восточного окна, характерно именно для церквей Северной Эстонии в окрестностях Раквере, построенных в XV веке. Вместе с тем он отметил, что в старейшей части церкви, в стене хора, — много булыжников, и она выполнена относительно посредственно. По этой технике кладки можно предположить, что стена была воздвигнута в конце XIV века. В настоящее время специалисты склонны все же считать, что каменная церковь относится к XV веку.

Церковь Святого Маврикия — одна из старейших в Эстонии и часто использовалась в качестве крепости, а также служила убежищем и защитой для населения. Этому содействовали и место ее расположения, и поли-



Рис. 3
Внутреннее убранство церкви Святого Маврикия (2016 г.)

тические события, которые в XV веке оказывали влияние на страну: церковь стояла около дороги из Таллина в Нарву, по которой возили товар и двигались войска. Вдоль этой дороги, наряду с церковью в Хальяла, располагались и другие защитные сооружения: Ярве, Эдисе, Пуртсе, Малла, Андя, Кийю, Тоолсе, а также церковь-крепость Йыхви. Следует отметить, что церковь до сих пор производит впечатление, будто она больше подходит для военных действий, и священнику можно говорить в ней лишь тогда, когда пушки молчат. Церковь Святого Маврикия, Ракверская церковь и крепость Тооли, из башен которых сигнализировали огнями о приближении врагов, образовывали своего рода стратегическую единицу. На втором этаже башни жили сторожа, которые и должны были сообщать об опасности. В потолке входной части церкви сохранилось отверстие, через которое в башню поднимали запасы. Люди, которые скрывались в церкви от военных действий, были защищены массивными дверями, а задвижками служили бревна. В башню и сейчас можно подняться по узкой каменной лестнице.

Документы свидетельствуют, что церковь Святого Маврикия горела шесть раз. Впервые — в 1558 г. во время Русско-Ливонской войны, затем в 1703 г. во время Северной войны, из-за которой церковь простояла без крыши до 1717 г. Крышу башни привели в порядок, вероятно, в 1735 г. Пожары в церкви происходили и от удара молнии — 21 мая 1674 г., 1 мая 1761 г. и 8 июля 1831 г. Каждый раз повреждались крыша и деревянный купол башни со шпилем. Когда в 1761 г. отремонтировали крышу, а затем к осени 1767 г. купол башни, ее высота со шпилем составляла 77 м от поверхности земли [1]. Восстановленный в 1865 г. (после пожара 1831 г.) и существующий до настоящего время купол башни со шпилем на 25 м ниже. Последний пожар в церкви произошел в 1997 г. Тогда погибла часть органного балкона, и была повреждена обстановка внутри церкви.

И все-таки церковь Святого Маврикия выстояла и в настоящее время является ценным памятником многовековой истории (рис. 3). Среди исторической атрибутики можно увидеть изображения гербов XV века по обеим сторонам главного порта-

ла: справа — герб патронов церкви Врангелей, а слева — герб Мекс. Святейшее сокровище церкви Святого Маврикия — средневековый каменный алтарь, на котором высечено из камня пять крестов. С XV века этот алтарь используется во всех церковных обрядах. Картина алтаря была написана во второй половине XIX века. Это копия с оригинала картины «Христос в Гефсиманском саду», созданной в 1830 г. академиком Федором Бруни (1799–1875) и в настоящее время хранящейся в Государственном Русском музее в Санкт-Петербурге. Копию выполнил Теодор Хун (1830–1877). В 1730 г. мастер Йоганн Валентин Рабе (1662–1719) изготовил кафедру, на стенках которой изображены Христос и четыре евангелиста: Святой Маркус, Святой Йоганнес, Святой Лукас и Святой Маттеус. Кафедра опирается на столб, изображающий Моисея.

