

#4
2022

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

ТЕОДРОФИ

#118



Информационный партнер

Orient
Systems

Информационный партнер

О РАЗРАБОТКЕ СТАНДАРТОВ
НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

К 95-ЛЕТИЮ А.А. ГЕНИКЕ

НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД
В PHOTOMOD RADAR

ОБОРУДОВАНИЕ И ПО ГСИ

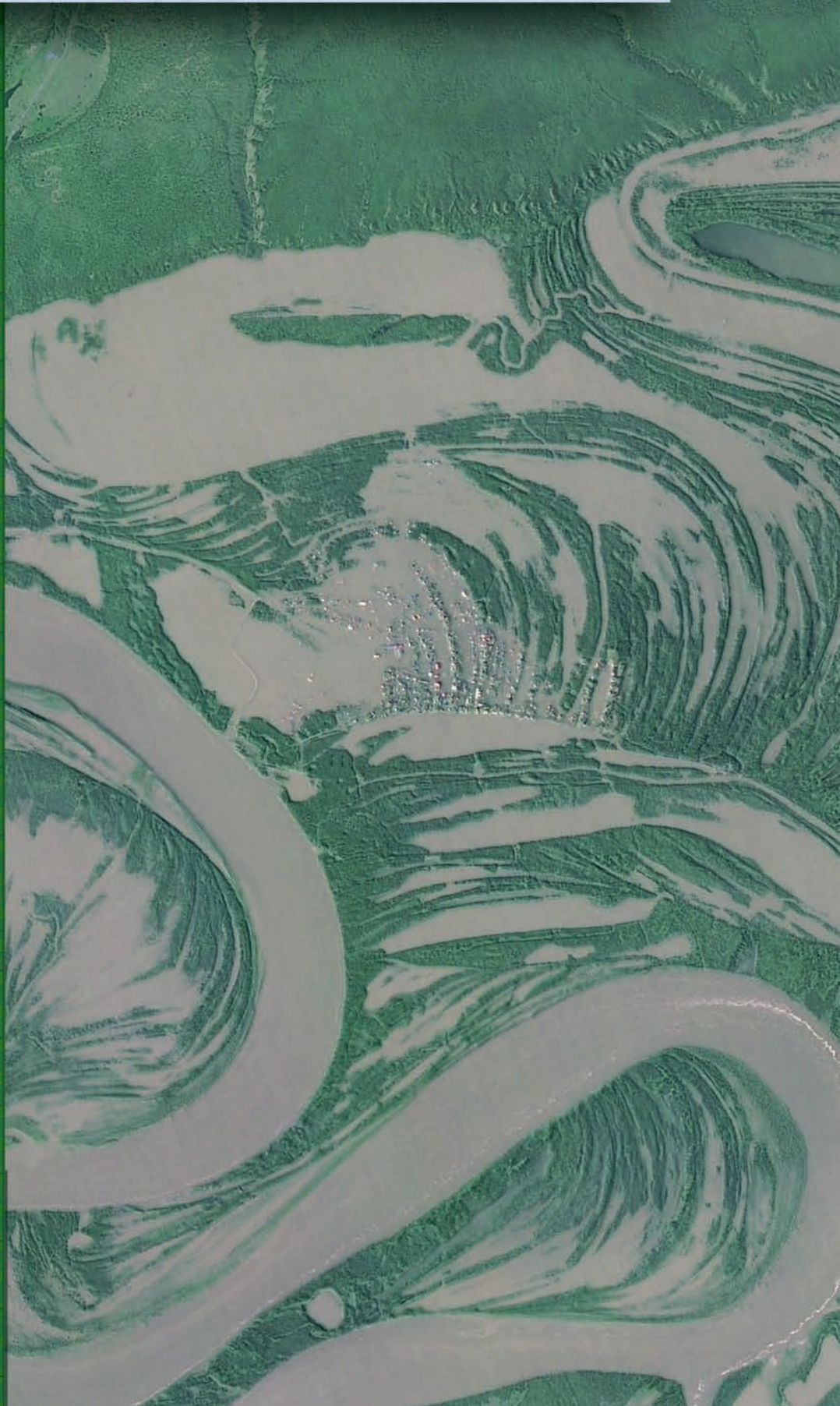
О ТОЧНОСТИ ГНСС-МОДУЛЯ
SINOGNSS K803 LITE

ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКОЙ
ФАУНЫ. ОПЫТ NEXTGIS

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ
СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
ОТСЧЕТОВ NSRS22

ОЗЕРО ИЗ ДАЛЕКОГО
ПРОШЛОГО

СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ



SINOGNSS K803 LITE

**Навигационный модуль для интеграции
в ваши проекты по лучшей цене!**

Профессиональный двухчастотный ГНСС-модуль
последнего поколения от крупнейшего производителя
спутникового оборудования в мире



965 каналов / L1, L2 частоты /
Точность до 2см в RTK



Поддержка всех глобальных
спутниковых систем



Возможность работы отдельно
по ГЛОНАСС/BeiDou

4 GNSS
by Orient Systems Group

**Высокоточные спутниковые приемники
от российского производителя**



- 3 года гарантии
- Бесплатный тест-драйв
- Сертифицированы в РФ

RU СДЕЛАНО
В РОССИИ



+7 (499) 347-78-07
orsyst.ru



Москва, Большой бульвар, 42с1,
Инновационный центр Сколково,
офис 3.351



Уважаемые коллеги!

В марте 1983 г. была вручена первая премия за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии имени Ф.Н. Красовского — выдающегося советского ученого в области геодезии, члена-корреспондента Академии наук СССР, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, лауреата Государственной премии СССР.

14 марта 2017 г. было принято новое Положение о премии имени Ф.Н. Красовского, согласно которому она присуждается центральным правлением Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» «...за крупные научные исследования, изобретения, конструкторские, технологические, организационно-экономические разработки и достигнутые при их освоении производственные результаты, а также за крупные учебно-методические разработки в геодезии и картографии российским и зарубежным ученым, специалистам и коллективам».

Журнал «Геопрофи» является партнером Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, а многие лауреаты премии имени Ф.Н. Красовского являются его авторами.

В этом номере к 40-летию вручения первой премии имени Ф.Н. Красовского редакция журнала представляет две статьи лауреатов премии.

«Специальные геодезические работы. История возникновения и развития», автор С.И. Грызулин (с. 38).

Исходными материалами для статьи послужили воспоминания С.И. Грызулина и записанные им воспоминания С.М. Иноземцева, О.П. Лобаторина и А.С. Ремизова, предоставленные редакции для публикации М.С. Брацлавской — дочерью С.И. Грызулина. В предисловии Сергей Иванович отмечает, что это «не документальное историческое исследование, а изложение воспоминаний геодезистов, принимавших активное участие в специальных (нестандартных) геодезических работах, осуществляемых в СССР и РФ с 1962 г. по 2018 г. Эти воспоминания не только и не столько о людях, сколько о делах этих людей, т. е. о профессии и ее особенностях. Поэтому многие из участников событий вообще не упомянуты, просто выпали из памяти авторов этих профессиональных мемуаров».

С.И. Грызулин, С.М. Иноземцев, О.П. Лобаторин и А.С. Ремизов в разные годы были сотрудниками отдела специального применения геодезии (ОСПГ) Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэро съемки и картографии им. Ф.Н. Красовского (ЦНИИГАиК), Объединенной комплексной экспедиции № 132 Московского аэрогеодезического предприятия (ОКЭ №132 МАГП) и ООО «Фирма «ЮСТАС».

Поскольку объем предоставленных материалов достаточно большой, в этом номере размещена только часть воспоминаний С.И. Грызулина, охватывающих период с 1962 г. по 1974 г. В следующих номерах журнала будет опубликовано продолжение.

В 2001 г. С.И. Грызулин, С.М. Иноземцев, О.П. Лобаторин и А.С. Ремизов стали лауреатами премии имени Ф.Н. Красовского «За теоретические, технологические и приборные разработки по специальному применению геодезии» вместе с рядом сотрудников из ЦНИИГАиК, ОКБ «Топаз», МАГП и Фирмы «ЮСТАС».

«Озеро Восток в Антарктиде — озеро из далекого прошлого», автор Г.Е. Лазарев (с. 28).

В статье Г.Е. Лазарев рассказывает о своем участии во 2-ой Комплексной антарктической экспедиции Академии наук СССР (1956–1958 гг.) и 6-ой Советской антарктической экспедиции (1960–1962 гг.). Выполняя в 1957 г. навигационное обеспечение санно-тракторного поезда между научными станциями «Мирный» и «Восток», он участвовал в геодезических, гравиметрических и сейсмических измерениях. Полученные результаты позволили построить продольный профиль, на котором в районе станции «Восток» был получен прогиб рельефа подледных коренных пород ниже уровня океана на 1246 м. Последующие исследования в этом районе Антарктиды позволили открыть уникальный географический объект — подледное озеро, получившее наименование «Восток».

В 2006 г. премия имени Ф.Н. Красовского была присуждена «За Комплекс топографо-геодезических, аэрокосмических и картографических работ в Антарктиде» сотрудникам 29 НИИ МО, «Аэрогеодезия», «Нефтегазгеодезия», ЦНИИГАиК и Госцентр «Природа». Одним из лауреатов премии стал Г.Е. Лазарев.





Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ
СЪЕМКА



АЭРОФОТОСЪЕМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО
ОБОРУДОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ
ЦИФРОВОЙ
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

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

 www.roscartography.ru

Редакция благодарит компании,
поддержавшие издание журнала:

«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»
(Информационный партнер),
«Ориент Системс»
(Информационный партнер),
АО «Роскартография»,
АО «Ракурс», NextGIS,
ГБУ «Мосгоргеотрест»,
ПК «ГЕО», GeoTop

Издатель
Информационное агентство «ГРОМ»

Генеральный директор
В.В. Грошев

Главный редактор
М.С. Романчикова

Редактор
Е.А. Дикая

Дизайн макета
И.А. Петрович

Дизайн обложки
И.А. Петрович

Интернет-поддержка
«Инфодизайн»

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

Интернет-версия
www.geoprofi.ru



https://vk.com/geoprofi_2003

https://t.me/geoprofi_2003

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

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

ISSN 2306-8736

Периодичность издания —
шесть номеров в год.

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

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Номер подписан в печать 05.09.2022 г.

Печать Издательство «Проспект»

ОТ РЕДАКЦИИ

ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ ИМЕНИ Ф.Н. КРАСОВСКОГО —
АВТОРЫ ЖУРНАЛА «ГЕОПРОФИ» 1

НОРМЫ И ПРАВО

Е.А. Бровко
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ОПЕРАТИВНОГО ОБНОВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ
НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ 4

ТЕХНОЛОГИИ

ОБОРУДОВАНИЕ И ПО, ПОСТАВЛЯЕМОЕ КОМПАНИЕЙ
«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» В 2022 Г. 8

Б.С. Савченко, Н.А. Вьюков, И.В. Елизаветин, А.В. Соболев
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОБЪЕКТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ
НЕЙРОСЕТЕВЫМ МЕТОДОМ 13

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ
МОДУЛЕЙ SINOGNSS K803 LITE И U-BLOX ZED-F9P
В РЕЖИМЕ RTK 18

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРСКОЙ ФАУНЫ НА ДАЛЬНОМ ВОСТОКЕ
С ПОМОЩЬЮ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ, БПЛА И ПО NEXTGIS 24

Г.Е. Лазарев
ОЗЕРО ВОСТОК В АНТАРКТИДЕ — ОЗЕРО ИЗ ДАЛЕКОГО
ПРОШЛОГО 28

Г.Г. Побединский, В.В. Грошев
А.А. ГЕНИКЕ — ОСНОВАТЕЛЬ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ
РАДИОДАЛЬНОМЕТРИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ГНСС В ГЕОДЕЗИИ 32

В.Л. Кашин
НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
(NSRS22) США И ИХ ВЛАДЕНИЙ 35

ПУТЕШЕСТВИЕ В ИСТОРИЮ

С.И. Грызулин
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ. ИСТОРИЯ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ 38

При оформлении первой страницы обложки использован фрагмент
снимка с КА «Канопус-В», 13.07.2022 г. На снимке — село Бетенкёс,
Якутия. Мониторинг паводковой обстановки.
© Госкорпорация «Роскосмос», 2022



НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ОБНОВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Е.А. Бровка (АО «Роскартография»)

В 1974 г. окончила картографический факультет МИИГАиК по специальности «картография». После окончания института работает в АО «НИИП центр «Природа» (ранее — Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа»), с 2019 г. — по совместительству. С 2019 г. работает в АО «Роскартография», в настоящее время — руководитель направления Центра научно-технологического развития. Одновременно с 2021 г. — заведующая кафедрой цифровой картографии картографического факультета МИИГАиК. Кандидат технических наук.

▼ Постановка проблемы

Одной из основных проблем в сфере управления пространственными данными (ПД) и их использовании при создании (обновлении) государственных топографических карт в аналоговом и электронном виде, наряду с недостаточно эффективным применением современных российских геоинформационных технологий, средств и методов обработки ПД, отсутствием отечественной цифровой геоплатформы и национальной системы пространственных данных (НСПД), объединяющих сведения и данные, содержащиеся в различных государственных информационных ресурсах — источниках разнородных, не структурированных ПД, является отсутствие современной нормативной базы, регламентирующей технологические процессы оперативного обновления цифровых и электронных карт, в том числе единой электронной

картографической основы (ЕЭКО).

▼ Актуальность исследования

Для обеспечения и защиты национальных интересов Российской Федерации за счет «консолидации усилий и ресурсов...», ориентированных в том числе на научно-технологическое развитие страны в сфере актуализации пространственных данных, в соответствии с п. 26 раздела 3 Стратегии национальной безопасности Российской Федерации [1] необходима разработка новых и актуализация нормативно-технических и научно-методических документов в области геодезии, картографии и кадастра недвижимости для формирования НСПД на основе современных цифровых и электронных карт.

АО «Роскартография» продолжает выполнять работы по совершенствованию системы национальной стандартизации в данной предметной области [2].

▼ Ретроспектива и результаты исследований АО «Роскартография»: прошлое — настоящее — будущее (перспектива)

В 2021 г. по Программе национальной стандартизации (ПНС) АО «Роскартография» были разработаны и Росстандартом утверждены следующие стандарты национальной системы пространственных данных:

— ГОСТ Р 70077–2022 Материалы космической съемки для создания и обновления государственных топографических карт. Оценка качества. Основные требования (Приказ Росстандарта № 246-ст от 28 апреля 2022 г. с датой введения в действие 1 июля 2022 г.);

— ГОСТ Р 70171–2022 Картография цифровая. Требования к отображению государственной границы Российской Федерации и границ между субъектами Российской Федерации на цифровых топографических картах и планах (Приказ

об утверждении национального стандарта № 510-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.);

— ГОСТ Р 70170–2022 Картография. Картографические издания. Выходные сведения. Основные требования (Приказ об утверждении национального стандарта № 509-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.);

— ГОСТ Р 70173–2022 Геодезия и картография. Трехмерные цифровые планы населенных пунктов, масштаба 1:500. Общие требования (Приказ об утверждении национального стандарта № 512-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.);

— ГОСТ Р 70174–2022 Картография цифровая. Процессы создания элемента содержания «рельеф» цифровых топографических карт масштаба 1:25 000. Общие требования (Приказ об утверждении национального стандарта № 513-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.);

— ГОСТ Р 70172–2022 Геодезия и картография. Требования к техническому контролю геодезической и картографической продукции и процессов ее создания. Основные положения (Приказ об утверждении национального стандарта № 511-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.);

— ГОСТ Р 70175–2022 Картография. Процессы создания и обновления цифровых топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Общие требования (Приказ об утверждении национального стандарта № 514-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.).

В 2022 г. в рамках ПНС АО «Роскартография» разработаны проекты стандартов Нацио-

нальной системы пространственных данных, которые направлены на рассмотрение в технический комитет по стандартизации Росстандарта — ТК 404 «Геодезия и картография» (табл. 1).

Кроме того, АО «Роскартография» подготовлены предложения по составу и наименованию стандартов Национальной системы пространственных данных в Программу национальной стандартизации на 2023 г. для их разработки и последующего рассмотрения в ТК 404 и ТК 394 «Географическая информация / геоматика», которые приведены в табл. 2.

▼ Перспективные направления развития национальной стандартизации

Перспективными направлениями нормативно-технического и методического обеспечения технологических решений в сфере геодезии, дистанционного зондирования Земли, фотограмметрии, картографии (цифровой картографии), контроля качества в целях совершенствования методов и технологий оперативного обновления цифровых и электронных карт [3] — базовой составляющей НСПД, является разработка национальных стандартов, регламентирующих требования:

— к наборам пространственных данных, в соответствии с ГОСТ Р 58571 [4], представляемых государственными информационными ресурсами — федеральными фондами пространственных данных и данных дистанционного зондирования Земли из космоса; Единым государственным фондом данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении; фондом пространственных данных обороны; региональными фондами пространственных данных; ведомственными фондами пространственных данных, а также Единым государственным

реестром недвижимости; Государственным каталогом географических названий; федеральной информационной адресной системой; ГИС единой электронной картографической основы; публичной кадастровой карты; государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и др.;

— к геопорталам, сервисам и метаданным наборов пространственных данных;

— к общероссийским классификаторам, относящимся к пространственным данным и метаданным — для обеспечения интероперабельности и гармонизации данных, сервисов и геопорталов;

— к обмену данными и их распространению;

— к автоматизации технологического создания цифровых и электронных карт: в части фотограмметрического производства; обработки материалов космической съемки и данных аэрофотосъемки, в том числе с беспилотного воздушного судна; дешифрирования и векторизации пространственных объектов, составления элементов рельефа; редактирования объектов карты; контроля качества карт; развития методов автоматизированной генерализации;

— к комплексному использованию данных спутниковых навигационных систем на этапах обновления карт и актуализации пространственных данных [5];

— к унификации нормативно-технических и методических документов, регламентирующих технологические процессы оперативного обновления цифровой картографической продукции и актуализации пространственных данных.

▼ Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации № 400 от 2 июля 2021 г. «О Стратегии национальной без-

Стандарты Национальной системы пространственных данных
(разработка АО «Роскартография» по ПНС в 2022 г.)

Таблица 1

Наименование	Обоснование для разработки
ГОСТ Р ____ Геодезия. Процессы и методы спутниковых определений при выполнении геодезических работ в ГСК–2011. Основные требования	Проект устанавливает основные требования к процессам и средствам технологического обеспечения геодезических и топографических работ по определению координат объектов с использованием данных глобальных спутниковых навигационных систем, а также основные требования к методам спутниковых определений в государственной геодезической системе координат 2011 года (ГСК–2011), установленной и распространяемой с использованием государственной геодезической сети
ГОСТ Р ____ Геодезия. Методы преобразования координат и высот при спутниковых определениях	Национальный стандарт распространяется на методы преобразования координат и высот при выполнении геодезических и топографических работ по определению координат объектов с использованием данных глобальных спутниковых навигационных систем
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию технического задания на выполнение геодезических и картографических работ	Документ разрабатывается в целях нормативного регулирования общих требований к ТЗ на выполнение геодезических и картографических работ (ГКР), которое является неотъемлемой частью контракта (договора), заключаемого между заказчиком ГКР и исполнителем ГКР. Техническое задание разрабатывают на основе общих технических требований, национальных стандартов в области геодезии и картографии, на основе проработок организаций и руководящих документов заказчика, исходя из условий максимальной эффективности положений ТЗ при выполнении ГКР
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Процессы создания цифровых топографических планов масштаба 1:2000	Проект устанавливает общие требования к процессам создания цифровых топографических планов масштаба 1:2000 (ЦТП), создания на их основе цифровых топографических планов открытого пользования масштаба 1:2000 (ЦТП ОП), а также требования к содержанию основных этапов технологических процессов, выполняемых при создании ЦТП и ЦТП ОП
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Входной контроль исходных картографических материалов. Основные требования	Проект распространяется на картографические произведения и другие документы с информацией о местности, которые используются для создания, составления или обновления цифровой картографической продукции (исходные картографические материалы). Стандарт устанавливает основные требования к организации, порядку проведения и оформлению результатов входного контроля исходных картографических материалов
ГОСТ Р ____ Картография. Наименования географических объектов и адреса объектов адресации. Требования к сбору и употреблению в процессах создания картографической продукции	Проект устанавливает требования к сбору, анализу, употреблению и проверке наименований географических объектов Российской Федерации, географических объектов континентального шельфа и исключительной экономической зоны Российской Федерации, географических объектов, открытых или выделенных российскими исследователями в пределах открытого моря и Антарктики, на русском языке, а также к сбору, употреблению и проверке адресов объектов адресации Российской Федерации в процессах создания и обновления картографической продукции, содержащей подписи и (или) пояснительные надписи соответствующих географических названий и адресов

Стандарты Национальной системы пространственных данных
(предложения АО «Роскартография» в ПНС на 2023 г.)

Таблица 2

Наименование	Обоснование для разработки
ГОСТ Р ____ Национальная система пространственных данных. Термины и определения	Документ разрабатывается в обеспечение государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных», утвержденной постановлением Правительства РФ от 1 декабря 2021 г. № 2148 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Топографический мониторинг при обновлении цифровых топографических карт. Общие положения	Разработка новых нормативных технических документов, регламентирующих процессы оперативного слежения (топографического мониторинга) за изменениями объектов местности по данным ДЗЗ, ГЛОНАСС и отраслевым пространственным данным
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Лазерное сканирование. Основные требования	Разработка нового нормативно-технического документа на современные методы выполнения работ в топографо-геодезическом производстве, в частности, с применением воздушного и наземного лазерного сканирования и закрепление основных технических требований
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Топографическое и картографическое обеспечение демаркации государственной границы Российской Федерации. Технические требования	Разработка нового нормативно-технического документа, обеспечивающего актуализацию и согласование правил геодезического и картографического обеспечения демаркации государственной границы, что является важнейшим элементом межгосударственного договорного процесса при демаркации границы Российской Федерации с зарубежными государствами
ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Топографическое и картографическое обеспечение делимитации государственной границы Российской Федерации. Технические требования	Разработка нормативно-технического документа, обеспечивающего согласование правил и результатов картографического обеспечения делимитации государственной границы. НТД является важнейшим документом межгосударственного договорного процесса при делимитации границы Российской Федерации с зарубежными государствами
Примечание. Стандарт «Национальная система пространственных данных. Термины и определения» предлагается направить в ТК 394, остальные стандарты — в ТК 404.	

опасности Российской Федерации».

2. ГОСТ Р 70175–2022 Картография. Процессы создания и обновления цифровых топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Общие требования.

3. Бровко Е.А., Софинов Р.Э. Актуализация пространственных

данных методом государственного топографического мониторинга в целях реализации государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»: проблемы и решения // Геодезия и картография. — 2022. — № 3. — С.14–22.

4. ГОСТ Р 58571-2019 Инфраструктура пространственных дан-

ных. Требования к информационному обеспечению.

5. Карутин С.Н., Малышев В.В., Лысенко В.В., Болкунов А.И., Рейтор К.И. Разработка научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных систем // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. — 2021. — № 8. — С. 8–24.

ОБОРУДОВАНИЕ И ПО, ПОСТАВЛЯЕМОЕ КОМПАНИЕЙ «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» В 2022 Г.*

Компания «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» (ГСИ) уже 28 лет работает на территории РФ. ГСИ занимается поставкой современного геодезического оборудования и его сервисным обслуживанием. Это сеть представительств, в 22 офисах которых трудится более 250 сотрудников. Их основная задача — оказывать клиентам всестороннюю квалифицированную помощь и поддержку.

Одним из подразделений компании является Сервисный центр — крупнейшее в России предприятие по ремонту геодезической техники, созданное в июле 1997 г.

Есть несколько причин, по которым целесообразно обратиться в Сервисный центр ГСИ:

- более 25 лет безупречной работы в сфере ремонта геодезического оборудования;
- более 60 сервисных инженеров;
- аттестован на выполнение ремонтных работ ведущими производителями геодезической техники;
- имеет собственную метрологическую службу, большую эталонную базу и аккредитован на поверку СИ;
- сотрудники сервиса прошли подготовку в специализированных зарубежных центрах производителей геодезического оборудования;
- возможен ремонт и поверка геодезического оборудования на территории заказчика;
- при ремонте используются оригинальные запасные



части, расходные и смазочные материалы.

Кроме того, быстрый и качественный ремонт геодезических инструментов для клиентов компании доступен без отрыва от производства. На протяжении уже нескольких лет на помощь в самый нужный момент приходит Мобильный сервисный центр. Услуга оказывается на территории Центрального федерального округа РФ, но возможен выезд за его пределы.

Основным видом деятельности компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» является поставка современного геодезического оборудования и программного обеспечения, ассортимент которых постоянно расширяется. В 2022 г. ГСИ предлагает как уже известные и хорошо зарекомендовавшие себя приборы, так и новинки. Рассмотрим их более подробно.

▼ ГНСС-приемник SinoGNSS T300 Plus

Очередное новшество в списке оборудования — спутнико-



* Статья подготовлена пресс-службой компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ».

вый приемник Sino GNSS T300 Plus компании ComNav Technology.

Следует отметить, что в приемниках SinoGNSS T300 Plus встроен чип собственного производства ComNav Technology. Чипы данного производителя также используются в оборудовании других брендов. Технологии компании ComNav Technology постоянно модернизируются, и уже разработан чип с 1198 каналами.

Ключевыми характеристиками ГНСС-приемника SinoGNSS T300 Plus являются следующие:

- прием сигналов со всех спутниковых систем 965 каналами;
- технология QUANTUM Generation III для точного позиционирования;
- компактный и легкий — 950 г;
- объем встроенной памяти 8 Гбайт;
- WiFi/УКВ 2Вт/4G;
- компенсация угла наклона вехи до 60°;
- возможность «горячей замены» аккумуляторов.

Подробнее о приемнике — www.gsi.ru/catalog/gnss/sino-gnss_t300_plus.

В настоящее время доступен новый полнофункциональный комплект ГНСС-приемника и полевого контроллера. В его состав входит:

- ГНСС-приемник SinoGNSS T300 Plus;
- полевой контроллер SinoGNSS R550 с креплением на веху;
- программное обеспечение Survey Master;
- свидетельство о поверке (в электронном виде в ФГИС «АРШИН»).

Зарядные устройства, интерфейсные кабели и т. п. размещены в удобном ударопрочном кейсе. Также в комплект включена годовая подписка на использование сети базовых станций Topnet Live.

▼ Мобильная сканирующая система Viаметрис bMS3d-360

Это следующее оборудование, о котором хотелось бы рассказать. Мобильная сканирующая система Viаметрис bMS3d-360 в корне отличается от многих известных на данный момент сканирующих систем. Надев рюкзак на плечи, оператору достаточно включить и один раз настроить систему мобильного сканирования. Далее он может просто перемещаться пешком как снаружи, так и внутри помещений, а система в автоматическом режиме будет выполнять трехмерную съемку, при этом наличие сигнала ГНСС не является обязательным. Результатом работы системы мобильного сканирования является облако точек — точная трехмерная копия всех видимых в радиусе 100 м от траектории движения оператора.

В июле 2022 г. специалисты компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» провели наглядную демонстрацию системы сканирования Viаметрис bMS3D-360 на строящемся объекте. Для ска-



нирования части коридора с прилегающими помещениями потребовалось менее 10 минут. Также была проведена съемка всех коммуникаций — вентиляционных каналов, трубопроводов и т. д. При использовании традиционных технологий съемка такой площади заняла бы в десятки раз больше времени. Данные сканирования были привязаны к действующей на объекте системе координат и будут использованы для последующего сравнения с проектом.

Подробнее о сканере — www.gsi.ru/catalog/laser_scanner/mobile_mappi.

▼ Ручной сканер GeoSLAM ZEB-HORIZON



Как получить объем угля быстро, точно и легко? Именно с таким вопросом недавно в компанию обратился заказчик. Для решения поставленного вопроса был предложен ручной сканер GeoSLAM ZEB-HORIZON. А затем было проведено обучение на объекте в Кузбассе, в ходе которого сотрудники заказчика получили навыки работы с приобретенным сканером и программным обеспечением.

Ручной сканер GeoSLAM ZEB-HORIZON позволил сократить время и трудозатраты на съемочные работы маркшейдеров, причем даже при «нелетных» условиях — наличии пыли. В результате первичной обработки было получено плотное облако точек, которое в дальнейшем послужило для подсче-

та объемов угля и создания каркасных моделей.

Ключевыми характеристиками простого, легкого и компактного сканера являются:

- технология SLAM;
- сканирование при перемещении со скоростью до 30 км/ч;
- возможность крепления сканера на автомобиль и беспилотный летательный аппарат;
- угол обзора 360x270°;
- привязка в МСК.

Сканер внесен в реестр типов средств измерений ФГИС «АРШИН».

Подробнее о сканере — www.gsi.ru/catalog/laser_scanner/zeb_horizon.

▼ Ручной лазерный сканер GoSLAM RS100S

Новая эра мобильного лазерного 3D сканирования наступит вместе с новым ручным лазерным сканером GoSLAM RS100S. Он обеспечивает позиционирование в режиме реального времени при отсутствии сигналов ГНСС. При перемещении в пространстве сканер сам понимает, где он находится за счет окружающих его объектов, и одновременно сканирует их.

С его помощью можно выполнить сканирование любой сложности: от внутренних помещений до открытых террито-

рий. В нем предусмотрена уникальная функция расширения диапазона отражающей способности поверхности, которая эффективна при сканировании угольных отвалов, руды, т. е. материалов с низким коэффициентом отражения сигнала.

Благодаря сканеру, сбор информации в трехмерном виде выполняется значительно быстрее, чем при помощи стационарного сканера. Время съемки сокращается в десятки раз.

Ключевые преимущества GoSLAM RS100S:

- высокая дальность (120 м), точность (1 см) и скорость сканирования (320 000 точек/с);
- вращающийся лидар сканирует все окружающее пространство, а не только его часть;
- работа в самых суровых условиях — пылевлагозащита IP65 и съемка при температуре от -30 °C до +60 °C;
- предусмотрена возможность просматривать данные в режиме реального времени на экране смартфона;
- позволяет проводить автоматическую геопривязку облаков точек по точкам (маркерам) с известными координатами;
- мультиплатформенность — возможность установки сканера



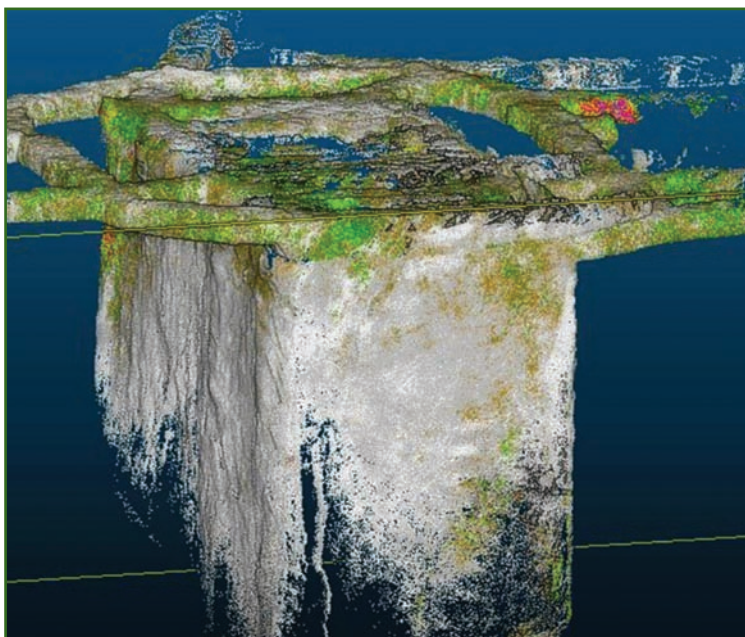
на рюкзак, БПЛА, автомобиль, катер и т. п.;

— готовое решение — комплект сканера с необходимым программным обеспечением.

Подробнее о сканере — www.gsi.ru/catalog/laser_scanner/goslam_rs100s.

Недавно были проведены испытания ручного лазерного сканера GoSLAM RS100s в условиях шахты. Испытания проводили в камере для определения выемочных единиц. Съемка выполнялась в условной системе координат с шести вентиляционных сбоек с расстояния «вытянутой руки». Процесс съемки заключался в обходе камеры по периметру выработанного пространства. Время работ составило 20 минут. При использовании роботизированного тахеометра в режиме сканирования на подобный проект уходит от 1 до 3 дней в зависимости от количества пыли на объекте.

Была осуществлена съемка очистного пространства с вентиляционной сбоек камеры, в которой проводятся работы по выпуску отбитой руды. В результате измерений было получено облако из 52 миллионов точек. Максимальная глубина съемки составила 63,6 м от кровли бурового горизонта.



▼ Оптические нивелиры SOKKIA B30/B40

ГСИ располагает большим запасом легендарных оптических нивелиров SOKKIA B30/B40, которые хорошо известны пользователям в России. Приборы отлично зарекомендовали себя надежностью и удобством в эксплуатации. Новая серия автоматических нивелиров серии В вобрала все достоинства нивелиров серии С:

- оптимально подобранная просветленная оптика зрительной трубы обеспечивает исключительно четкое изображение;

- способны выдерживать попадание на корпус мощных струй воды с разных направлений, не пропуская влагу внутрь;

- успешно прошли испытания на температурную устойчивость при работе от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$.



Подробнее о нивелирах — www.gsi.ru/catalog/levels/optical_levels.

▼ Тахеометр-навигатор Topcon LN-150

«А можно мне такой прибор, который будет сам наводиться, сам горизонтироваться, чтобы я один выполнил разбивку, с одной кнопкой и еще чтобы в «трубу» не смотреть?» Еще недавно мы не могли предложить решение на данный запрос, а сегодня говорим: «Можно!». Таким универсальным решением является первый в мире тахеометр-навигатор Topcon LN-150, разработанный специально для



разбивки и измерений при выполнении различных видов работ.

Ключевые особенности Topcon LN-150:

- простые 3D-измерения;
- высокая точность;
- легко работать одному исполнителю (нет необходимости в помощнике);

- автоматически устанавливается в горизонт и приводится в рабочее положение;

- беспроводная связь с контроллерами;

- следит за призмой, сам наводится на проектную точку;

- Android-устройства (смартфон или планшет) могут использоваться в качестве контроллера;

- нажатие всего одной кнопки и прибор готов к работе.

Подробнее о тахеометре — www.gsi.ru/catalog/taheo/ln150.

▼ Ручной тепловизор фирмы Hikmicro

Анонсирована новая серия ручных тепловизоров фирмы Hikmicro, которые являются оптимальным инструментом при неразрушающем контроле. Они используются для проведения поиска неисправностей электросетей, получения термограмм при тепловом аудите объектов строительства.

Приобрести тепловизоры Hikmicro можно по весьма демократичной цене. В серии присутствуют модели с автоматической и ручной фокусировкой, оснащенные высокочувствительными тепловизионными детекторами. Частота кадров во всех моделях от 25 Гц, что обеспечивает плавное воспроизведение динамических сцен.

Для пользователей предусмотрено бесплатное программ-



ное обеспечение Hikmicro Analyzer, предназначенное для подготовки отчетов и постобработки полученных результатов измерений. Для работы на мобильных устройствах доступно приложение Hikmicro Viewer, которое предусматривает возможность обмениваться термограммами в режиме реального времени и изменять настройки тепловизора.

Подробнее о тепловизоре — www.gsi.ru/catalog/testing/non-destructive/thermal.

▼ Универсальный коллиматорный стенд ВЕГА УКС

Нельзя обойти вниманием передовую разработку компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» — универсальный коллиматорный стенд ВЕГА УКС. На данный момент он остается единственным серийно производимым коллиматорным стендом, внесенным в реестр типов средств измерений ФГИС «АРШИН». Стенд может быть поверен как рабочий эталон единицы плоского угла. ВЕГА УКС разработан и изготовлен в России, имеет эргономичную конструкцию и удобное ПО для обработки результатов измерений, формирования протоколов поверки. ВЕГА УКС установлены и успешно функционируют во многих метрологических организациях и сервисных центрах РФ и стран СНГ. В настоящее время в России собрано и реализовано более 140 стендов.

Также существует мобильная версия стенда — ВЕГА УКС М.

Стенд ВЕГА УКС предназначен для проведения следующих видов работ:

- поверка и калибровка геодезических и маркшейдерских средств измерений: оптических, лазерных и цифровых нивелиров; оптических, электронных и лазерных теодолитов; оптических и электронных тахеометров;

- контроль основных геометрических характеристик и параметров нивелиров, теодо-

литов и других угломерных приборов;

- юстировка угломерной части геодезических приборов, в том числе после проведения ремонтных работ;

- настройка дальномерного канала электронных тахеометров;

- проверка соосности энергетической оси дальномера и визирной оси зрительной трубы электронных тахеометров;

- юстировка оптических нивелиров после проведения ремонтных работ;

- юстировка всех типов лазерных нивелиров, в том числе после проведения ремонтных работ.

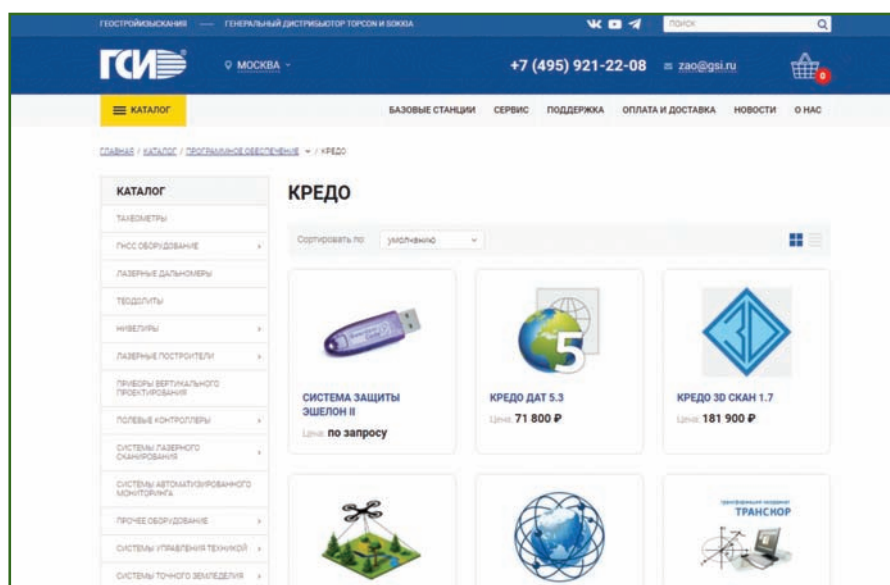
▼ Программные средства КРЕДО

Компания «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» начала поставлять хорошо знакомые программные средства семейства КРЕДО компании «КРЕДО-Диалог», которая входит в число ведущих разработчиков программ для проведения инженерных изысканий и проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства. Программное обеспечение КРЕДО внесено в единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных Минкомсвязи РФ.



Программные средства КРЕДО охватывают широкий спектр решаемых задач в различных областях — кадастр, геология, топография, маркшейдерия, фотограмметрия, геодезия (обработка данных ГНСС и электронных тахеометров), оцифровка растровых изображений и др.

На сайте ГСИ открыт раздел, где содержится описание программ КРЕДО и их стоимость, — www.gsi.ru/catalog/po/credo.



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ НЕЙРОСЕТЕВЫМ МЕТОДОМ

Б.С. Савченко (Фирма «Ракурс»)

В 2022 г. окончил Физтех-школу аэрокосмических технологий Московского физико-технического института по специальности «прикладные математика и физика». С 2019 г. работает в АО «Фирма «Ракурс», в настоящее время — программист-разработчик.