▼ **Постановка и решение задачи**

В.Я. Струве включил шпиль купола башни звонницы церкви Святого Маврикия в градусные измерения как геодезический пункт Halljall. По его данным, это была самая высокая в то время «приходская кирха в Ливонии и Эстляндии» [1] с каменной башней, имевшей прочные стены, что обеспечивало устойчивость и сохранность пункта. На каменной кладке стены

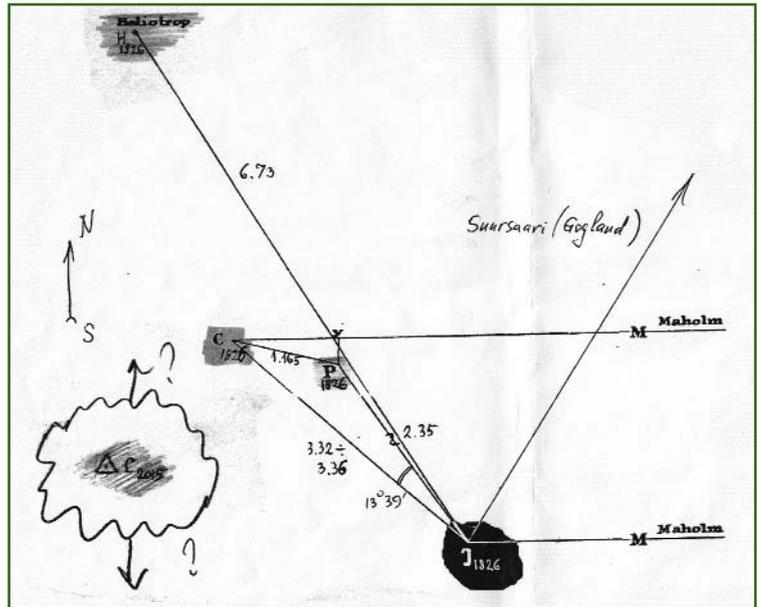


Рис. 4

Схема привязки приборов при измерениях на пункте Halljall (из архивных материалов В.Я. Струве, предоставленных В.Б. Капцюгом)

верхней площадки, расположенной на 9-м ярусе башни, В.Я. Струве разместил геодезический угломерный инструмент для наблюдения горизонтальных и вертикальных углов (J) и гелиотроп Гаусса (H), поскольку расстояние до пункта Мекипелюс на острове Гогланд, связывающего «Северную» и «Южную» континентальные дуги ГДС, разделенные Финским заливом, составляло более 81 км (рис. 4).

Наблюдения на пункте Halljall В.Я.Струве выполнял в 1826–1827 гг. Во время в Хальяла жил Е.Е. Саблер (1810–1864) — сын потомственного пастора церкви Свя-

того Маврикия, которого заинтересовали геодезические измерения и повлияли на его дальнейшую судьбу. Впоследствии он стал одним из пяти астрономов Пулковской обсерватории, выполнял работы при градусных измерениях на ГДС, а позже являлся директором обсерватории университета в Вильно (Вильнюс) [5].

Как отмечается в [1], геометрический центр шпиля купола башни, восстановленного в 1865 г. после пожара, по сравнению с его плановым положением в 1826 г., вероятно, смещен. В.Б. Капцюг, работая с архивными материалами В.Я. Струве, обнаружил эскизы, содержащие информацию о привязках положения геодезического инструмента, гелиотропа Гаусса и геометрического центра шпиля к оконным проемам верхней площадки башни (рис. 4 и 5).

Исходя из того, что каменная башня не перестраивалась и существенно не пострадала от времени, В.Б. Капцюг на основании эскизов (рис. 4 и 5) предложил восстановить положение инструментов В.Я. Струве и геометрического центра шпиля ку-

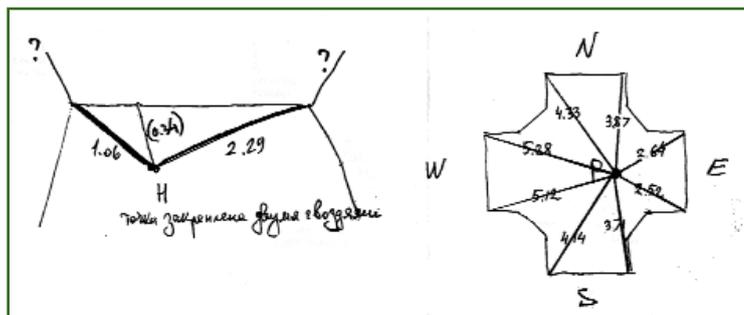


Рис. 5

Схема привязки гелиотропа Гаусса и произвольной точки P к оконным проемам верхней площадки башни (из архивных материалов В.Я. Струве, предоставленных В.Б. Капцюгом)

пола башни 1826 г. (С₁₈₂₆) в системе координат, применяемой в настоящее время в Эстонии. Полученные координаты позволят закрепить памятными знаками их местоположение, а также определить плановое смещение геометрического центра шпиля за прошедшие 190 лет. Эти предложения и материалы были переданы в компанию «Монада» и, по сути, послужили техническим заданием на выполнение геодезических измерений.

Как отмечалось выше, практические работы на башне церкви специалисты компании «Монада» выполнили в 2015 г. В качестве исходного пункта для проведения работ был принят пункт государственной геодезической сети Эстонии 64-922-2112 в системе координат L-Est97 и Балтийской системе высот.

На территории церкви разместили временные геодезические пункты, координаты которых были определены относительно исходного пункта с помощью GPS-измерений. С этих

точек, используя электронный тахеометр, выполнили плановую съемку башни и передали координаты на промежуточную точку на 9-м ярусе (рис. 6). С этой точки была проведена подробная геодезическая съемка верхней площадки башни и составлен цифровой план. Используя цифровой план и схемы привязки (рис. 4 и 5), в 2016 г. специалисты компании «Монада» определили координаты точек Р, J, H, С₁₈₂₆ и С₂₀₁₆. Согласно этим данным, расстояние между проекциями центра шпиля купола башни в 1826 г. и в 2016 г. составило 0,61 м (рис. 7).

13 февраля 2016 г., в Хальяла, состоялась встреча В.И. Глейзера, Е.И. Колпакова и Мяржит Нирги. Она позволила узнать много интересного об уникальном памятнике архитектуры, получить информацию о выполненных геодезических измерениях и планируемых работах по реставрации церкви летом 2016 г., а главное, обсудить план сотрудничества в подготовке и

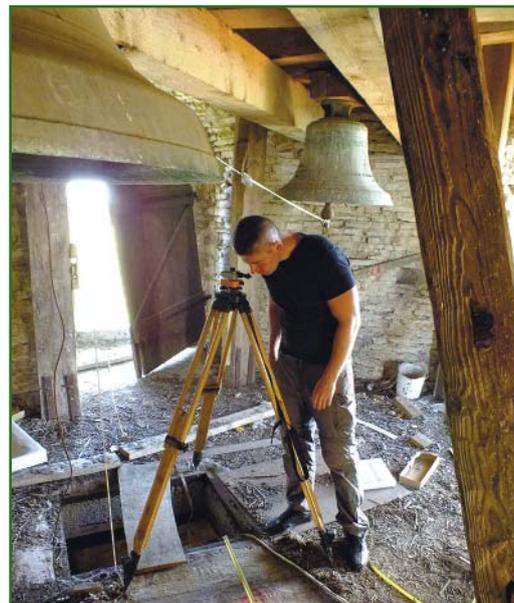


Рис. 6
Геодезическая съемка на 9-м ярусе башни

проведении мероприятий, направленных на увековечивание этого объекта.

Авторы надеются, что выполненные геодезические исследования позволят закрепить памятными знаками положение геодезических инструментов В.Я. Струве и геометрического центра шпиля купола башни 1826 г., а также включить башню звонницы церкви Святого Маврикия как пункт Haljall в официальный список пунктов памятника Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве».

▼ Список литературы

1. Вестник Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии. — 2007. — № 6. — 222 с.
2. Капцюг В.Б. «Дуга Струве» — прошлое и настоящее // Геопрофи. — 2009. — № 1. — С. 63–67.
3. Глейзер В.И. Итоги 6-й международной конференции «Геодезическая дуга Струве и ее продолжение во времени и пространстве» // Геопрофи. — 2009. — № 3. — С. 57–59.
4. Богданов А.С., Глейзер В.И., Капцюг В.Б. 7-я международная встреча на «Дуге Струве» // Геопрофи. — 2010. — № 6. — С. 28–32.
5. Jevgeni Kolpakov, Vitali Kartjug. Haljala kiriku tornitipu tahtsusest asronoomias // EESTI KIRIK // 03.02.2016.