Н.А. Вьюков (Фирма «Ракурс»)

В 2022 г. окончил Физтех-школу аэрокосмических технологий Московского физико-технического института по специальности «прикладные математика и физика». С 2020 г. работает в АО «Фирма «Ракурс», в настоящее время — программист-разработчик.

И.В. Елизаветин (ВПК «НПО машиностроения»)

В 1984 г. окончил радиотехнический факультет Московского авиационного института (национальный исследовательский университет) по специальности «радиотехника», специализация «радиолокация и радионавигация». С 1986 г. работает в АО «ВПК «НПО машиностроения», в настоящее время — ведущий научный сотрудник. Кандидат технических наук.

А.В. Соболев (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

В 1989 г. окончил факультет космонавтики и автоматических летательных аппаратов Московского авиационного института (национальный исследовательский университет) по специальности «двухсредные аппараты». После окончания института работал в АО «ВПК «НПО машиностроения». С 2007 г. работает в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, в настоящее время — старший преподаватель.

На современном этапе развития систем дистанционного зондирования Земли особое внимание уделяется наращиванию орбитальных группировок малогабаритных спутников, оснащенных как оптическими и инфракрасными, так и радиолокационными средствами наблюдения. Последние, в силу своих характерных особенностей, способны решать задачи круглосуточного и всепогодного мониторинга земной поверхности. Мониторинг земной поверхности может включать в

себя как задачи по контролю сельхозугодий, лесных и водных массивов, так и мониторинг чрезвычайных ситуаций, природных катаклизмов, а также зон локальных конфликтов. Наличие оперативной информации о классе техники и ее координатах дает стратегическое преимущество как при построении оборонных систем, так и при решении задач гражданского характера.

На данный момент поиском и классификацией объектов на радиолокационных изображе-

ниях (РЛИ) зачастую занимаются профильные операторы-дешифровщики. В условиях постоянного роста объема получаемых данных актуальным становится вопрос снижения нагрузки на операторов-дешифровщиков путем автоматизации процесса поиска и классификации объектов.

В силу существенных особенностей РЛИ, обусловленных, главным образом, спецификой дифракции электромагнитных волн радиодиапазона на поверхностях сложной формы,

объекты на изображении представляются в виде наборов областей ярких точек. С незначительным изменением ракурса наблюдаемого объекта, угла наблюдения, поляризации, частоты электромагнитной волны или с изменением других параметров съемки объект на полученном изображении может в значительной степени изменить свой вид. Описанный эффект ощутимо усложняет задачу поиска и классификации объекта. Еще одним фактором, снижающим дешифровочные признаки РЛИ и усложняющим решение задачи классификации, является спекл-шум. В этих условиях классические алгоритмы, основанные на корреляционном анализе, не всегда способны обеспечить требуемую точность и скорость работы, так что актуальным становится вопрос применения нейросетевых алгоритмов.

Главным преимуществом искусственных нейронных сетей является то, что их принцип работы аналогичен принципам организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Нейронная сеть в отличие от традиционных алгоритмов должна пройти процесс обучения, в ходе которого она сама выявляет сложные зависимости между входными и выходными данными, выполняет их обобщение. Характерные признаки, описывающие объект интереса, и решающие процедуры классификации также формируются в процессе обучения системы. Впоследствии правильно обученная сеть способна давать верный результат на данных, изначально отсутствующих в обучающей выборке (в том числе на зашумленных или частично искаженных данных).

Так, первым принципиально важным этапом при построении систем, работающих на нейро-

сетевом принципе, является формирование обучающей выборки. На данный момент именно объем и качество обучающей выборки играют определяющую роль в создании эффективных систем распознавания, базирующихся на использовании нейросетей. Обучающая выборка должна быть определена достаточным количеством разнообразных обучающих примеров, отражающих закономерности и правила, которые в ходе обучения будут выделены нейронной сетью, т. е. быть репрезентативной. Репрезентативность обучающей выборки определяется следующими аспектами:

— достаточность — количество изображений в обучающей выборке должно быть достаточным для обучения (для сети Alexnet насчитывается порядка 62 млн обучаемых параметров, сети VGG16 — 138 млн, сети Resnet18 — 11 млн). Если это условие не соблюдается, существует вероятность того, что модель может не приобрести способность к обобщению;

— разнообразие — обучающая выборка должна содержать большое число разнообразных комбинаций входных данных и ожидаемых выходных результатов в обучающих примерах. Нейронная сеть не получит способность к обобщению, если обучающих примеров достаточно, но в выборке для интересующего класса представлены только одинаковые, либо очень похожие друг на друга портреты объектов интереса. Также, если обучающие изображения обладают высоким уровнем закономерности расположения на них объектов интереса, модель (в зависимости от архитектуры) может научиться выделять такие области и не будет проверять остальные, потенциально представляющие интерес;

— равномерность — классы должны быть представлены в

обучающей выборке либо равномерно, либо в соответствии с тем, как они представлены в реальных условиях конкретной задачи.

В сетях, решающих задачу обнаружения и классификации объектов на изображениях, обучающая выборка состоит из набора размеченных изображений, имитирующих реальную обстановку наблюдаемой радиолокатором области. Такие изображения должны обладать всеми характерными признаками, которые ожидаются на целевом РЛИ. К таким признакам можно отнести плотность заполнения изображения объектами интереса, уровень зашумленности изображения и характер спекл-шума.

В приложении для поиска и классификации объектов на РЛИ в составе программного комплекса PHOTOMOD Radar реализованы два подхода к формированию обучающей выборки нейронной сети: при помощи разметки реальных РЛИ и с помощью генерации синтетических обучающих РЛИ.

Программный модуль, реализующий разметку реальных РЛИ, содержит набор инструментов для выделения областей интереса оператором, а также задания их класса. Модуль работает с растром, представленным во внутреннем формате и описывающем обобщенную модель радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА). Использование подхода обобщенной модели РСА позволяет проводить разметку РЛИ независимо от исходного формата представленных данных конкретного датчика. Модуль обладает широким функционалом и позволяет оператору, среди прочего, задавать размерность выходных обучающих РЛИ, тип данных, формат, в котором изображения будут сохранены (RDP, TIF, BMP), формат представления аннотаций (COCO-json, Dlib-xml,

Simple-txt annotation formats). Полученная выборка может быть использована как для обучения, так и для проверки качества обнаружения и классификации с использованием нейронной сети.

В настоящее время в открытом доступе практически отсутствуют наборы реальных радиолокационных портретов (РЛП), которые учитывали бы различные углы наблюдения радиолокатора, ракурс объекта и конкретные параметры съемки. В таких условиях возникает потребность в моделировании предположительного синтетического РЛП интересующей техники. В программном комплексе PHOTOMOD Radar описанная задача решается в соответствующем модуле. Модуль Генерации синтетических эталонов по входной трехмерной модели объекта и заданным параметрам наблюдения РСА с учетом параметров съемки, угла места и ракурса объекта формирует эталонные РЛП объектов. Полученный эталон представлен в формате с плавающей точкой размером 4 байта и содержит относительные коэффициенты обратного рассеяния. Такой эталон может быть использован для корреляционного поиска объектов на РЛИ, одна-

ко, не может применяться для генерации обучающей выборки нейронной сети, поскольку он в значительной мере не соответствует фактическому виду этого объекта на реальном РЛИ.

Существующий генератор синтетических портретов не учитывает случайные флуктуации фазы. Так, при повторной генерации эталона без изменения параметров съемки в сформированном РЛП не произойдет никаких изменений. Таким образом, для каждого угла места имеет смысл генерировать только один эталон, поскольку вновь сгенерированный эталон будет являться его полной копией. Эта особенность определяет ключевую проблему в формировании репрезентативной синтетической обучающей выборки — недостаточное разнообразие образов объекта интересующего класса для каждого конкретного ракурса и угла наблюдения. Для решения этой проблемы был разработан метод, представленный на рис. 1.

Модуль генерации обучающей выборки позволяет создавать наборы искусственных РЛИ, имитирующих фоно-целевую обстановку в условиях ограниченности или отсутствия реальных данных. В состав модуля входят: блок формиро-

вания наборов синтетических эталонов, блок корреляционного отбора синтетических эталонов и блок формирования обучающих изображений.

Полученный на выходе генератора эталонов РЛП проходит этап синтеза — создания набора эталонов, отличающихся друг от друга площадью областей ярких точек и фактическими значениями яркости, что способствует искусственному повышению вариативности синтезированных эталонов. На вход блока формирования наборов синтетических эталонов подается сгенерированный РЛП и РЛИ, относительно которого будет проводиться пересчет относительных коэффициентов обратного рассеяния в яркость. На выходе блока получаем набор вариативных искусственно-синтезированных эталонов, отличающиеся от имеющихся комбинациями отражающих точек и степенью отражения этих точек. Потенциально такие эталоны уже могут быть использованы для формирования обучающих изображений нейронной сети.

Блок корреляционного отбора синтетических эталонов, ближайших к реальному портрету, позволяет из переданных на вход программы эталонов отобрать лишь те, которые обладают наибольшим уровнем взаимной корреляции. Такие синтетические эталоны более приближены к реальным и за счет своего количества формируют вариативность представления объекта интереса для указанного ракурса и угла наблюдения, что при обучении позволит повысить обобщающую способность нейронной сети. Блок отбора эталонов, имеющих наибольший уровень корреляции с реальным изображением, представлен на рис. 1 (отмечен пунктирной рамкой). Этот этап не является обязательным, но рекомендуется использовать, если



Рис. 1

Схема формирования обучающей выборки

для синтезированного эталона имеется в наличии как минимум один реальный портрет искомого объекта, совпадающий по углам наблюдения, ракурсу и параметрам радиолокатора.

Блок формирования обучающих изображений позволяет объединять имеющиеся в доступе изображения фоновой поверхности, изображения объектов интересующих классов и объектов-шумов в единое РЛИ, тем самым моделируя предположительную ситуацию их расположения. Также блок готовит входные данные в специфическом для выбранной нейросети формате для дальнейшего обучения. Таким образом, от оператора не требуется никаких временных затрат на ручную разметку больших объемов данных. В работе блока реализовано два алгоритма генерации синтетических обучающих РЛИ — статический и итерационный. Использование обоих алгоритмов в комбинации позволяет моделировать как ситуации плотного расположения объектов одного класса с отсутствием объектов-шумов, что характерно для стоянок техники, аэропортов и т. п., так и ситуации, когда на изображении представлены объекты разных классов с низкой плотностью расположения. При этом статический метод менее ресурсозатратный и выполняется быстрее, чем итерационный, однако, обладает низким уровнем нелинейности в расположении объектов. Итерационный метод позволяет внести нелинейность в закон распределения объектов на изображении за счет случайного расчета координат для вставки объекта.

Наличие размеченной обучающей выборки определяет возможность провести обучение нейронной сети. В программном комплексе PHOTOMOD Radar можно выбрать разные конфигурации сети — FasterRCNN или RetinaNet, в зависи-



Рис. 2
Пример обнаружения и классификации нефтяных вышек на РЛИ (фрагмент снимка КА TerraSAR-X, Кувейт, Бурганское нефтяное месторождение)

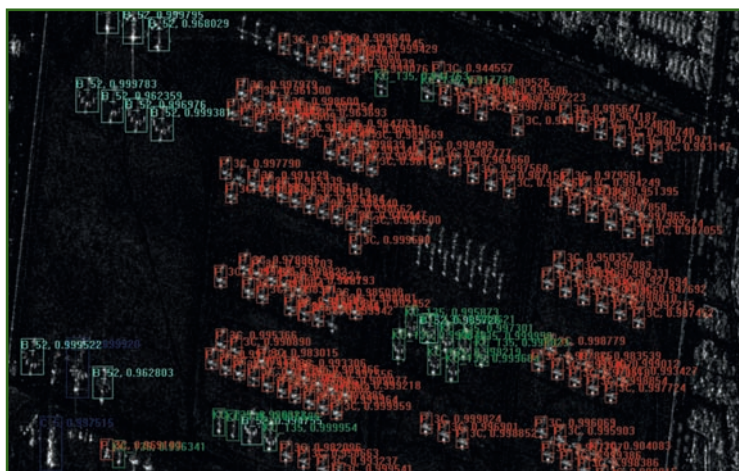


Рис. 3
Пример обнаружения и классификации самолетов на РЛИ (фрагмент снимка КА «Кондор-Э», авиабаза Дэвис-Монтен, г. Тусон, США)

мости от решаемой задачи и имеющихся вычислительных ресурсов. Архитектура сетей была модифицирована под поддержку радиолокационных данных с высоким динамическим диапазоном, что позволяет получать более обширную и полноценную информацию о представленных на них объектах. Оператор имеет возможность корректировать гиперпараметры нейронной сети для более эффективного обучения. После запуска процесса обучения сети функции оператора сводятся к контролю работы программы и периодическому анализу отчетов о ходе обучения. По окончании процесса обучения сфор-

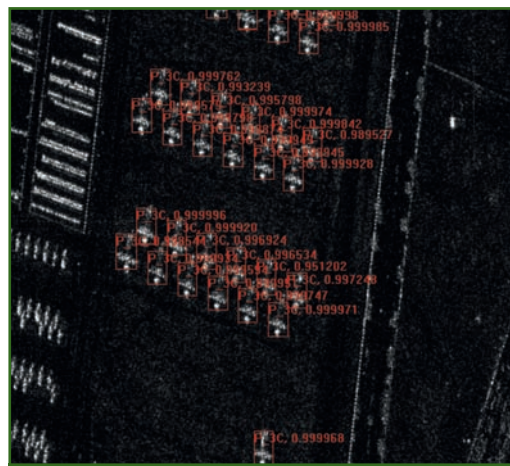


Рис. 4
Пример обнаружения и классификации самолетов класса P-3C (фрагмент снимка КА «Кондор-Э», авиабаза Дэвис-Монтен, г. Тусон, США)

мированные весовые коэффициенты нейронной сети могут быть использованы для обнаружения и классификации объектов на новых данных.

В рамках тестирования программного комплекса решались задачи инфраструктурного мониторинга, мониторинга морской поверхности, прибрежных зон, а также мониторинга аэродромов.

Для обучения и тестирования сети были использованы разновременные снимки, полученные космическим аппаратом (КА) TerraSAR-X (X-диапазон, НН-поляризация). Результаты обнаружения объектов класса «нефтедобывающая вышка» представлены на рис. 2.

В рамках другого проекта обучение сети производилось на сгенерированной синтетической выборке, в состав которой входили реальные РЛП объектов интереса. Тестирование осуществлялось на снимке, полученном космическим аппаратом «Кондор-Э» (S-диапазон, НН-поляризация). Результаты обнаружения объектов класса «В-52», «КС-135», «С-5», «РЗ-С» представлены на рис. 3, 4.

Предварительные результаты работы нейронной сети FasterRCNN-FPN показывают максимальную точность обнаружения и классификации объектов равной 97,93% при пороге обнаружения 0,7. Количество ошибочно классифицированных объ-

ектов при такой границе равно 14. Повышение порога обнаружения на 0,2 позволяет снизить количество ложных срабатываний до 8.

Результаты мониторинга акватории порта на интерферометрических снимках, полученных космическим аппаратом TerraSAR-X (X-диапазон, НН-поляризация) представлены на рис. 5. Для обучения и тестирования сети были использованы разновременные снимки.

Результаты обнаружения кораблей на снимке, полученном космическим аппаратом GaoFen-3 (С-диапазон, VН-поляризация, режим съемки ScanSAR) представлены на рис. 6. Для тестирования использовалась модель, обученная ранее на обнаружение кораблей на интерферометрических снимках, полученных космическим аппаратом TerraSAR-X.

Таким образом, в настоящее время в программном комплексе PHOTOMOD Radar реализованы прототипы модулей и инструментов для подготовки данных, формирования обучающей выборки нейронной сети, обучения сети и обнаружения объектов с использованием обученной модели. Предложен подход, позволяющий обеспечить полную автономность работы в рамках одного программного комплекса. В рамках тестирования программного комплекса получены результаты, демонстрирующие возможность применения нейронных сетей для обнаружения и классификации объектов на снимках, получаемых РСА в разных поляризациях и при различных длинах волн. При грантовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере ведется работа по созданию практически применимого коммерческого продукта нейросетевой обработки радиолокационных данных на базе уже имеющихся наработок.

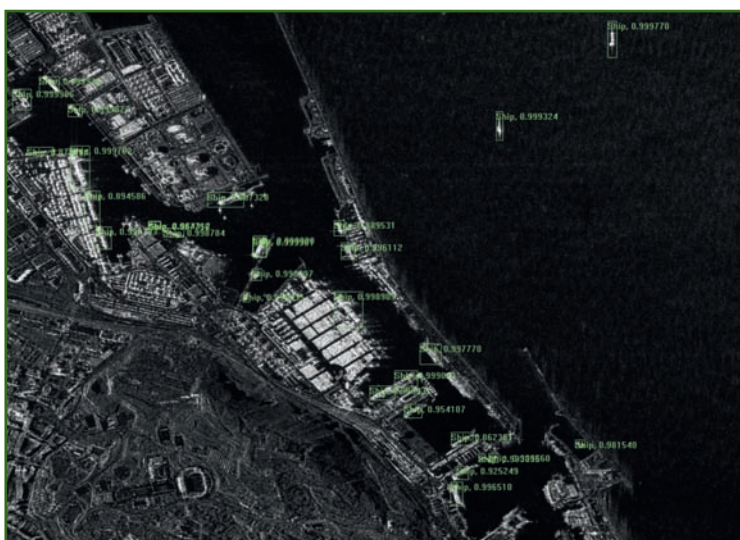


Рис. 5

Пример мониторинга акватории порта на предмет наличия кораблей (фрагмент снимка КА TerraSAR-X, г. Барселона, Испания)

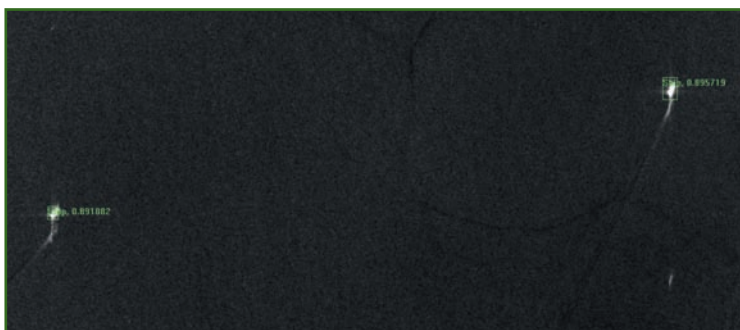


Рис. 6

Пример обнаружения кораблей (фрагмент снимка КА GaoFen-3, Охотское море, район острова Сахалин)

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ SINOGNSS K803 LITE И U-BLOX ZED-F9P В РЕЖИМЕ RTK*

В первой половине 2022 г. производитель профессионального ГНСС-оборудования геодезического класса компания SinoGNSS (Китай) выпустила новую серию навигационных модулей 8-го поколения. Серия K8 отличается компактным размером и малым весом, а широкий модельный ряд представлен как простыми одностотными модулями, так и многостотными двухантенными.

Среди модулей 8-го поколения наиболее интересным является бюджетный модуль K803 Lite. По заявлениям производителя этот двухчастотный

модуль легко может составить конкуренцию имеющимся на рынке бюджетным модулям как по цене, так и по достоверности данных.

В настоящее время наиболее популярным высокоточным ГНСС-модулем в этой ценовой категории является ZED-F9P компании U-blox (Швейцария), поэтому компании «Ориент Системс», как эксклюзивному дилеру по навигационным платам SinoGNSS, стало интересно сравнить эти два модуля.

Данные модули похожи как по техническим характеристикам, так и по стоимости (табл. 1).

Более подробную спецификацию по ним можно легко найти в сети Интернет.


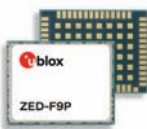

▼ Метод проведения теста

В результате тестирования было решено сравнить несколько параметров:

- процент фиксированного решения;
- скорость восстановления фиксированного решения;
- достоверность фиксированного решения.