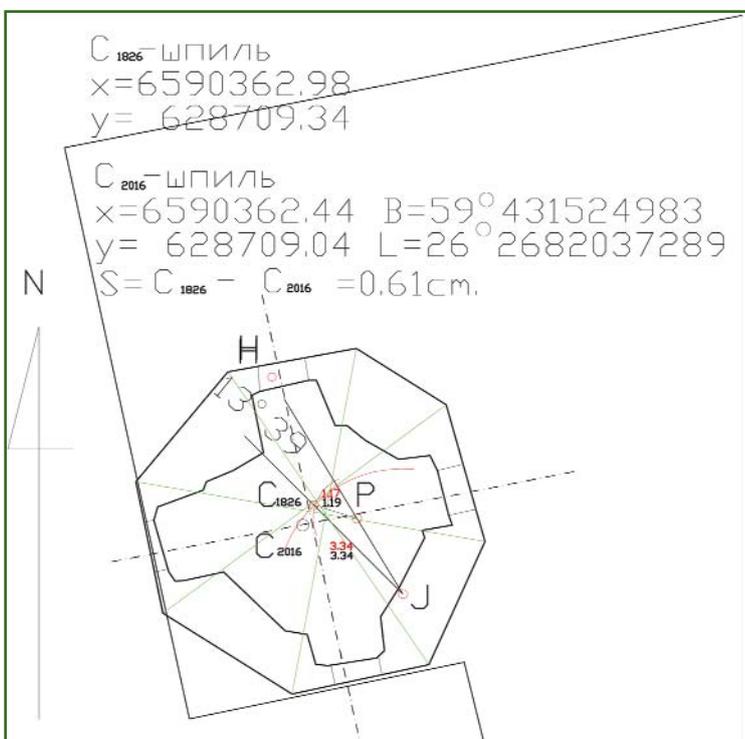


Рис. 7
Результаты определения координат планового положения геометрического центра шпиля купола башни в 1826 г. и в 2016 г.

 **TOPCON**

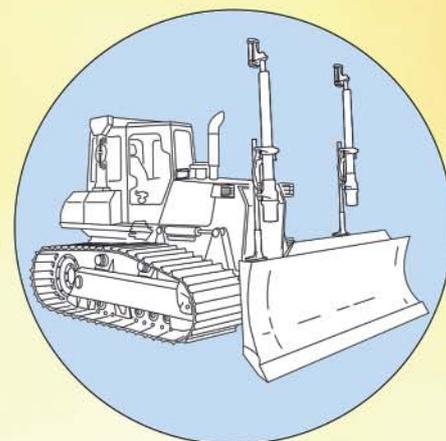
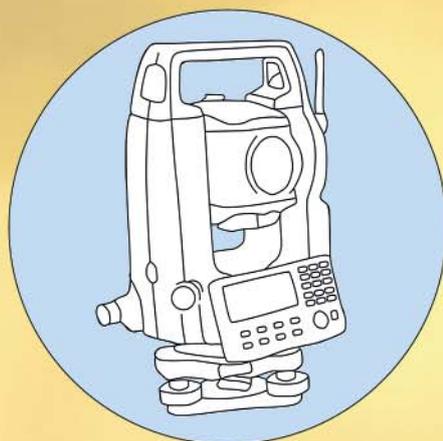
SOKKIA

VEGA
CONSTRUCTION INSTRUMENTS



ЗАО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург

Официальный представитель Topcon Sokkia
на Северо-Западе России



ЗАО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург,
ул. Большая Монетная, д. 16

(812) 363-43-23
(812) 363-19-46



www.geopribori.ru

ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»
Генеральный дистрибьютор TOPCON и SOKKIA

МУЗЕЙ ГСИ 20 ЛЕТ!



ГСИ®
(495) 921-22-08

ПАМЯТНЫЙ ПОДАРОК!

Карты Игральные Геодезические!



НЕ ЗЕВАЙ – НАЛЕТАЙ!

подробности
смотри на сайте

www.gsi.ru



20 ЛЕТ МУЗЕЮ ГСИ



«Кабинетное» собрание приборов ГСИ (2000 г.)



Создание и развитие основных типов геодезических инструментов: «История нивелира» (вверху), «История тахеометра» (внизу)

Коллекция экспонатов музея ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» (ГСИ) формировалась спонтанно. Двадцать лет назад она представляла собой небольшое «кабинетное» собрание старинных геодезических приборов, приобретенных по случаю на рыночных развалах и у заезжих «коробейников» от геодезии.