Для включения в тест различных условий внешней среды, осложняющих измерения, был выбран автомобильный маршрут, предусматривающий про-

Сравнение технических характеристик навигационных модулей K803 Lite, ZED-F9P и K803 (эталон в постобработке) Таблица 1

			
Тип навигационного модуля (производитель, страна)	K803 Lite (SinoGNSS, Китай)	ZED-F9P (U-blox, Швейцария)	K803 со встроенным IMU (SinoGNSS, Китай)
Количество каналов	965	184	965
Принимаемые сигналы ГНСС	GPS: L1 C/A, L2C, L2P BeiDou: B1, B2, B3 ГЛОНАСС: L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P Galileo: E1, E5b SBAS: L1	GPS: L1 C/A, L2C BeiDou: B1I, B2I ГЛОНАСС: L10F, L20F Galileo: E1B/C, E5b SBAS: L1 C/A	GPS: L1 C/A, L2C, L2P, L5 BeiDou: B1, B2, B3 ГЛОНАСС: L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P Galileo: E1, E5a, E5b SBAS: L1
Режим измерения	RTK	RTK	RTK
Точность:			
— в плане	8 мм + 1 ppm	10 мм + 1 ppm	8 мм + 1 ppm
— по высоте	15 мм + 1 ppm	10 мм + 1 ppm	15 мм + 1 ppm
Размер, мм	30x30x3,2	17x22x2,4	30x30x3,2
Стоимость, руб.	35 000	30 000–45 000	120 000

* Статья подготовлена пресс-службой компании «Ориент Системс».

Процент фиксированного решения K803 Lite и ZED-F9P Таблица 2

	K803 Lite	ZED-F9P
Всего эпох	12 773	
Количество эпох с фиксированным решением	12 381	12 419
Процент фиксированного решения, %	96,93	97,22

езд под мостами и эстакадами, по территории городской застройки и рядом с лесополосой. А чтобы собрать большой объем данных за один проезд, было решено записывать данные с навигационных модулей с частотой 5 Гц (5 раз в 1 с).



Рис. 1
Здание МШУ Сколково с навесом над дорогой

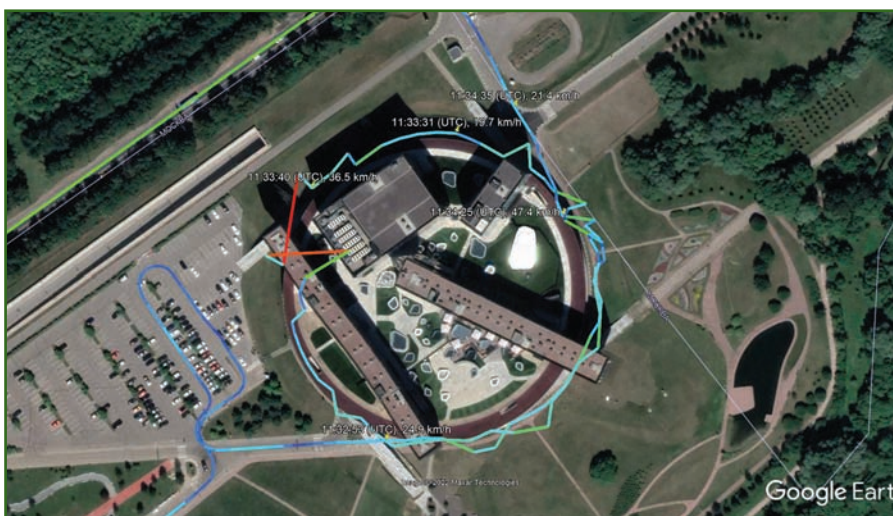


Рис. 2
Схема проезда автомобиля под навесом здания МШУ Сколково. Здесь и далее: цвет маршрута обозначает скорость движения автомобиля, где синий цвет — самая низкая скорость, а красный — высокая

В качестве эталона использовались «сырые» измерения с ведущего трехчастотного ГНСС-модуля SinoGNSS K803 (см. табл. 1) для их последующей постобработки в программном комплексе Waypoint GrafNav.

На крыше автомобиля была установлена антенна SinoGNSS AT360, к которой через сплиттер подключили три навигационных модуля, одновременно производивших запись данных с частотой 0,2 Гц.

Модули K803 Lite и ZED-F9P работали в режиме RTK от базовой станции, а NMEA-сообщения с необходимыми данными записывались в лог-файлы на ПК.

Модуль K803 работал в режиме записи измерений с той же дискретностью. Постобработка полученных данных проводилась от той же базовой станции.

Обработка данных

Процент фиксированного решения

Для подсчета фиксированного решения данные со всех модулей были упорядочены так, чтобы они имели одинаковую эпоху начала и конца записи. Количество эпох на каждой плате соответствовало числу 12 773. За фиксированное решение принимались только данные, содержащие в NMEA-сообщении GPGLGA цифру 4, отвечающую за тип решения.

Как видно из табл. 2, процент фиксированного решения на обоих модулях составляет примерно 97%, что является довольно высоким показателем при данных условиях внешней среды.

Потеря решения и скорость его восстановления

В процессе проведения теста был разработан маршрут с

Отрезки времени потери и восстановления фиксированного решения на участке 1 Таблица 3

	ZED-F9P	K803 Lite
Потеря решения	11:32:53,4	11:32:54,0
Восстановление решения	11:33:30,8	...
Потеря решения	11:33:41,6	...
Восстановление решения	11:34:25,8	11:34:35,0

потенциально сложными для приема навигационных сигналов местами, где могли возникнуть срывы решения: под мостами и эстакадами, возле высотных зданий. Всего на тестовом маршруте было выбрано три наиболее явных участка с высокой вероятностью потери фиксированного решения.

Участок 1 — проезд под навесом здания МШУ Сколково с крайне ограниченным открытым небосводом (рис. 1, 2).

В табл. 3 приведены отрезки времени, на которых происходили потери / восстановления фиксированного решения.

Из табл. 3 видно, что пока у модуля K803 Lite отсутствовало решение, у модуля ZED-F9P решение восстановилось сначала на отрезке времени 11:33:30,8–11:33:41,6, а затем в 11:34:25,8, что на 9,2 с раньше, чем у K803 Lite.

Чтобы удостовериться в качестве фиксированного решения, координаты тестируемых модулей, полученные в режиме RTK, сравнивались с координатами эталонного многочастотного модуля K803, полученными в результате постобработки.

Напомним, что постобработка данных с модуля K803 проводилась в программном комплексе Waypoint GrafNav, в котором предусмотрен разносторонний контроль качества, поэтому он часто используется научно-исследовательскими центрами для вычисления высокоточных измерений траекторий. Следует отметить, что некоторые данные, полученные модулем K803, были исключены после постобработки программой как некачественные, поэтому количество данных в режиме RTK и в результате постобработки могли не совпадать. В рассматриваемом случае сравнение координат велось по имеющимся данным.

В результате сравнения удалось выяснить, что с 11:33:30,8 до 11:33:41,4 координаты, полученные ZED-F9P в фиксированном решении, отличаются от координат эталонного модуля после постобработки на 0,5–14,4 м, что соответствует точности данных, полученных K803 Lite в автономном и плавающем решении (табл. 4).

На отрезке времени 11:34:25,8–11:34:34,8 координаты, полученные ZED-F9P в фиксированном решении, отличаются от координат постобработки на 0,1–6,3 м, что также не соответствует точности фиксированного решения (табл. 5).

Разность координат ZED-F9P, полученных в фиксированном решении, и K803 после постобработки на отрезке времени 11:33:30,8–11:33:41,4

Таблица 4

ЭПОХА	EAST, м	NORTH, м	HEIGHT, м
11:33:36,0	-2,431	12,727	11,971
11:33:36,2	-2,486	12,902	12,376
11:33:36,4	-2,543	12,561	12,193
11:33:36,6	-2,569	12,150	11,659
11:33:36,8	-2,553	13,097	12,060
11:33:37,0	-2,667	14,133	12,632
11:33:37,2	-2,774	15,011	13,144
11:33:37,4	-2,895	15,497	13,512
11:33:37,6	-2,935	15,804	13,506
11:33:37,8	-2,983	16,417	13,796
11:33:38,0	-2,964	15,713	12,913
11:33:38,2	-3,008	15,507	12,657
11:33:38,4	-2,945	14,451	11,513
11:33:38,6	-2,883	13,093	10,242
11:33:38,8	-2,800	12,737	9,828
11:33:39,0	-2,841	13,708	10,567
11:33:39,2	-2,841	13,147	10,096
11:33:39,4	-2,748	11,796	8,819
11:33:39,6	-2,996	14,371	10,815
11:33:39,8	-3,276	4,666	0,520
11:33:40,0	-2,072	-2,470	-6,270
11:33:40,2	-2,095	-2,921	-7,692
11:33:40,4	-1,785	-6,008	-11,494
11:33:40,6	-2,842	-5,025	-10,946
11:33:40,8	-2,551	-6,948	-13,437
11:33:41,0	-2,724	-7,256	-14,404

Разность координат ZED-F9P, полученных в фиксированном решении, и K803 после постобработки на отрезке времени 11:34:25,8–11:34:34,8

Таблица 5

ЭПОХА	EAST, м	NORTH, м	HEIGHT, м
11:34:26,6	-3,130	-4,925	-6,286
11:34:26,8	-2,925	-4,715	-6,124
11:34:28,6	-1,553	0,124	0,307
11:34:28,8	-1,503	0,213	0,374
11:34:29,0	-1,614	-0,079	0,061
11:34:29,2	-1,512	0,170	0,338
11:34:29,4	-1,550	0,095	0,286
11:34:29,6	-1,533	0,180	0,354
11:34:29,8	-1,545	0,165	0,323
11:34:30,0	-1,506	0,188	0,318
11:34:30,2	-1,517	0,181	0,314
11:34:30,4	-1,401	0,201	0,343
11:34:30,6	-1,377	0,216	0,348
11:34:30,8	-1,364	0,185	0,322
11:34:31,0	-1,344	0,194	0,429
11:34:31,2	-1,337	0,207	0,398
11:34:31,4	-1,336	0,201	0,390
11:34:31,6	-1,295	0,217	0,412
11:34:31,8	-1,312	0,190	0,376



Рис. 3

Схема проезда автомобиля под эстакадой № 1

Отрезки времени потери и восстановления фиксированного решения на участке 2

Таблица 6

	ZED-F9P	K803 Lite
Потеря решения	11:51:28,2	11:51:28,2
Восстановление решения	11:51:33,0	...
Потеря решения	11:51:45,8	...
Восстановление решения	11:51:55,2	11:52:00



Рис. 4

Схема проезда автомобиля под эстакадой № 2

Отрезки времени потери и восстановления фиксированного решения на участке 3

Таблица 7

	ZED-F9P	K803 Lite
Потеря решения	11:52:23,2	11:52:23,6
Восстановление решения	11:52:26,0	11:52:34,0

Только с 11:33:35, когда модулем K803 Lite было получено фиксированное решение, разница координат между тремя модулями достигла сантиметрового значения.

В результате можно сделать вывод о ложном фиксированном решении ГНСС-модуля ZED-F9P как с 11:33:30,8 до 11:33:41,4, так и на отрезке времени 11:34:25,8–11:34:34,8.

Несмотря на то, что решение у ZED-F9P было восстановлено раньше, чем у K803 Lite, полученные данные явно превышают допустимые значения и не рекомендуются к использованию. Более того, маркировка данных фиксированным типом решения может ввести в заблуждение и вызвать непредвиденные ошибки в работе как у специалистов, так и у алгоритмов работы движения беспилотного транспорта.

В связи с этим следующие два участка с потерей сигнала были проанализированы подобным образом.

Участок 2 — проезд под эстакадой № 1 (рис. 3).

Как и в предыдущем варианте, было выделено два отрезка времени, где модуль ZED-F9P получил фиксированное решение, в отличие от K803 Lite (табл. 6).

На отрезке времени 11:51:33,0–11:51:45,6 фиксированное решение оказалось ложным, поскольку разность координат ZED-F9P и K803 после постобработки составила 0,030–1,500 м. На отрезке времени 11:51:55,2–11:52:00,0 фиксированное решение модулем ZED-F9P было получено на 4,8 с раньше, чем K803 Lite, причем разность координат ZED-F9P и K803 после постобработки составила 0,002–0,113 м.

Участок 3 — проезд под эстакадой № 2 (рис. 4).

На этом участке оба модуля потеряли фиксированное решение практически в одно время,

но ZED-F9P восстановил его спустя 2,8 с, в то время как K803 Lite оставался в плавающем решении еще 8 с. Ложного фиксированного решения замечено не было (табл. 7).

▼ Достоверность фиксированного решения

Для проверки достоверности данных сравнивались координаты ZED-F9P и K803 Lite, полученные в фиксированном решении в режиме RTK, с координатами K803 после постобработки.

Средние значения разностей координат оказались в пределах ожиданий (табл. 8).

Однако для большей наглядности стоит отобразить все значения разностей на графиках от времени, значения на вертикальной оси которых будут соответствовать значениям расхождения с постобработкой в метрах.

На графиках приведены разности координат, полученных модулями K803 Lite (рис. 5, 7 и 9) и ZED-F9P (рис. 6, 8 и 10) в режиме RTK, и координат модуля K803 после постобработки. Как видно из графиков, большая часть значений приближена к среднему (табл. 8), и лишь в сложных местах расхождение увеличивается.

Если сравнивать попарно графики разностей координат (N) (рис. 5 и 6), (E) (рис. 7 и 8) и (H) (рис. 9 и 10), то можно заметить, что графики с данными модуля ZED-F9P выглядят менее стабильными. Особенно это заметно на графике разностей координат (H) (рис. 10).

В завершение теста был вычислен процент попадания координат, полученных при фиксированном решении, в доверительный интервал 3σ характеристик точности, заявленных производителем (табл. 9). Напомним, что в технических характеристиках обычно указано значение доверительного интервала 1σ .

Средние значения разностей координат

Таблица 8

	K803 – K803 Lite	K803 – ZED-F9P
N, м	0,011	0,011
E, м	0,012	0,012
H, м	0,032	0,058

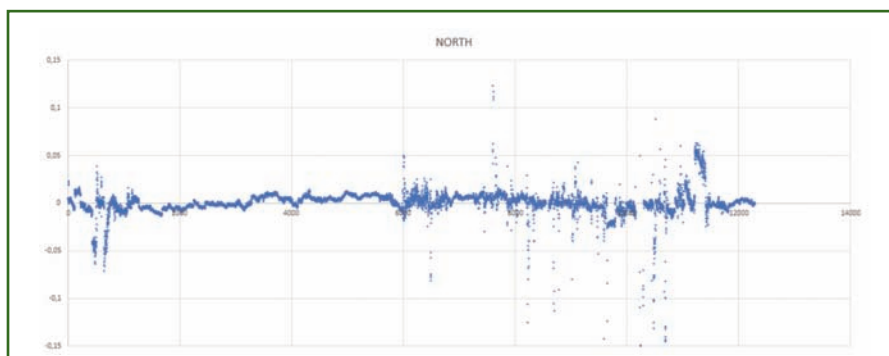


Рис. 5

График разностей координат (N) между K803 Lite в режиме RTK и K803 после постобработки

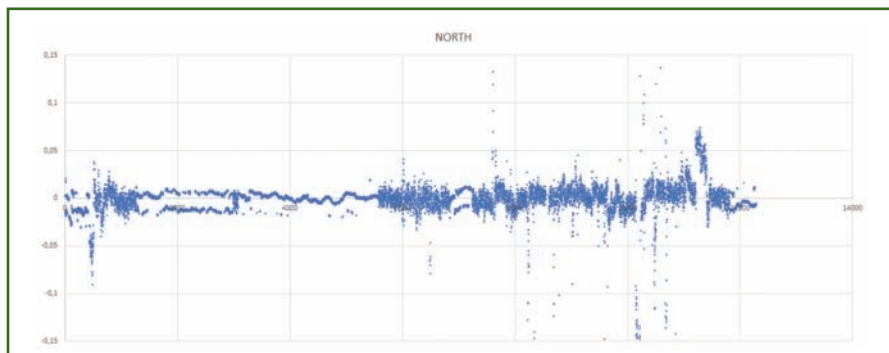


Рис. 6

График разностей координат (N) между ZED-F9P в режиме RTK и K803 после постобработки

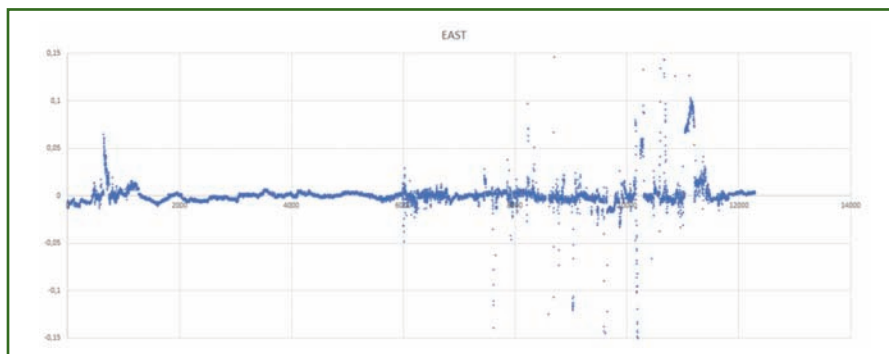


Рис. 7

График разностей координат (E) между K803 Lite в режиме RTK и K803 после постобработки

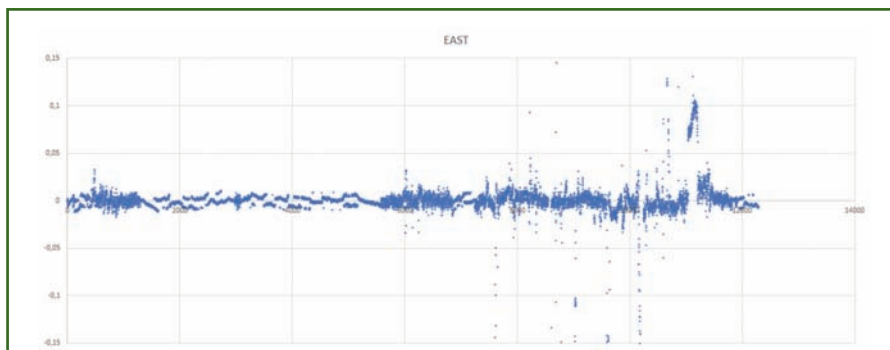


Рис. 8

График разностей координат (E) между ZED-F9P в режиме RTK и K803 после постобработки

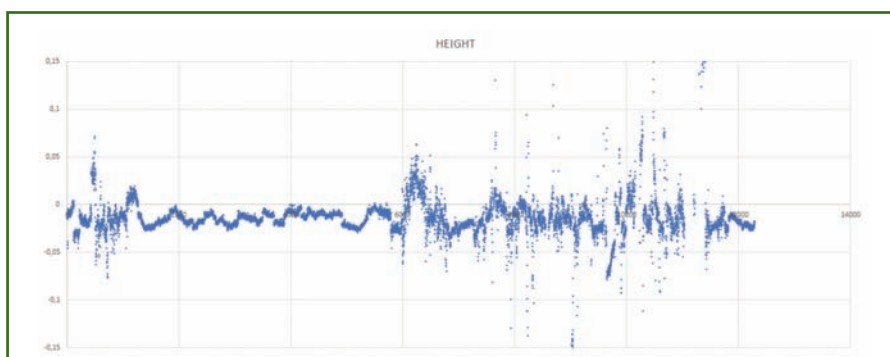


Рис. 9

График разностей координат (H) между K803 Lite в режиме RTK и K803 после постобработки

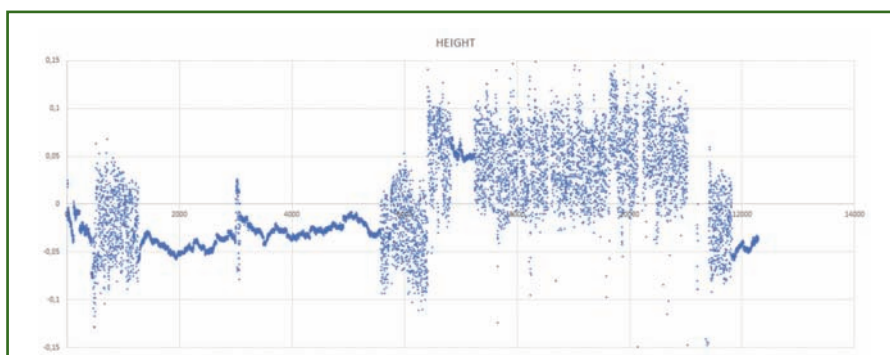


Рис. 10

График разностей координат (H) между ZED-F9P в режиме RTK и K803 после постобработки

Процент попадания координат фиксированного решения в доверительный интервал 3σ

Таблица 9

	RTK	1σ , мм	3σ , мм	Попадание в 3σ , %
K803 Lite	В плане	8	24	90,41
	По высоте	15	45	
ZED-F9P	В плане	10	30	35,45
	По высоте	10	30	

Следует отметить, что низкий показатель у модуля ZED-F9P связан с высотными значениями. В их недостоверности можно убедиться, посмотрев на рис. 10. Если исключить значения по высоте и проверить процент попадания в 3σ только плановых координат, то получим 93,37%.

Итоги тестирования

По результатам обработки данных можно сделать вывод, что оба модуля неплохо справились с тестированием. SinoGNSS K803 Lite и U-blox ZED-F9P имеют схожие технические характеристики, физические параметры и стоимость, а точность координат фиксированного решения в режиме RTK соответствует общепринятой.

Однако, у модуля ZED-F9P несколько раз было замечено ложное фиксированное решение, при котором точность определяемых координат значительно выходит за рамки допустимых. К сожалению, узнать о том, было ли фиксированное решение достоверным или ложным можно только при проведении дополнительного контроля.

Модуль K803 Lite показал себя гораздо стабильнее в определении координат, что видно из графика разностей с эталоном. Также стоит обратить внимание на точность высотной координаты, так как для некоторых работ это может быть принципиально, у K803 Lite она выше.

В остальном можно считать ГНСС-модули взаимозаменяемыми.

Что касается доступности на рынке, в условиях текущей ситуации модуль U-blox ZED-F9P довольно сложно приобрести, в отличие от модуля SinoGNSS K803 Lite.

Поэтому, если для решения задач требуется высокоточный навигационный модуль по бюджетной цене, то однозначно стоит обратить внимание на SinoGNSS K803 Lite.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРСКОЙ ФАУНЫ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ С ПОМОЩЬЮ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ, БПЛА И ПО NEXTGIS*

Рыбное хозяйство — это отрасль экономики, включающая рыболовство, рыбоводство и рыбопереработку. Чтобы эффективнее добывать рыбные ресурсы, необходимо отслеживать динамику популяций рыбы в местах ее добычи. Для этого проводятся исследования, в которых геоинформационные системы (ГИС) являются одним из основных инструментов анализа результатов.

В 2020–2021 гг. специалисты Хабаровского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») провели на Дальнем Востоке серию исследований по учету и оценке рыбных ресурсов. Для сбора данных использовались подводные роботы — телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Полевые геоинформационные и навигационные, а также аналитические камеральные задачи решались с помощью ПО NextGIS.

На примере двух выполненных исследований рассмотрим материально-технические и программные средства, которые применялись в связке с программными решениями NextGIS.

▼ Учет площади нерестилищ сельди

Это исследование было посвящено отработке инструментальных методов и выработке целостной технологии учета площади нерестилищ сельди при помощи современных технических и программных средств. Оно проводилось в Охотском море, в районе бухт Круглая и Тунгусская. Для расчета численности нерестового запаса популяции сельди ис-

пользовался микро-ТНПА. С его помощью специалисты получали визуальную информацию об обикрении.

Погружения микро-ТНПА осуществлялись с моторной лодки через каждые 50–150 м на станциях икорной съемки вдоль разрезов, располагаемых перпендикулярно берегу. Расстояние между разрезами составляло 500 м. Всего на 10 разрезах было выполнено 42 погружения робота.



Рис. 1

Оператор с микро-ТНПА и другим оборудованием [1]

* Статья подготовлена пресс-службой компании NextGIS по материалам, опубликованным в статьях: «Отработка инструментальных методов учета площади нерестилищ сельди в Охотском море» (авторы — А.А. Дуленин и В.В. Свиридов) и «Беспилотный фотограмметрический учет тихоокеанских лососей посредством БПЛА потребительского класса» (авторы — В.В. Свиридов, Д.В. Коцюк и Е.В. Подорожнюк).



Рис. 2
Смартфон с установленным приложением NextGIS Mobile

На станциях измерения проводились с помощью комплекта оборудования, вес которого составлял 10 кг и включал:

- микро-ТНПА Chasing M2 весом 4,5 кг (рис. 1);
- фотокамеру с разрешением 12 Мп;
- видекамеру 4К;
- два осветителя по 2000 лм;
- кабель длиной 100 м;
- съемную батарею емкостью 97 Вт/ч.

Изображения, полученные микро-ТНПА, передавались с пульта управления на смартфон оператора через Wi-Fi. Для этого использовалось мобильное приложение Chasing G01. На экран смартфона выводились также данные о глубине и температуре воды. Роботом управляли два человека: один погружал и доставал аппарат, другой — вел съемку и делал скриншоты изображений, выводимых на экран.

Одним из основных инструментов исследователей был второй смартфон с установленным мобильным приложением NextGIS Mobile (рис. 2, слева).

Он использовался для ориентирования на местности и записи треков перемещения лодки. Перед началом работы в приложение загрузили космические снимки, топографические карты, места расположения разрезов и станций икорных съемок.

По ходу движения лодки от станции к станции приложение NextGIS Mobile в фоновом режиме фиксировало трек. Атрибутивные данные станций (координаты, дата и время) записывались автоматически, номера станций специалисты вносили в заранее подготовленные формы в визуальном редакторе NextGIS Formbuilder (рис. 2, справа).

Модель микро-ТНПА, которая использовалась в исследовании, не оснащена эхолокационными системами подводного позиционирования, т. е. скриншоты не содержали сведений о местоположении, а только о времени, когда они были сделаны. Записанные в GPX-треке NextGIS Mobile данные о времени позволили сделать пространственную привязку скрин-

шотов к соответствующим точкам трека.

При помощи специализированной, свободно распространяемой программы GeoSetter по записанному в метаданных скриншотов времени съемки они синхронизировались с данными треков о координатах в момент получения снимка. Эти координаты автоматически прописывались в метаданных снимков.

Камеральная обработка данных проводилась в настольной ГИС NextGIS QGIS. В программу выгружались треки с «привязанными» к ним скриншотами. Используя снимки и их атрибуты, специалисты заполняли электронные таблицы. В каждую таблицу вносились: координаты, дата, глубина, температура воды, тип грунта, состав водорослевого пояса и наличие облырения.

▼ Беспилотный фотограмметрический учет лососей

Развитие беспилотной техники и фотограмметрического ПО позволило разработать методику экономичных обследований нерестилищ лососевых рыб с помощью БПЛА потребительского класса.

Для данного исследования были выбраны следующие квадрокоптеры: DJI Phantom 4 Pro V2.0; DJI Mavic 2 Pro и DJI Mini 2.

Задача эксперимента состояла в отработке автоматических методов учета лососей, поэтому для управления квадрокоптерами использовалось специализированное ПО, благодаря которому аэрофотосъемка проводилась при минимальном участии оператора.

До начала аэрофотосъемки в специальной программе создавалось полетное задание в виде файла настроек. В него вносились: траектория, высота и скорость полета. Также полетным заданием определялась перио-

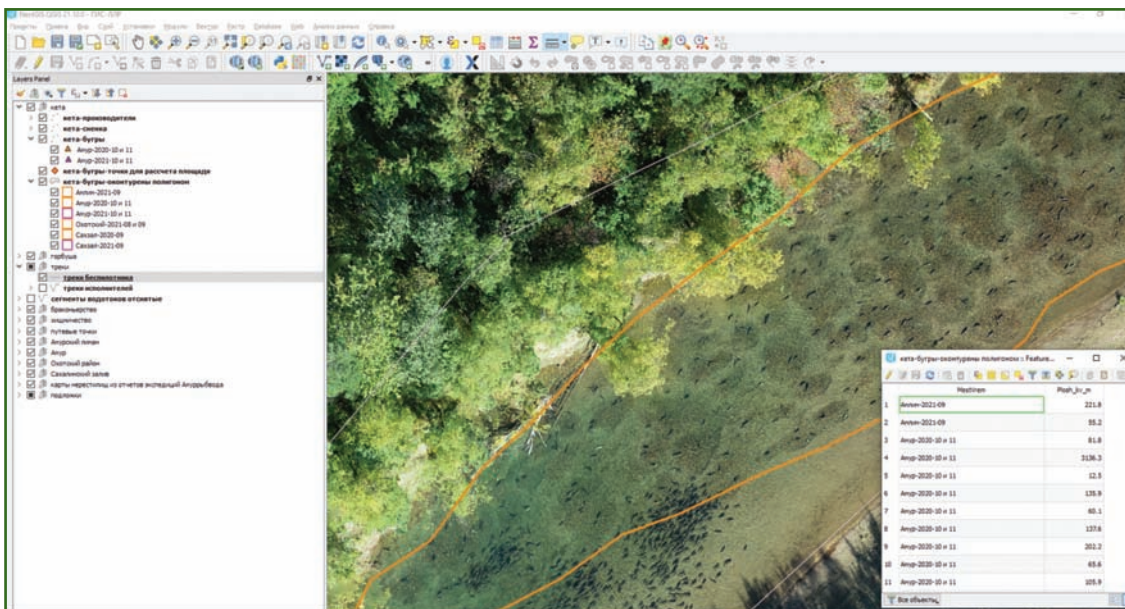


Рис. 3

Фрагмент ортофотоплана с изображением производителей, сненки и бугров кеты (р. Кухтуй, сентябрь 2021 г.) [2]

дичность фотографирования и степень перекрытия снимков.

Затем программу устанавливали на мобильное устройство, которое соединялось кабелем с пультом управления квадрокоптера. По прибытии в район проведения работ оператору оставалось лишь запустить выполнение программы с полетным заданием.

В ходе экспериментальных исследований были протестированы следующие программы создания полетного задания: Map Pilot Pro, Pix4Dcapture, Drone Harmony, DroneDeploy, DroneLink, Litchi, DJI GS Pro, DJI Pilot.

Беспилотная аэрофотосъемка проводилась на разных контрольных участках. После съемки на одном из участков группа на водном или наземном транспорте отправлялась на следующий участок. Приложение NextGIS Mobile использовалось для записи GPS-треков исследовательской группы и оперативной корректировки полетных заданий. Также с помощью мобильной ГИС создавались векторные объекты с фотогра-

фиями и описанием участка в атрибутах.

По материалам аэрофотосъемки создавались ортофотопланы (рис. 3) и цифровые модели местности (ЦМР). Во время этих работ было протестировано следующее фотограмметрическое ПО: Agisoft Metashape Professional, Pix4D-mapper, Bentley ContextCapture, Trimble Inpho, RealityCapture, 3DF Zephyr и WebODM.

Чтобы данные были пригодны для автоматической обработки в фотограмметрическом ПО, съемка выполнялась на определенной высоте и с заданным взаимным перекрытием снимков.

В настольной ГИС NextGIS QGIS проводилась векторизация фотограмметрических результатов для получения оценок относительной численности лососей на контрольных



Рис. 4

Пример веб-публикации материалов беспилотного фотограмметрического учета (ЦМР нерестилища кеты на р. Амгунь в октябре 2021 г.) в формате защищенной Веб-ГИС на базе ПО NextGIS Web, доступной по паролю через веб-браузер [2]

участках. Полученные оценки использовали для расчета их общей численности для соответствующего бассейна.

Систематизация обработанных данных также проводилась в NextGIS QGIS. При наличии сети Интернет результаты публиковали в NextGIS Web прямо в полевых условиях (рис. 4).

Система многопользовательского доступа позволила исследователям в ходе экспедиции предоставить удаленный защищенный доступ к Веб ГИС специалистам рыбохозяйственного регулирования.

Участники экспедиции отметили, что интуитивно понятный интерфейс NextGIS Web позволяет привлекать к анализу материалов лиц без специальных технических навыков. По словам специалистов, Веб ГИС может рассматриваться как функциональная основа и как

прототип системы поддержки принятия решений для учета и регулирования промысла лососевых рыб.

Действуя по описанному алгоритму и используя упомянутое выше ПО, экспедиционная группа обследовала 91 контрольный участок. В ходе 130 полетных миссий была выполнена аэрофотосъемка более 170 км водотоков и сделано 69,2 тыс. снимков. После каждой миссии были подготовлены ортофотопланы с общей площадью отснятой акватории более 3,7 млн м² при разрешении 1–2 см/пиксель.

Для создания серверной Веб ГИС была выбрана NextGIS Web, поскольку в ходе предыдущих работ ПО NextGIS продемонстрировало эффективное взаимодействие мобильного, настольного и серверного компонента платформы.

Создать свою Веб ГИС и получить полный доступ к мобильному, настольному и веб ПО NextGIS можно, оформив подписку Premium на сайте компании NextGIS — <https://nextgis.ru>. Для работы с платформой не понадобится специально обученный или обладающий навыками программирования персонал. Функционировать Веб ГИС может как в облаке, так и на сервере клиента.

▼ Список литературы

1. Дуленин А.А., Свиридов В.В. Обработка инструментальных методов учета площади нерестилищ сельди в Охотском море // Вопросы рыболовства. — 2022. — Т. 23. — № 2. — С. 216–231.

2. Свиридов В.В., Коцюк Д.В., Подорожнюк Е.В. Беспилотный фотограмметрический учет тихоокеанских лососей посредством БПЛА потребительского класса // Изв. ТИПРО. — 2022. — Т. 202. — Вып. 2. — С. 429–449.

NEXTGIS
ОТКРЫТЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

**ПОЛНЫЙ НАБОР ИНСТРУМЕНТОВ
ДЛЯ РАБОТЫ С ГЕОДАНЫМИ
В ОРГАНИЗАЦИИ**



45 000 Р/ГОД
В ОБЛАКЕ

ОТ **250 000** Р/ГОД
НА СВОЕМ
СЕРВЕРЕ

- // работа в команде с общей базой данных
- // редактирование геоданных в браузере
- // гибкая настройка прав доступа
- // мобильный сбор данных с настраиваемыми формами
- // веб, мобильные, настольные рабочие места
- // трекинг — мониторинг движущихся объектов
- // векторные/растровые слои, ортофотопланы, кадастр, сервисы, подключение внешних баз данных
- // свой домен и фирменное оформление
- // 70+ дополнительных инструментов для обработки данных
- // техническая поддержка



107078 Москва
ул. Новая Басманная 23Б
стр. 20, офис 201

+7 (968) 730 52 52
info@nextgis.com

nextgis.ru

В 1820 г. во время русской кругосветной военно-морской экспедиции на шлюпах «Восток» и «Мирный» под руководством Фаддея Фаддеевича Беллинсгаузена и Михаила Петровича Лазарева был открыт шестой континент нашей планеты — Антарктида, начало глубокого и всестороннего исследования которого было положено в 1898 г. Гражданские и военные специалисты СССР начали изучение и картографирование территории Антарктиды в 1956 г. Подробнее об этом можно узнать в статьях и книге:

— «Вклад военных топографов в освоение Антарктиды», автор В.Н. Филатов («Геопрофи» № 2-2020);

— «Военные топографы России в топогеодезическом освоении Антарктиды в период 1956–1990 гг.», авторы И.Н. Бобров, Е.И. Долгов (www.geoprofi.ru);

— Военные топографы России в Антарктиде. — М.: Академиздатцентр «Наука», 2014. — 272 с.

Среди советских ученых, стоящих у истоков исследований в Антарктиде, был Георгий Евграфович Лазарев, выпускник Ленинградского Краснознаменного военно-топографического училища, курсант III курса геодезического факультета Военно-инженерной академии имени В.В. Куйбышева. Им к середине 1950-х гг. был составлен проект плана участия Министерства обороны СССР в антарктических экспедициях. Он был участником 2-ой Комплексной антарктической экспедиции Академии наук СССР (1956–1958 гг.) и 6-ой Комплексной антарктической экспедиции (1960–1962 гг.).

Г.Е. Лазарев стал первым из военных топографов — участником антарктических экспедиций, проложив путь в Антарктиду более 280-ти военным топографам СССР и РФ.

В 2020 г. вышла монография Г.Е. Лазарева «Антарктида 200», приуроченная к 200-летию открытия Антарктиды и рассказывающая о состоянии духа человека, о предприимчивости, свободе выбора решения и радости от выполнения задуманного.

Автор книги осуществлял навигацию санно-тракторных поездов, участвовал в проложении более 4 тыс. км геодезических и гравиметрических ходов в условиях снежной мглы, когда из-за отсутствия контрастности человек не только не воспринимает реальные формы рельефа и размеры окружающих предметов, но и теряет пространственную ориентацию. Работа в экстремальных условиях наиболее ярко испытывает каждого человека на «прочность», раскрывает индивидуальные достоинства и недостатки. Преодоление страха перед неизведанным определяет успех не только полярных экспедиций, но и победу в повседневной жизни каждого человека.

Благодаря работе участников арктических экспедиций на карте Антарктиды появились новые, ранее неизвестные природные объекты. В своей книге Георгий Евграфович рассказывает об одном таком уникальном географическом объекте — подледниковом озере Восток в районе антарктической станции «Восток».

К открытию озера Г.Е. Лазарев имеет непосредственное отношение. В 1957 г. по результатам геодезических, гравиметрических и сейсмических измерений, выполненным при его участии во время санно-тракторного похода между антарктическими станциями «Мирный» и «Восток», был построен продольный профиль рельефа коренных пород. В районе станции «Восток» обнаружили прогиб с очертаниями профиля озера. Этот прогиб был подтвержден в 1961 г. в рамках научной программы Института физики Земли АН СССР на основе гравиметрических измерений, выполненных 6-й Комплексной антарктической экспедицией.



Предлагаем читателям журнала познакомиться с информацией об озере Восток из книги Г.Е. Лазарева «Антарктида 200».

Дополнительную информацию можно получить, посмотрев видеосюжет о проекте «Бурение глубокой скважины на станции «Восток» в Антарктиде и первое проникновение в подледниковое озеро Восток».

Редакция журнала



ОЗЕРО ВОСТОК В АНТАРКТИДЕ — ОЗЕРО ИЗ ДАЛЕКОГО ПРОШЛОГО*

В 1998 г. были завершены совместные российско-американо-французские работы по бурению глубокой ледяной скважины на российской внутриконтинентальной станции «Восток» с целью реконструкции палеоклиматических изменений в этом регионе планеты. Полученный ледяной керн общей длиной 3623 м стал самым глубоким из всех подобных образцов, отобранных на различных ледниках Земли. Анализ изотопного и газового состава ледяного керна позволил определить изменения климата в центральных районах Антарктиды за последние 420 тыс. лет. Эти данные стали классикой в любых монографиях по гляциологии и климатологии.

Можно считать, что одним из главных научных достижений российских исследований Антарктики является открытие и дальнейшее изучение подледникового озера Восток.

В 1994 г. на Международном антарктическом симпозиуме в Риме (Италия) участником 1-й Комплексной антарктической экспедиции и 9-й Советской антарктической экспедиции А.П. Капицей было сделано сообщение об открытии этого уникального природного объекта, находящегося под толщей льда около 3800 м.

Это открытие стало возможным, благодаря совместному изучению советских сейсмических, британских авиационных радиолокационных зондирований и альтиметрических изме-

рений с американских и европейских ИСЗ.

Сообщение А.П. Капицы произвело фурор у международной общественности, и резко повысило престиж нашей страны.