Первоначально, создание коллекции не планировалось, и никто из сотрудников, включая руководство компании, не предполагал, что невинное увлечение старинными приборами и картографическими материалами приведет к тому, что в течение всего лишь двух десятилетий фонд инструментов музея ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» вырастет до 500 единиц.

Экспозиция музея стала неотъемлемой частью внутренней культуры компании. Ее присутствие формирует внутренний мир сотрудников, помогает сохранять верность традициям, стимулирует процесс творческого развития и совершенствование профессионального мастерства.

К сожалению, некоторые посетители музея оценивают работу коллектива компании по созданию коллекции, как некое вложение финансовых средств в «геодезический антиквариат» на «черный день», и очень сильно заблуждаются в своих утилитарных суждениях. Сотрудники ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫ-

КАНИЯ» собирали и собирают старинные геодезические приборы и инструменты, подлинные картографические и землеустроительные материалы, раритетные учебные пособия для того, чтобы почувствовать себя частью исторического процесса и сохранить предметы технической культуры от сдачи на металлолом и вывоза в страны дальнего и ближнего зарубежья.

Большое количество экспонатов безвозмездно передано в музей владельцами инструментов, фотографий, картографических и рукописных материалов, доставшихся им в наследство. Мы искренне благодарны людям, доверившим нам семейные реликвии, и всем тем, кто помогал в создании коллекции. Мы приложим все силы к тому, чтобы использовать созданную общими усилиями экспозицию музея для сохранения исторического наследия, обучения молодых специалистов и популяризации профессий геодезиста и картографа среди подрастающего поколения.

Работа по представлению собранных инструментов и материалов для более широкой аудитории только началась, но уже можно поделить некоторыми результатами.

Неоднократно сотрудники ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» организовали выездные экспозиции на выставках и конференциях в Москве и Санкт-Пе-



Экспонаты музея ГСИ (январь 2016 г.)

тербурге, в профильных учебных заведениях Санкт-Петербурга и Казани. Часть экспонатов музея размещена в холле Московского планетария.

В настоящее время для знакомства с основной частью экспозиции музея не обязательно ехать в Москву, достаточно зайти на сайт ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» — www.gsi.ru, в раздел «О нас», и выйти на страницу «Музей». Эта страница предоставляет возможность самостоятельно совершить виртуальную экскурсию по музею и познакомиться с внешним видом и описанием экспонатов, которые объединены в следующие группы:

- инструменты для мензульной (или графической) съемки;
- инструменты для линейных измерений;
- инструменты для нивелирования;
- угломерные приборы и инструменты;
- приборы специального назначения, в том числе картографические и чертежные инструменты.

Виртуальное знакомство с приборами и инструментами



Страница «Музей» на сайте ГСИ

дополняет ряд разделов. Так, в разделе «Глоссарий» представлен словарь терминов в области геодезического приборостроения с толкованием основных технологических процессов. А в разделе «Изготовители» можно получить информацию о наиболее известных в дореволюционной России и СССР производителях геодезического оборудования.

На основе фотоизображений, описаний и технических характеристик экспонатов музея созданы учебно-методические материалы в виде презентаций на темы: «История нивелира», «История дальномера», «История тахеометра», которые дополняют виртуальную экскурсию по музею. Презентации можно скачать и использовать в учебном процессе.

У основателей музея впереди еще много интересных проектов. В честь юбилейной даты — 20 лет со дня основания музея, компания «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» подготовила оригинальный памятный подарок, связанный с его экспонатами, — колоду игральных карт с изображением старинных геодезических приборов.

Компания «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» приглашает в гости своих партнеров и всех неравнодушных к истории геодезических измерений на Земле посетить музей и ознакомиться с представленными экспонатами.