Впервые мощная депрессия коренных пород подледного рельефа (около 100 км севернее станции Восток с отметкой

1246 м ниже уровня океана) была показана на продольном профиле, построенном Г.Е. Лазаревым совместно с П.А. Шумским в 1957 г. (рис. 1). Как видно на этом профиле, глубина залегания каменных пород в районе станции «Восток» составляет около 100 м ниже уровня моря. Эти данные были

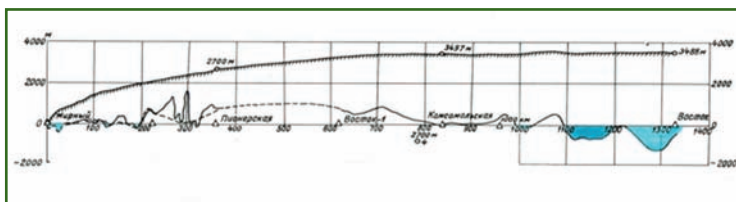


Рис. 1

Продольный профиль по маршруту между антарктическими станциями «Мирный» и «Восток» (1957 г.)

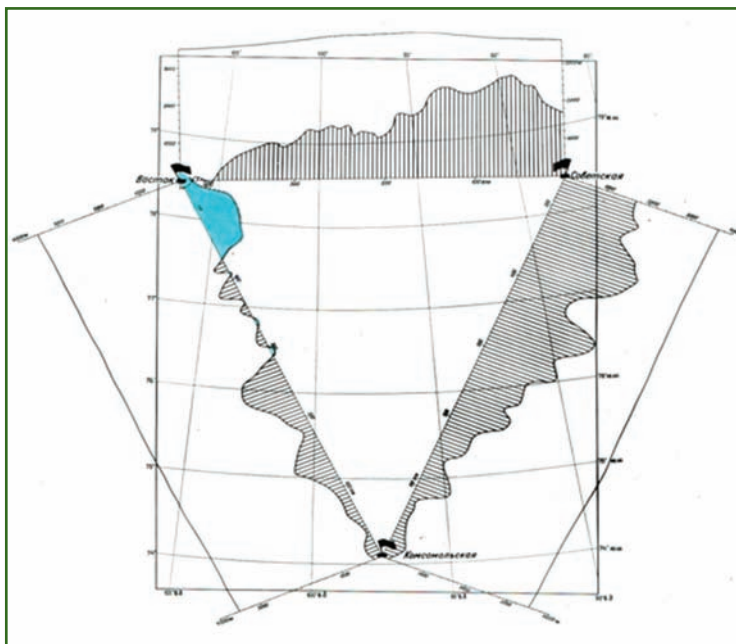


Рис. 2

Схема подледного рельефа по маршруту между антарктическими станциями «Восток» — «Советская» — «Комсомольская»

* Статья подготовлена по материалам, опубликованным в книге Г.Е. Лазарева «Антарктида 200». — М: Издательство «Макс-пресс», 2020.

рассчитаны по материалам гравиметрической съемки, выполненной 2-ой Комплексной антарктической экспедицией Академии наук СССР (1956–1958 гг.) во время первого похода к южному геомагнитному полюсу, когда была открыта станция Восток.

В 1960–1962 гг. в работах 6-й Советской антарктической экспедиции было подтверждено показанное в 1957 г. наличие депрессии в рельефе каменного ложа севернее станции Восток — где толщина ледникового покрова достигает 4400 м (рис. 2).

В 1961 г. доктор географических наук И.А. Зотиков теоретически доказал, что существует критическая толщина ледника, при превышении которой на ледниковом ложе начинается таяние льда. Расчетами показано, что часть тепла, поступающего из недр Земли, затрачивается на таяние придонного льда, и появляющаяся талая вода может скапливаться и формировать подледные резервуары воды.

Начиная с сезона 1995–1996 гг. Российские антарктические экспедиции приступили к регулярному изучению природных характеристик озера, расположенного под станцией «Восток». Их основу составили специализированные сейсмические зондирования подстилающей поверхности методом отраженных волн и наземной радиолокации толщи льда с определением водной поверхности и коренных пород. Эти работы выполнялись специалистами Полярной морской геологоразведочной экспедиции, которые определили положение береговой черты, конфигурацию водного зеркала, толщины ледяного покрова, водного тела и слоя донных отложений озера (рис. 3).

Длина озера — около 250 км, максимальная ширина

доходит до 50 км, а площадь водного зеркала составляет около 15 км². Озеро располагается по направлению ЮЮВ — ССЗ по отношению к станции «Восток».

Южная часть озера представляет собой глубоководную котловину с максимальной тол-

щиной водного слоя до 1200 м, северная часть — мелководна (100–200 м). Наибольшая толщина донных отложений (300–400 м) отмечается в глубоководной котловине. Южная и западная береговые черты значительно изрезаны с большим числом бухт, заливов и

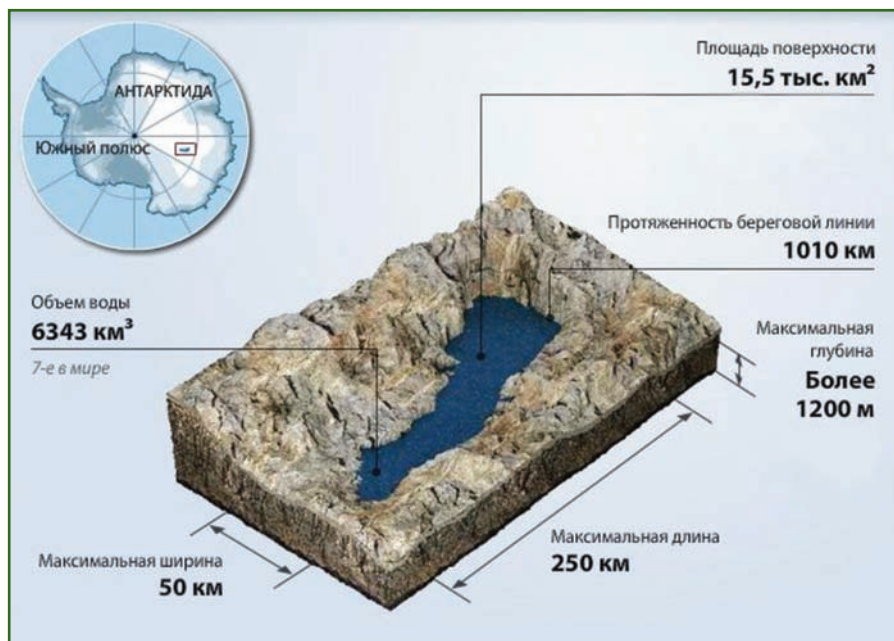


Рис. 3
Пространственные характеристики озера Восток



Рис. 4
Схема размещения ствола скважины, пробуренной в районе станции «Восток» в 2012 г.

полуостровов, восточная, напротив, относительно ровная. Толщина ледяного покрова над озером изменяется от 3600 м в южной части до 4200 м в северной. Непосредственно под станцией «Восток» толщина льда составляет 3750 м, а толщина водного слоя — 650 м.

Последнее обстоятельство сделало весьма привлекательной возможность использования ледяной скважины глубиной 3623 м, пробуренной в районе станции «Восток», для проникновения в водный слой озера с целью отбора проб из него (рис. 4). Изучение изотопного состава глубоких слоев ледяного керна показало, что, начиная с глубины 3543 м, лед представляет собой замерзшую воду озера, в то время как выше этого уровня располагается лед атмосферного происхождения, образовавшийся из уплотненного снега. Таким образом, исследователи уже получили возможность изучать геохимический, газовый и микробиологический состав поверхностного слоя вод озера еще до момента его вскрытия. Оказалось, что поверхностные воды озера чрезвычайно богаты растворенным кислородом и поэтому, скорее всего, безжизненны, так как в подобных условиях наблюдается явление «холодного реактора», сжигающего клетки живых организмов.

Это подтверждается наличием крайне бедной концентрации живых клеток (1–10 кл./мл). В то же время микробиологи из Петербургского института ядерной физики РАН обнаружили на трех горизонтах нижнего слоя керна ДНК-молекулы бактерий термофилов. Согласно микробиологической базе данных, такие же бактерии были обнаружены ранее в горячих источниках Японии, в озере на территории Йеллуостонского национального парка США и в рифтовом разломе Срединно-



Рис. 5

Участники буровых работ у скважины на станции «Восток» после их успешного завершения

Атлантического хребта. В указанных местах эти бактерии живут при температуре более 50–60 °С. Данное открытие позволяет сделать выводы о принципиально новом подходе к природе образования подледникового озера Восток. Если его первооткрыватели считали, что образование водного слоя озера стало результатом таяния ледника на его подошве за счет процессов трения о коренной рельеф, то в настоящее время можно с достаточной уверенностью сделать предположение о его рифтогенном происхождении. Возможно, на дне озера существовали или существуют до сих пор гейзерные источники, в которых и живут вышеназванные бактерии.

В этом случае вода озера может быть не только пресной, а сильно стратифицированной по глубине, когда у дна располагаются теплые и хорошо минерализованные воды.

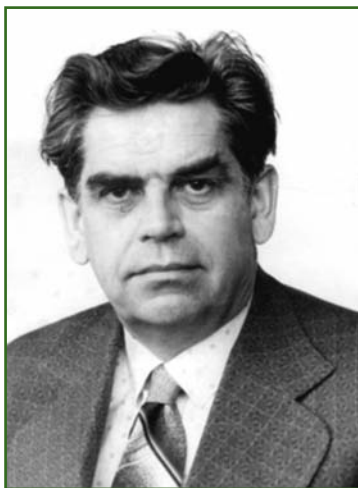
Открытие и последующее изучение озера Восток стало сенсацией, которая много обсуждается не только в научной, но и в общественно-публицистической литературе. Российские специалисты в очередной раз доказали всему миру, что, несмотря на серьезные трудно-

сти, российская наука продолжает развиваться и оставаться на передовых рубежах мировых знаний.

Особенно это относится к результатам исследований методами молекулярной биологии, в которых зарубежные ученые не смогли получить таких впечатляющих результатов. Данное обстоятельство определило возникновение не только научных, но и политических дискуссий вокруг проблемы проникновения в водный слой озера через ледяную скважину в районе станции «Восток». Специалисты Санкт-Петербургского горного университета под руководством Б.Б. Кудряшова в 2001 г. разработали экологически чистую технологию отбора проб воды озера из глубокой скважины. Международное обсуждение этой технологии в системе Договора об Антарктике заняло более трех лет, однако, несмотря на активные попытки не допустить Россию к открытию мирового уровня начала XXI века, наша страна убедительно доказала свою правоту, и в сезоне 2005–2006 гг. работы по бурению на станции «Восток» продолжились и в 2012 г. успешно завершились (рис. 5).

А.А. ГЕНИКЕ — ОСНОВАТЕЛЬ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ РАДИОДАЛЬНОМЕТРИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ГНСС В ГЕОДЕЗИИ*

Аркадий Александрович Генике (1927–2018) — советский и российский ученый в области радиогодезии и глобальных навигационных спутниковых систем, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.



В 1954 г., окончив радиотехнический факультет Московского электротехнического института связи, он пришел работать в Центральный ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского (ЦНИИГАиК), пройдя за более чем 34 года путь от инженера и научного сотрудника до заведующего радиогодезической лабораторией.

В ЦНИИГАиК Аркадий Александрович занимался разработкой и исследованиями электронных дальномерных уст-

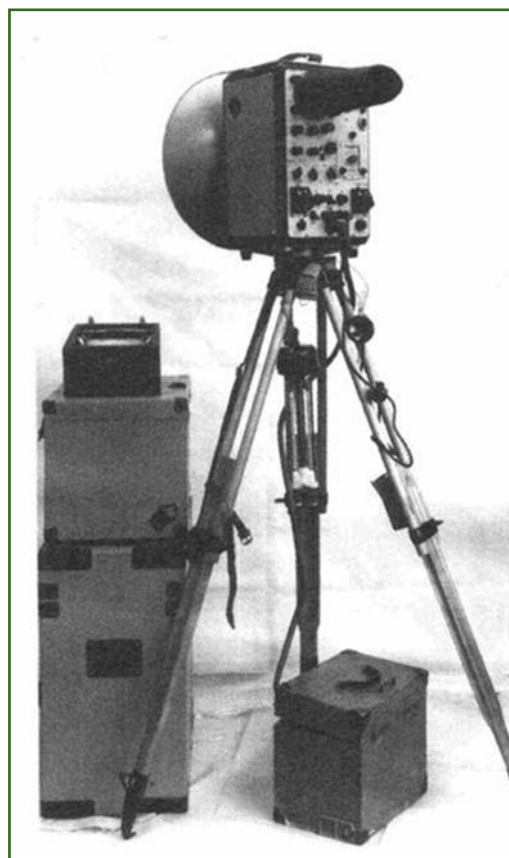
ройств. В 1963 г. он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Геодезические фазовые радиодальномеры».

А.А. Генике был активным участником создания таких легендарных геодезических светодальномеров, как ЭОД-1, «Кварц», «Гранат». Под его руководством и при непосредственном участии были разработаны и серийно выпускались несколько типов высокоточных геодезических радиодальномеров, не уступавших по точности лучшим зарубежным аналогам. Среди них — ВРД, РДГ и РДГВ, «Луч», «Волна», РДЛ (радиодальномер лаговый), а также радиогодезическая система «Прибой» для съемки шельфа и внутренних водоемов.

В радиогодезической лаборатории ЦНИИГАиК велась научно-исследовательская работа по созданию автоматизированного комплекса для наземной топографической съемки на основе радиогодезической системы и лазерного нивелира. Руководителем НИР был старший научный сотрудник Ю.С. Галкин, ученик Аркадия Александровича. В настоящее время никого не удивит мобильными комплексами по топографическому и навигационному картографированию с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), но в 1980-х гг. разработка наземной

топографической динамической системы была революционным решением, опережающим свое время.

За время работы в ЦНИИГАиК А.А. Генике основал научную школу в области геодезической радиодальнометрии и подготовил четырех кандидатов технических наук. Его учениками были: ректор Ереванского архитектурно-строительного института профессор А.Г. Бегларян, заведующий кафедрой геодезии



* Статья подготовлена к 95-летию А.А. Генике. Авторы: Г.Г. Побединский (Российское общество геодезии, картографии и землеустройства) и В.В. Грошев (редакция журнала «Геопрофи»).

Московского государственного университета леса профессор Ю.С. Галкин, М.И. Верницкий, А.С. Сушков.

Аркадий Александрович является автором (соавтором) 13 изобретений в области радиогеодезии. В 1991 г. решением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий за использование в народном хозяйстве изобретения «Цифровой фазометр» ему было присвоено звание «Изобретатель СССР».

На протяжении 10 лет А.А. Генике руководил Международной исследовательской группой по электромагнитным методам измерения расстояний и атмосферной рефракции. В течение 5 лет он координировал деятельность рабочей группы «Методы измерений больших длин» Межведомственного научного совета по проблемам измерений Академии наук СССР.

Сотрудники радиогеодезической лаборатории В.В. Злотин, М.И. Верницкий были пионерами в области наземных измерений больших и сверхбольших расстояний (80–100 км) с использованием разработок лаборатории.

С 1990 г. А.А. Генике занимался научной и преподавательской деятельностью в должности профессора кафедры астрономии и космической геодезии МИИГАиК. Аркадием Александровичем был прочитан обширный курс лекций по использованию в геодезии дальномерных измерений, а также спутниковых методов определения местоположения. В 2004 г. под руководством А.А. Генике успешно защитил кандидатскую диссертацию аспирант из Вьетнама Ву Ван Донг.

За успешную научно-педагогическую деятельность приказом Минобрнауки России А.А. Генике присвоено звание «Почетный работник науки и техники Российской Федерации».

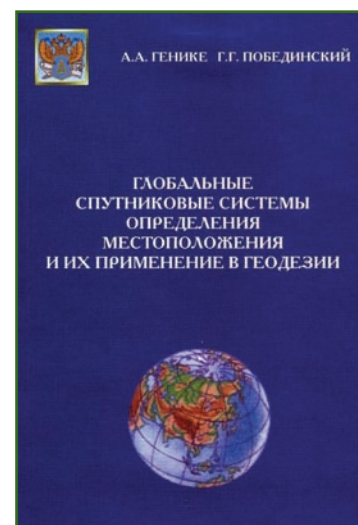


При его активном участии в 1990 г. был создан Научно-исследовательский центр «Геодинамика» МИИГАиК, научным руководителем которого Аркадий Александрович был до 2006 г. Этим центром был выполнен ряд крупных научно-производственных работ, включая создание высокоточной спутниковой городской геодезической сети г. Москвы и геодинамической сети г. Москвы.

Под руководством А.А. Генике был создан целый ряд локальных геодинамических полигонов. К ним относится полигон на территории Загорской гидроаккумулирующей электростанции, информация о котором была представлена в статье «Комплексные исследования на локальных геодинамических полигонах» (авторы А.А. Генике, В.Н. Черненко), опубликованной в журнале «Геопрофи» № 2-2003. Разработанные им основные принципы построения мониторинга деформационных процессов оказались успешными на протяжении более чем 10-летнего периода наблюдений.

В последние годы основная научная деятельность Аркадия Александровича была связана с исследованиями методов высокоточных спутниковых координатных определений. В 1999 г. им в соавторстве с Г.Г. Побединским была подготовлена и издана монография «Глобальная

спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии». Второе и дополненное издание книги под названием «Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии» вышло из печати в 2004 г. в издательстве «Картгеоцентр». Во втором издании были рассмотрены основные принципы работы глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Выполнен анализ основных источников ошибок и методы ослабления их влияния. Изложены особенности проектирования геодезических сетей, создаваемых спутниковыми методами, включая редуцирование и уравнивание.



В эти годы в сфере интересов А.А. Генике по-прежнему оставались проблемы метрологического обеспечения измерения больших и сверхбольших расстояний и метрологического контроля спутниковых координатных определений.

А.А. Генике — автор (соавтор) более 100 научных публикаций в российских и зарубежных изданиях, монографий, учебных пособий, изобретений.

С научным наследием Аркадия Александровича Генике можно познакомиться по ссылке — <http://www.geoprofi.ru/authors/129>.

Московский колледж геодезии и картографии



21.02.08 Прикладная геодезия



Вы научитесь

- Создавать плановые и высотные геодезические сети, геодезическую разбивочную основу для строительства;
- Выполнять топографо-геодезическую съемку и обработку проведенных измерений с составлением отчетной документации и графическим отображением результатов на картах и планах;
- Обеспечивать геодезическое сопровождение объектов строительства (разбивочные работы, исполнительные съемки, контрольные съемки);
- Выполнять геодезические работы по наблюдению за деформацией зданий и искусственных сооружений.



Адрес: 121467, Москва,
ул. Молодогвардейская, 13
Телефон: +7 (499) 149-82-33

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОТСЧЕТОВ (NSRS22) США И ИХ ВЛАДЕНИЙ

В.Л. Кашин (27 ЦНИИ МО РФ)

В 1969 г. окончил оптико-механический факультет МИИГАиК по специальности «оптико-механические приборы». После окончания института проходил службу в рядах Вооруженных сил СССР и РФ. В настоящее время — старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра топогеодезического и навигационного обеспечения (до 2011 г. — 29 НИИ МО РФ) 27 ЦНИИ МО РФ. Кандидат технических наук.

Основой Национальной системы пространственных отсчетов 2022 г. (NSRS22 — National Spatial Reference System) США является ее непосредственная увязка с эпохами получения геопространственных данных, лучшее согласование со Всемирной геодезической системой координат 1984 года WGS-84, новая номенклатура гравитационных моделей Земли для США и их тихоокеанских владений [1].

Об этом в 2007 г. объявила Национальная геодезическая служба NGS (National Geodetic Survey) Национального агентства исследований атмосферы и океанов NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) в своем 10-летнем плане по замене в США двух национальных геодезических датумов: Североамериканской системы координат 1983 г. NAD83 (North American Datum) и Североамериканской системы высот NAVD88

Погрешности североамериканских датумов

Технологии	Датумы	Годы	Погрешность, м
Наземные (пассивные)	NAD27	1927–1986	10
	NAD83 (86)	1986–1990	1,0
	NAD83 (199x)	1990–2007	0,1
ГНСС (активные)	NAD83 (2007)	2007–2011	0,01
	NAD83 (2011)	2011–2022	0,01

(North American Vertical Datum of 1988) на новую систему NSRS22 [2].

Она дополнительно включает геопотенциальные датумы Северной Америки и Тихого океана NAPGD2022 (North American-Pacific Geopotential Datum) и наземные системы отсчета TRF (Terrestrial Reference Frame) США и их внешних владений. При реализации NSRS22 NSG уже связывает геодезические координаты с эпохами их фактического получения по непрерывно поступающим данным с постоянно действующих станций CORS (Continuously Operating Reference Station) приема сигналов с космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), рис. 1 (источник: <http://www-sccec.usc.edu/sign/images.html>).

Непрерывный (активный) прием навигационных сигналов на станциях CORS позволяет оперативно выявлять недостоверные геодезические данные и игнорировать их. При эпизоди-

ческом (пассивном) получении таких данных с помощью обычных геодезических приборов это можно делать лишь в процессе постобработки измерений, что, несомненно, сказывается на достоверности и точности геодезических определений (см. таблицу) [3].

Повышение точности геодезических измерений позволяет уточнять величины геодезических смещений Североамериканской тектонической плиты, которые уже привели к тому, что совпадающие ранее опорные эллипсоиды 1980 г. (GRS80 — Geodetic Reference System) систем отсчета NAD83 и международной (ITRF) перестали совпадать.

Это рассогласование порядка 2,5 м в NSRS22 будет устранено, а система пространственных отсчетов охватит четыре разобщенные области вокруг территориальных владений США и включит: — Североамериканскую наземную систему отсчета 2022 г. NATRF2022, заменяющую NAD83 (2011);



Рис. 1

Постоянно действующая станция CORS



Рис. 2
Положение тектонических плит тихоокеанского региона

— Тихоокеанскую наземную систему отсчета 2022 г. PATRF2022, заменяющую PA11;

— Марианскую наземную систему отсчета 2022 г. MATRF2022, заменяющую NAD83 (MA11);

— Карибскую наземную систему отсчета 2022 г. CATRF2022, выделенную из NAD83 (2011) [3, 4].

Все эти системы отсчета привязаны к одноименным тектоническим плитам (рис. 2) [4].

Многолетние геодезические исследования показали, что Североамериканская тектоническая плита смещается со средней скоростью 10 мм в год с явно выраженной систематической радиальной составляющей относительно так называе-

мого полюса Эйлера (рис. 3) [4].

Схема учета координатных поправок с использованием параметров полюса Эйлера (EPP Euler Pole Parameters), которые описывают смещения Североамериканской тектонической плиты, представлена на рис. 4 [5].

На рис. 5 цветом выделены приблизительные значения поправок, которые необходимо вносить в эллипсоидальные координаты контуров и точек при переходе от NAD83 к NSRS22 [6].

К Североамериканской наземной системе отсчета 2022 г. NATRF2022 будет привязана и геопотенциальная модель 2022 года GM2022, имеющая ограни-

ченное разрешение. Она, в отличие от не объединенных в единое целое региональных наземных систем отсчета, займет пространство от 170 до 350 градусов восточной долготы и от 10 до 190 градусов западной долготы (рис. 6) [4, 5].

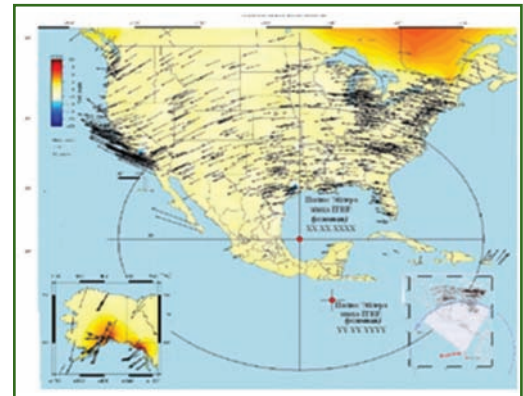


Рис. 3
Направления смещений контуров Североамериканской тектонической плиты

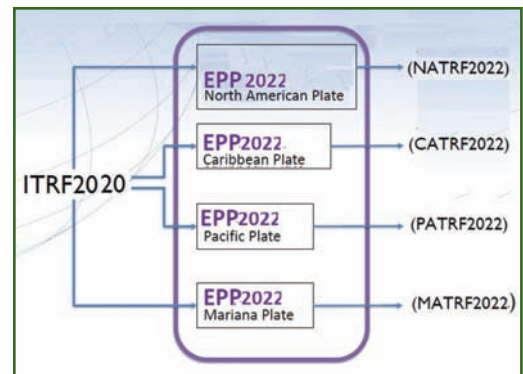


Рис. 4
Схема коррекции наземных систем отсчета разобренных территорий США

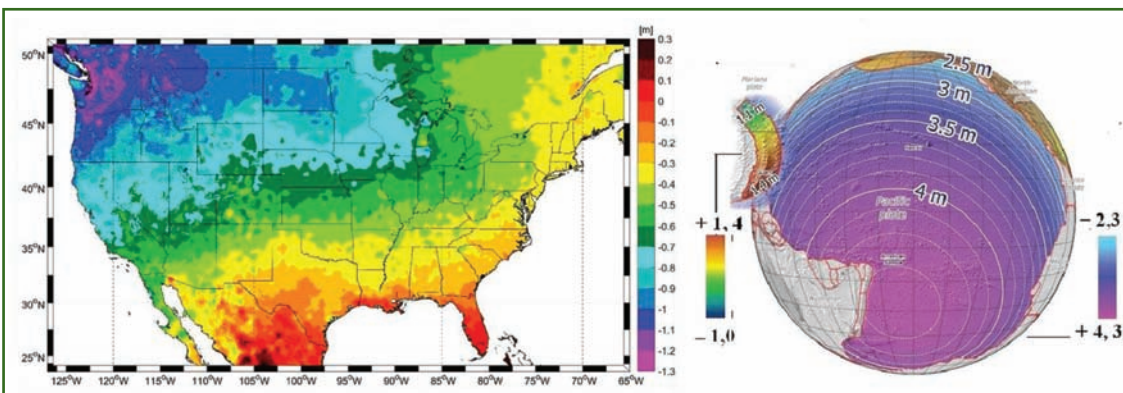


Рис. 5
Поправки в устаревшие геодезические координаты



Рис. 6
Местоположение
геопотенциальной модели
GM2022

Кроме того, в геопотенциальные данные Северной Америки и Тихого океана на 2022 г. (NAPGD22) вошли:

- модель геоида GEOID22;
- модель уклонений отвесных линий DEFLEC22;
- модель силы тяжести на земной поверхности GRAV22.

Эти модели имеют высокое разрешение и привязаны к тектоническим плитам: Североамериканской, Гуама и Американского Самоа [6].

С 2019 г. Служба мониторинга геоидов GeMS (Geoid Monitoring Service), созданная по инициативе Национальной геодезической службы NOAA, формирует перечисленные выше модели на базе ранее разработанных экспериментальных моделей:

- динамической глобальной геопотенциальной модели

xDGGM (Dynamic Global Geopotential Model);

- модели динамического геоида xDGEOID (Dynamic Geoid Model);

- высотной модели для проверки динамических отклонений с компонентами Север-Юг и Восток-Запад xDDEFLEC (Dynamic Deflection of the Vertical Model);

- модели динамической гравитации xDGRAV (Dynamic Gravity Model);

- цифровой динамической высотной модели xDDEM (Dynamic Digital Elevation Model).

Модели, созданные по материалам космических гравитационных съемок эксперимента по изучению гравитации и климата GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment), корректируются по данным воздушных и наземных гравиметрических съемок общей площадью 15,6 млн км² при реализации производственного проекта GRAV-D (Gravity for the Redefinition of the American Vertical Datum). Погрешности определения формы геоида составляют 1 см и лучше, а погрешности определения ортометрических высот — 2 см [6].

Ориентировочные величины поправок в ортометрические высоты отображены на рис. 7 [4].

Объемы геопространственных данных, которые необходимо не только обрабатывать, но и пре-

образовывать, оцениваются экзобайтами (квинтиллионами байт — 10¹⁸), и эти объемы постоянно увеличиваются по мере накопления измерительной информации. Такое накопление данных требует больших финансовых затрат, к тому же с 2017 г. у NGS появились кадровые и технологические проблемы, и она отложила внедрение NSRS22 на 2025 г., оставив прежним наименование этого проекта.

В целом, введение Национальной системы пространственных отсчетов NSRS затронет технические, образовательные, коммуникационные, законодательные и программные аспекты геоинформационного обеспечения США, Канады и Мексики, геодезические службы которых сотрудничали с Национальной геодезической службой NOAA.

Внедрение NSRS22 в практику позволит использовать на всех территориях США единую национальную систему координат 2022 г., а именно, SPCS22 (State Plane Coordinate System), что должно стандартизовать региональные координатные системы федеральных территорий США.

▼ Список литературы

1. The National Geodetic Survey Strategic Plan 2019–2023 Positioning America for the Future National, 2018.
2. Ten-Year Plan Mission, Vision, and Strategy 2008–2018. The National Geodetic Survey, 2008.
3. New Datums Are Coming in 2022 Connecticut GIS Network Spring Meeting. March 23, 2018.
4. William Stone. Modernizing the National Spatial Reference System Southwest Region. ASCEP pipelines conference. NOAA's National Geodetic Survey. Aug. 6–9, 2017.
5. Dan Martin. New Geometric Datums. New York State Association of Professional Land Surveyors. January 28, 2022.
6. Dru Smith. How to Transition to the 2022 National Coordinate System Without Getting Left Behind Modernizing the National Spatial Reference System. NOAA's National Geodetic Survey, 2020.

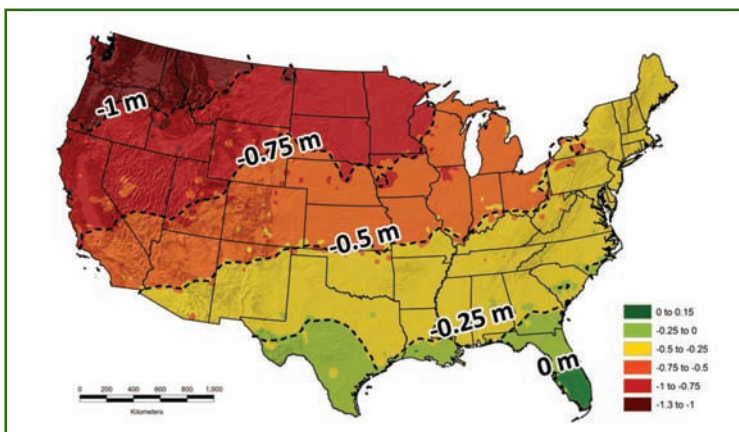


Рис. 7
Поправки в ортометрические высоты

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ*

С.И. Грызулин (1938–2020)

В 1959 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-геодезист». После окончания института работал в Якутском аэрогеодезическом предприятии ГУГК при СМ СССР, с 1962 г. — в ЦНИИГАиК, с 1988 г. — в Объединенной комплексной экспедиции № 132 Московского аэрогеодезического предприятия. С 1997 г. по 2020 г. работал в ООО Фирма «ЮСТАС». Кандидат технических наук. Лауреат премии имени Ф.Н. Красовского (2001 г.).

▼ Как это начиналось

Необходимость в специальном применении геодезических методов возникла в конце 1950-х гг. в связи с началом испытаний первых советских ракет.

Л.А. Кашин, заместитель начальника Главного управления геодезии и картографии при СМ СССР (ГУГК), как-то рассказал такую историю возникновения «спецгеодезии».

Испытатели ракет при пробных запусках столкнулись с систематическим отклонением ракет на одну и ту же величину. Ошибку не смогли найти и обратились в ГУГК, которое, в свою очередь, обратилось в ЦНИИГАиК. С проблемой поручили разобраться инженеру Александру Гавриловичу Белевину (1915–2000), который был впоследствии в течение 30 лет руководителем отдела специального применения геодезии (ОСПГ) ЦНИИГАиК.

А.Г. Белевитин выяснил, что ракету первые секунды от старта «ведет антенна». При испытаниях антенну ориентировали с недопустимой погрешностью, и она «вела» ракету боковым лепестком. Угол между осями центрального и бокового

лепестков и давал постоянное отклонение точки падения от цели.

Специалисты наверняка найдут в этом пересказе много неточностей, но с тех пор геодезистов стали приглашать к созданию, монтажу и юстировке антенных систем, иногда даже на стадии их проектирования. Особенно полезными оказались геодезические методы при сборке и монтаже полноповоротных, остронаправленных антенн радиолокаторов, по сути радиотелескопов, которые в 1960–1970-е гг. стали основой наземного сегмента космических проектов. По своей геометрической структуре радиотелескоп очень схож с теодолитом — вот уже несколько веков основным инструментом геодезистов.

В эти годы специальные геодезические работы проводились исключительно в ЦНИИГАиК, но количество заказов возрастало, и к работам была подключена Объединенная комплексная экспедиция № 132 Московского аэрогеодезического предприятия (ОКЭ № 132 МАГП). Шло время, развивалась техника, появились лазеры, лазерные дальномеры,

ЭВМ, оптические телескопы — светолокаторы для поиска и сопровождения воздушных и космических объектов. Все новые средства наблюдения требовали геодезического обеспечения и тоже становились предметом внимания ОСПГ.

В конце 1980-х гг., после ухода А.Г. Белевитина на пенсию, большая часть ведущих сотрудников ОСПГ вместе с заказами перешли в ОКЭ № 132 МАГП, где спецработы успешно продолжались вплоть до распада СССР.

В 1990-е гг. в России разрешили создание частных (негосударственных) предприятий, так как громоздкая государственная структура тормозила решение многих технических задач. Бывшие сотрудники ЦНИИГАиК тоже решили создать частную фирму. В 1991 г. предприятие было зарегистрировано и получило наименование Фирма «ЮСТАС». Название фирмы было составлено из первых букв ее специализации: «ЮСТИровка Антенных Систем». Его придумал Владимир Яковлевич Вайнберг (1937–2018), он же на целых 25 лет стал ее техническим, финансовым, хозяйственным и кадровым директо-

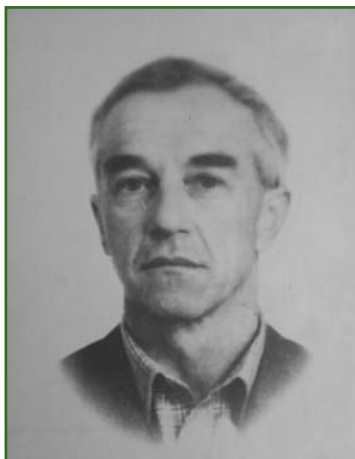
* Статья подготовлена по материалам, предоставленным М.С. Брацлавской — дочерью С.И. Грызулина.

ром. Постепенно на работу в Фирму «ЮСТАС» перешли многие работники ОКЭ № 132 МАГП, включая бывших сотрудников ОСПГ.

Таким образом, история специальных геодезических работ — это история подразделений государственных учреждений: ОСПГ ЦНИИГАиК, ОКЭ № 132 МАГП и частного предприятия — ООО «Фирма «ЮСТАС».

▼ Отдел специального применения геодезии ЦНИИГАиК

После окончания IV курса МИИГАиК, весной 1959 г., меня распределили на работу в Якутское аэрогеодезическое предприятие (Якутское АГП), но диплома инженера не дали (была такая мода). Считалось, что распределили на преддипломную практику. Отработав полевой сезон, зимой я поехал в Москву, защитил диплом про наблюдение триангуляции и весной уже с дипломом вернулся в Якутск на второй полевой, вернее таежный, сезон и опять занялся триангуляцией «на оленях». Зимой 1961–1962 гг. меня и еще троих сотрудников АГП отправили в ЦНИИГАиК на курсы освоения новой техники — свето- и радиодальномеров. Платили командировочные и зарплату. К весне мы вернулись в Якутск с новенькими радиодальномерами РДГ производства ЭОМЗ ЦНИИГАиК. Ими мы должны были измерять линии в тундре, в низовьях реки



Сергей Иванович Грызулин

Лены. За лето 1962 г. с грехом пополам мы чего-то измерили, и осенью я улетел в Москву в отпуск. К новому году я уже собрался обратно в Якутск, но мне пришло извещение о том, что меня и В.В. Злотина переводят в ЦНИИГАиК, как отличившихся на курсах дальномеров. Так, 13 декабря 1962 г. я стал инженером геодезического отдела и был готов участвовать в развитии дальномерной техники.

Я тогда еще не знал, что в те времена все передовые технологии развивались на предприятиях, имевших для переписки вместо адреса номера «почтового ящика». В «ящиках» платили больше и хороших инженеров они переманивали к себе.

Так случилось, что перед моим приходом в ЦНИИГАиК, из него в «ящик» перешли ведущие сотрудники группы А.Г. Белевитина. Поэтому вновь прибывших из Якутского АГП поделили: В.В. Злотина оставили в геодезическом отделе, а меня отправили к А.Г. Белевитину, в будущей отдел специального применения геодезии.

Здесь мне быстро выдали зимнее обмундирование, предназначенное для работников аэродромной службы: унты, меховые брюки, меховое полупальто из «чертовой кожи», перчатки, шлем; и отправили в

командировку на объект вблизи Евпатории, где заканчивалась реконструкция Центра дальней космической связи. Температура в декабре 1962 г. на курорте была -20°C , и дул умеренный ветер с моря. Руководитель бригады ЦНИИГАиК на объекте Ф.П. Федосов показал мне рабочее место на антенне — в сварной люльке на высоте 40 м над бетонной плитой («землей») — и объяснил, как я должен «применять геодезию». Тут я понял для чего нужны унты, шлем и все прочее. И еще я подумал, что в Якутии таких ветров не бывает и что не во всяком НИИ спокойней, чем в АГП.

Не помню, как я вылезал из этой люльки, но к новому году монтаж АДУ (антенны дальнего участка) был закончен, и я оказался живой и в Москве.

Потом меня еще раз зимой отправили в Евпаторию, где мы с коллегой просидели без дела (на дежурстве) целый месяц. Я каждый день ходил на пульт управления антенной и заводил хронометр, показывающий звездное время на долготе Центра дальней космической связи. В оставшееся время от такого дежурства я с интересом изучал три тома «Высшей математики» Г.М. Фихтенгольца. За месяц «по собственному желанию» заново прошел институтский курс по высшей математике. Хороший учебник.

В дальнейшем я узнал, что комплекс Центра дальней космической связи состоял из одной передающей и двух приемных антенн, работающих как одно зеркало. Основной задачей центра считалась радиолокация планеты Венера.

В Москве в ЦНИИГАиК в группе А.Г. Белевитина работали опытные геодезисты: все существенно старше меня. В свое время сотрудники группы разрабатывали технические задания и добились, чтобы на заводе «Арсенал» в Киеве был начат



Якутия, 1961 г.

серийный (по заказам) выпуск специального набора оптико-механических инструментов. Туда входили автоколлимационные теодолиты, автоколлиматоры с отсчетными шкалами, зеркала, угломеры, пузырьковые точные уровни. Наборы дополнялись, изменялись и долгие годы применялись там, где требовалась высокоточная геометрия изделий крупного габарита. Набор получил наименование «Юстировочная станция» и шифры ЮС-42, ЮС-48, и т. д. В один из автоколлиматоров из ЮС-42 я и смотрел из люльки.

После пробы на морозоустойчивость А.Г. Белевитин (за глаза все звали его «Гаврилычем») решил прощупать нового сотрудника на теоретическую устойчивость и задал мне задачу по выводу формул, которые должны были стать частью методики, заказанной в ЦНИИГАиК пользователями новой антенны. Измерения по этой методике должны были улучшить технические характеристики опорно-поворотного устройства (ОПУ) антенны. Задача оказалась довольно сложной и требовала хороших знаний по нескольким разделам высшей математики. Я справился с решением, пригодился «Фихтенгольц». Правда, на защите заказчик посетовал на слишком сложные формулы. На это автор методики Н.А. Черменский логично ответил, что формулы можно упростить, если упростить саму задачу. В итоге работу приняли, а мой рейтинг в собственных глазах на ступеньку повысился. Это была первая теоретическая работа, за выполнение которой я попал в число авторов официальной научной разработки.