А.М. Шагаев
(«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»)



Раздел «Изготовители» на странице «Музей»

Trimble
www.trimble.ru

Журнал «Геопрофи»
www.geoprofi.ru

JAVAD GNSS
www.javadgns.ru

ГК «Иннотер»
www.innoter.com

«УГТ-Холдинг»
www.ugt-holding.com

Вики — Фотограмметрия
www.racurs.ru/wiki

КГПК «Терра»
www.gisterra.ru

Национальный Атлас России
http://национальныйатлас.рф

Spectra Precision
www.spectraprecision.com

INTERGEO 2016
www.intergeo.de

GeoForm 2016
www.geoexpo.ru

Международный год карт и России
http://mapyear.ru

МАЙ

▼ Москва, 25–26*

Научно-практическая конференция «**Опыт комплексного использования результатов космической деятельности в интересах регионов России**»
ОАО НПК «РЕКОД»
Тел: (495) 234-28-03
E-mail: dkomolova@rekod.ru
Интернет: http://rekod.ru/press/events_shedule/kosmos

ИЮНЬ

▼ Москва, 1*

V Международный форум «**Технология информационного моделирования — основа управления жизненным циклом объектов гражданского, промышленного и транспортного строительства**»

НПЭС, МИРГИГ
Тел: (916) 565-02-85
E-mail: org@3d-conf.ru
Интернет: <http://3d-conf.ru>

▼ Алматы (Казахстан), 10*

Конференция «**Инновационные технологии в производстве планово-картографической продукции сельскохозяйственного назначения**»
РГП «ГИСХАГИ»
E-mail: gishagi@mail.ru
Интернет: <http://gishagi.kz>

ОКТАБРЬ

▼ Гамбург (Германия), 11–13

Конгресс и выставка по геодезии, геоинформатике и управлению земельными ресурсами
INTERGEO 2016
HINTE GmbH, DVW
E-mail: dkatzer@hintе-messe.de
Интернет: www.intergeo.de

▼ Москва, 18–20*

13-я Международная выставка оборудования и программного обеспечения для геодезии и геоинформационных систем
GeoForm 2016
Международный форум геопространственных технологий
Группа компаний ITE
Тел: (495) 935-81-00
E-mail: geoformexpo@ite-expo.ru
Интернет: www.geoexpo.ru

НОЯБРЬ

▼ Агра (Индия), 12–18*

16-я Международная научно-техническая конференция «**От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии**»
«Ракурс»
E-mail: conference@racurs.ru
Интернет: <http://conf.racurs.ru/conf2016>

Примечание. Знаком «*» отмечены мероприятия, официальные участники которых получат очередной номер журнала «Геопрофи».

25 мая 2016

РОСКОСМОС

SK КОСМОС

РЕКОД

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ИНТЕРЕСАХ РЕГИОНОВ РОССИИ»

Москва, ИЦ «Сколково»

Leica Zeno 20

Больше чем GPS



- Используйте любое ГИС или геодезическое ПО
- Работайте на Android или Windows на ваш выбор
- Наладонник для сбора ГИС-данных или ровер для геодезии
- Сантиметровая точность без внешней антенны
- Бесплатный доступ к Leica SmartNet Russia на 1 год
- Техническая поддержка от производителя во всех регионах РФ
- Съёмка недоступных точек совместно с дальномером Leica Disto S910

Скачайте презентацию с сайта
НАВГЕОКОМ

Пригласите наших специалистов
для пилот-проекта



129626, г. Москва,
ул. Павла Корчагина, д. 2
Тел.: +7 495 781 7777
www.navgeocom.ru
e-mail: info@navgeocom.ru

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

УВИДЕТЬ ВСЕ СОЗВЕЗДИЯ. ДАЖЕ НАХОДЯСЬ В ЛЕСУ.

Технология Trimble 360

Каждый приемник Trimble R8s оснащен мощной технологией отслеживания Trimble 360, поддерживающей работу со спутниковыми сигналами всех существующих и планируемых созвездий, а также дополняющих их дифференциальных подсистем. Благодаря возможностям приема дополнительных спутниковых сигналов, GNSS приемники с технологией Trimble 360 могут использоваться в тех местах, где GNSS съемка прежде была невозможна, например, в сильно залесенной или застроенной местности.

TRIMBLE R8s



©2015, Trimble Navigation Limited. Все права защищены. Trimble, логотип «Глобус и треугольник» являются товарными знаками Trimble Navigation Limited, зарегистрированными в США и других странах. Trimble 360 является товарным знаком Trimble Navigation Limited. Все прочие товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