«Луч»

Следующей работой, в которой мне пришлось участвовать, была задача передачи азимута в шахту. Точных размеров шахты не помню, глубина ≈ 25 м, диа-

метр стального стакана — 6 м. Стакан несет 4 кольцевых площадки обслуживания. Коллиматор, хранящий исходный азимут, находится у поверхности земли в стенке шахты, и на него передается астрономический азимут от внешних геодезических пунктов. На нижней площадке обслуживания установлен промежуточный коллиматор.

Нашей задачей (конечно, в пустой шахте) было определить горизонтальный угол между верхним и нижним коллиматорами. Разрешалось использовать площадки обслуживания для приборов и персонала.

Сотрудники ОСПГ разработали схему установки, получившей наименование «Луч». В нее входили два автоколлимационных теодолита УВК, две пентапризмы в оправе и три поворотных зеркала (ПЗ). Поворотное зеркало помещалось на монтажке универсала АУ-2"/5" на месте его трубы и вращалось в лагерах горизонтальной оси. В отличие от универсала, монтажку сделали параллактической, отодвинув горизонтальную ось от вертикальной на ≈ 10 см. Зеркало предусмотрели двусторонним, чтобы автоколлимацию можно было наблюдать, повернув зеркало на 180° для исключения его клиновидности.

Для компенсации скрещивания осей пришлось ввести в конструкцию противовес, утяжелить и так уже тяжелую конструкцию. В комплект ПЗ входил еще накладной пузырьковый уровень с ценой деления 2" для приведения оси вращения зеркала в горизонтальное положение.

В системе «Луч» два теодолита УВК располагались на уровне коллиматоров, чтобы через пентапризму получить от верхнего коллиматора параллельный пучок и посредством ПЗ и нижнего теодолита пере-

дать его на нижний коллиматор. Поворотные зеркала располагались на промежуточных уровнях так, чтобы их горизонтальные оси вращения были перпендикулярны «плоскости передачи», задаваемой верхним теодолитом.

В случае ненулевых показаний накладного уровня на ПЗ и ненулевых значений клиновидности зеркал возникла задача учета негоризонтальности осей вращения и угла между осью вращения и отражающей плоскостью зеркала. Я ее так и не решил, да и надобности особенной не было ввиду малости угловых аргументов.

В общем и целом, система получилась слишком громоздкой, число измерительных и юстировочных операций бесконечно велико. На одну передачу, не считая времени на монтаж аппаратуры, уходило часов 10 непрерывной работы.

Так случилось, что не только наша система оказалась неудачной. Но намучились мы в этой шахте здорово, транспорта на жилую площадку иногда не было, жилье на площадке было отвратительным. Словом, об этой командировке даже вспоминать не хочется.

Радиотелескопы

В 1960-е гг. стали появляться мощные остронаправленные высокочастотные антенные системы, по сути, радиотелескопы. Такие устройства (антенные комплексы) стали широко применяться с развитием космической техники. Их создатели быстро почувствовали пользу геодезических методов при монтаже крупных полноповоротных изделий. Были развернуты антенные комплексы проекта «Молния» и «Орбита», обеспечивающие спутниковую систему телевизионной трансляции на территории СССР. Приемно-передающие антенные комплексы представляли собой опорно-поворотные устройства



Антенна радиотелескопа (Источник: <http://rosgeokart.ru>)

(ОПУ), несущие системы рефлекторов из главного и вторичного зеркал (Система Кассегрена). В проекте «Молния» использовались горизонтальные двухосные параллактические монтировки (Г2П) с параболическим рефлектором диаметром около 16 м. В проекте «Орбита» — монтировка вертикальная двухосная симметричная (В2С) с параболическим рефлектором. Геодезические работы при строительстве ОПУ типа Г2П начинались с установки опор под подшипники горизонтальной оси в проектной азимуте. Далее выполнялся контроль горизонтальности несущей оси и перпендикулярность осей вращения. На последнем этапе геодезисты проверяли качество сборки рефлектора и приступали к измерению погрешностей геометрии готового изделия.

Самые крупные антенны имели главное зеркало диаметром 70 м.

Мне приходилось участвовать в юстировке антенн Г2П в разных городах, где я находился в железной кубической камере, поворачивающейся вместе с зеркалом антенны, и должен был при остановках брать отсчеты по угломеру. Это называлось «эталонированием датчиков осей вращения». После часа хождения по стенам и

потолку тебя выпускают на землю, и ты идешь, как подвыпивший матрос. На объекте под Уссурийском я участвовал в монтаже монтировок В2С. Бывал на объектах с готовыми антеннами, помогал радиоастрономам измерять эффективную площадь приемной апертуры на антеннах. Работали по ночам, наводили антенну на радиозвезды. Я уже вполне освоил все инструменты и стал в ОСПГ полноценным сотрудником с математическим уклоном.

В 1963 г., как всегда, работы было много: группа А.Г. Белевитина стала отделом.

В те времена задачи для предприятий и НИИ ставила

Комиссия по военно-промышленным вопросам при Совете министров СССР (ВПК). Задачи подлежали безусловному выполнению, и это вынуждало руководство ЦНИИГАиК расширять ОСПГ. Вскоре в отделе появились две лаборатории, одной из которых (№ 2) назначили заведовать меня. В этом же году дирекция и ряд отделов, в том числе ОСПГ, переехали на 5-ю Парковую улицу, где им было выделено 2 этажа здания гостиничного типа. У «Гаврилыча» появился отдельный кабинет, у рядовых сотрудников — две комнаты. Для работы с инструментами ЦНИИГАиК арендовал в соседнем жилом доме подвал, в котором построили бетонные столбы-пилоны, и ЭОМЗ «пожертвовал» пару небольших станков. В подвале был склад инструментов и приборов, здесь сотрудники ОСПГ макетировали реальные задачи, юстировали измерительные приборы, экспериментировали, чинили, словом, работали руками, глазами и даже головой. Н.А. Черменский называл подвал «храмом высоких открытий и трудового рвения», сокращенно «ХВОИТР». В ХВОИТРе мы отмечали государственные и местные праздники, конечно, после 17 часов.



Сотрудники ОСПГ на дне рождения А.Г. Белевитина, 1975 г.

«Амур»

В 1964 г. лаборатории № 2 было поручено участие в проекте «Терра-3». Проект был многоплановым и включал как теоретические, так и экспериментальные исследования. Суть проекта состояла в выяснении возможностей использования светолокации объектов в атмосфере и ближнем космосе. Забегая вперед, скажу, что работы по этой теме продолжались вплоть до распада СССР.

На первом этапе проекта, наряду с другими, ставилась задача экспериментального изучения «ракетной» атмосферной рефракции. До сих пор астрономы изучали рефракцию при наблюдении звезд, геодезисты занимались рефракцией в приземном слое, а законы рефракции при наблюдении объектов в толще атмосферы были «белым пятном».

Головной организацией по изучению ракетной рефракции назначили Институт физики атмосферы АН СССР. Там составили техническое задание для ЦНИИГАиК. Нам поручили измерить атмосферную рефракцию на цель, находящуюся на высоте 3–12 км, наблюдаемую с точки на поверхности Земли на расстоянии 90–110 км от цели.

По предложению «Гаврилыча» руководителем темы утвердили меня. Было мне 25 лет, и я плохо представлял, вернее сказать, совсем не представлял за что берусь. Б.А. Ларин, заместитель директора ЦНИИГАиК, и А.Г. Белевитин меня всячески ободряли. Немного утешало то, что в решении ВПК было сказано, что материально-техническое обеспечение экспериментальных работ по рефракции осуществляет Главное управление Министерства обороны СССР № 4. Тому почему-то назвали «Амур».

После многих совещаний в ЦНИИГАиК родилась такая схема эксперимента.

Бомбардировщик забирается на высоту 12 км и бросает светящую авиабомбу (САБ) на парашюте. Далее самолет, снижаясь, бросает еще 3 бомбы (последнюю — на высоте 4 км). Пока бомбы горят, их с земли засекают 5 измерительных пунктов (ИП). Четыре из них — в районе сбросов, а пятый — на расстоянии 100 км от бомб. Четыре ближних пункта определяют прямоугольные координаты летящей на парашюте бомбы, а дальний ИП измеряет зенитное расстояние на нее. По координатам бомбы вычисляется значение зенитного расстояния на нее с дальнего ИП в «безвоздушном пространстве», которое затем сравнивается с измеренным.

Для определения координат бомбы была придумана так называемая «зенитная засечка», когда на измерительных пунктах измеряют только зенитные расстояния, без азимута. На все ИП транслируется единое время в виде секундных и минутных сигналов, к которым «привязывают» моменты фиксации цели на киноплёнку. Дирекция ЦНИИГАиК поручила конструкторскому отделу спроектировать специальный теодолит с искателем и кинокамерой УВ-2"/2", а ЭОМЗ — изготовить 5 экземпляров. Заручившись такими обещаниями, мы с «Гаврилычем» поехали на Фрунзенскую набережную.

Нас очень хорошо приняли после произнесения слов «Терра-3» и сказали, что для этих целей имеется подходящий полигон с аэродром и авиаполком, бомбардировщик с экипажем предоставят, бомб после войны осталось много («парочки вагонов вам хватит?»). Строительство и оборудование измерительных пунктов, включая транспорт, обеспечат на полигоне, для чего будет издан специальный приказ. Если будут трудности, телеграфируй-

те, поможем. Забегая вперед, скажу, что трудности были, пришлось даже дать телеграмму, после чего все пошло, как «по маслу».

В ЦНИИГАиК тоже тема пошла под зеленый свет. Запустили проектирование теодолита на основе астрономического универсала. Вертикальный круг сделали такого же диаметра, как горизонтальный (2"/2"), в конструкцию ввели зрительную трубу-искатель (половину восьмикратного бинокля). Вместо окуляра повесили портативную кинокамеру с пленкой 16 мм. Получилось, конечно, страшновато, но все работало. Бригада на измерительных пунктах состояла из двух человек и магнитофона для записи отсчетов по вертикальному кругу. Один наблюдатель наводил трубу-искатель на бомбу, а другой — брал отсчет по вертикальному кругу в момент съемки.

Летом 1965 г. я с группой сотрудников первый раз полетел на рейсовом Ил-18 на полигон. Сердце полигона — его командный пункт: группа зданий, где помещаются все технические службы, кабинеты начальства, ЭВМ (тогда она занимала пятиэтажный дом), прямая связь с Москвой и все в таком духе. В главном здании я познакомился с начальником топографического отдела (был на полигоне и такой), вместе с ним наметили на карте места расположения ИП и договорились со строителями о возведении на них бетонных пилонов для будущих теодолитов. Один ИП запланировали в 50 м от главного здания. На этот пункт обещали провести электропитание, связь с командным пунктом, линию службы единого времени.

За лето 1965 г. наша группа подготовила все, что наметили в Москве. Познакомились с экипажем бомбардировщика и



Коллектив ОСПГ, 1975 г.

даже умудрились выполнить пробные сбросы, чтобы наладить взаимодействие многочисленных служб и подразделений полигона. Предполагалось основные экспериментальные работы выполнить летом 1966 г.

Зимой 1965–1966 гг. теодолиты были готовы, в нашей лаборатории их привели в «боевое состояние» и отправили по железной дороге вместе с двумя вагонами бомб на полигон. Летом туда же последовал и наш «десант».

Как ни странно, все, о чем договаривались, было исполнено или делалось при нас: построили пилоны, наладили связь, действовали службу единого времени, фотолабораторию для проявки пленки, связались с аэродромной службой аэрозондирования, подготовили морские спасательные катера на случай аварии.

В день полетов к вечеру развозили наших ребят по измерительным пунктам, а меня — на командный пункт полигона, включали циркулярную связь, и я «рулил» всей этой армией с помощью микрофонов и телефонов. За ночь бросали 4 бомбы, иногда парашют не раскрывался, и тогда бомба взрывалась на земле как фугаска. Иногда парашют уносило в море, там их ловили экипажи дежурных спасательных катеров.

После сброса последней за ночь бомбы диспетчер полетов требовал от меня оценку работы экипажа. Точку сброса рассчитывал штурман по данным аэрозондирования, с учетом ветра. Сначала были ошибки, потом дело наладилось, и оценки стали отличными. Последующие за днем полета сутки уходили на обработку полевых материалов (расшифровка магнитофонных записей, проявление пленки, измерение координат на пленке и т. д.). Работы было много.

К осени мы сбросили два вагона бомб, собрали большой объем полевых экспериментальных данных и уехали в Москву. Здесь я озадачил программистов ЦНИИГАиК. В вычислительном отделе уже несколько лет работала ЭВМ «Урал-3», занимавшая несколько комнат на проезде Владимира.

Программы и исходные данные тогда вводились в ЭВМ на перфокартах, набивка которых составляла отдельный процесс. Все эти манипуляции требовали много времени, тем не менее в 1967 г. программа была готова, а через год и все посчитали. Можно было писать отчет, чем я и занимался еще почти год.

По материалам этой работы я написал диссертацию, которую Ученый совет МИИГАиК одоб-

рил, но не допустил до ВАК. Но я все-таки защитил диссертацию на тему «Геодезический контроль угла ракетной рефракции» в 1974 г.

РАТАН-600

В 1967 г. в кабинете у «Гаврилыча» появился Наум Львович Кайдановский — «отец» советской радиоастрономии и один из авторов проекта «РАТАН-600». Он хотел узнать, можно ли установить около 1000 элементов кругового отражателя радиотелескопа на окружности радиусом 300 м с точностью 0,6 мм, и как это сделать. «Гаврилыч» рассказал ему про мерные инварные проволоки, компарирование и сказал, что если ночью мы и добьемся нужной точности, то что будет днем, он не знает. Но, так как лучше ОСПГ все равно никого нет, отдел берется за эту работу, если заказчик гарантирует всестороннее обеспечение.

Так началась наша многолетняя работа в станции Зеленчукская на Северном Кавказе. Руководителем темы и бригадиром на объекте назначили А.П. Глумова («Хоттабыча»). Он был моей правой рукой два лета в 1965–1966 гг. и здорово помогал. Кличку «Хоттабыч» А.П. Глумов получил за выдающиеся организаторские способности, которые он использовал во всей дальнейшей работе в ОСПГ.

Сначала мы с ним и В. Шагиняном поехали на разведку, арендовали временное жилье. Летом началась стройка, возник поселок строителей из коттеджей с приусадебными участками. На следующий год в один из них из Москвы переехал «Хоттабыч» с женой и прожил там более 15 лет, периодически приезжая в Москву переоформить командировку. Состав бригад менялся, а домик Глумовых служил базой ОСПГ для «РАТАН-600», а потом и для других объектов.

Радиотелескоп «РАТАН-600» — представитель так называемых приемных антенн переменного профиля. О его устройстве и особенностях можно узнать из специальной литературы или в сети Интернет. Я коротко расскажу только о геодезических задачах.

Глобальная формулировка выглядела так: геодезия должна обеспечить выполнение требований к качеству отражающих поверхностей, что является главным параметром любого телескопа. Технические требования, изложенные в проектной документации, намного пространнее.

Телескоп принадлежал Специальной астрофизической обсерватории АН СССР (САО АН СССР), расположенной в Пулково. Он имел несколько отражающих поверхностей разной формы, составляемых из металлических щитов алюминиевого сплава. Самый большой по площади круговой отражатель состоял из 895 прямоугольных щитов размером 11,4x2 м, разбитых на четыре сектора по сторонам света. Щиты отражателя располагались на окружности средним диаметром 576 м на каретках, которые могли ездить по радиальным рельсам. Рамы щитов монтировались на каретках посредством горизонтальной оси вращения, позволяющей менять наклон щитов.

Щиты собирались на специальном стапеле, где плоским пластинам с помощью набора пружин на жесткой раме придавалась форма параболических цилиндров. Точность поверхности контролировали бригады ОСПГ по специальной технологии, фиксирующей сотые доли миллиметра. По расчетам конструкторов точность поверхности щита должна была сохраняться при эксплуатации.

По проекту горизонтальные оси всех щитов кругового отражателя должны лежать в одной

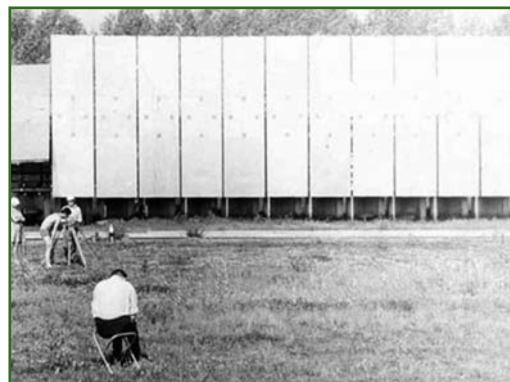


Радиотелескоп АН СССР «РАТАН-600» (станция Зеленчукская, Карачаево-Черкессия)

горизонтальной плоскости с СКП 0,3 мм, а в пределах одного сектора (225 щитов) — 0,2 мм. Чтобы обеспечить одинаковую отметку горизонтальных осей, проектом предусматривалось строительство бетонных эстакад, высота которых компенсировала перепады рельефа. Максимальная разница высот составила 3,5 м. Радиальное положение щитов фиксировалось датчиком радиального перемещения, шкала которого должна быть «привязана» к центру телескопа с СКП 0,6 мм.

Геодезическая опорная сеть состояла из 12 фундаментальных глубинных реперов, хранящих плановое и высотное положение своих центров. Центры были представлены в виде втулок принудительного центрирования. Плановое и высотное взаимное положение этих центров определялось с максимальной доступной в то время точностью в периодических циклах измерений. Линейные измерения выполнялись по программе базисных измерений I класса комплектом эталонированных проволок, высотные — по программе нивелирования I класса.

Строительство телескопа велось по очередям, в первую очередь вошел северный сектор и его вторичное зеркало. К янва-



Контроль установки элементов кругового отражателя «РАТАН-600» (Источник: <http://rosgeokart.ru>)

рю 1974 г. эта часть радиотелескопа была принята к пусконаладочным работам и подготовке к пробным наблюдениям.

Помимо рутинных геодезических операций при строительстве, сотрудники ОСПГ были заняты решением исследовательских задач, поставленных руководством САО АН СССР. Речь шла о том, чтобы выяснить точностные параметры смонтированных зеркальных систем, определить факторы, влияющие на них, и получить численные параметры этого влияния. Главная цель исследований — компенсировать, насколько это возможно, погрешности изготовления и температурные деформации.

Продолжение следует

Фотограмметрическая платформа PHOTOMOD™

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА ДАННЫХ Д33

PHOTOMOD ЦФС
PHOTOMOD UAS, AutoUAS

PHOTOMOD GeoMosaic
PHOTOMOD Radar

ОБЛАЧНЫЕ И КОНВЕЙЕРНЫЕ
РЕШЕНИЯ

PHOTOMOD Conveyor
PHOTOMOD StereoClient

PHOTOMOD Cloud
PHOTOMOD @ GeoCloud

БЕСПЛАТНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

PHOTOMOD Lite
PHOTOMOD GeoCalculator
PHOTOMOD Radar Viewer

Direct Georeferencing
Datum Parameters

PHOTOMOD В МИРЕ

80

стран

1200

организаций

3500

лицензий

10000

рабочих мест



Современные спутниковые технологии SinoGNSS



SinoGNSS[®]
By ComNav Technology Ltd.

На правах рекламы

- Приём сигналов всех спутниковых систем
- Чип собственной разработки с передовой технологией QUANTUM
- WiFi/Bluetooth/УКВ 2Вт/модем 4G
- Компенсация угла наклона вехи до 60 градусов
- Возможность «горячей замены» аккумуляторов