

ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
МИНИСТЕРСТВО ЗЕМЕЛЬНЫХ И ИМУЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ РТ
ГБУ «ФОНД ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**XIII Международная
научно-практическая конференция
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОДЕЗИИ
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

26 – 27 августа 2024 года

Программа, тезисы и доклады



**Татарстанский
нефтегазохимический форум**

Посвященный Году научно-технологического развития в Республике Татарстан



СИБУР

КАЗАНЬОРГСИНТЕЗ
НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ

АО «Нефтеконсорциум МНК»



Казань

2024



Kazan
Expo

26 АВГУСТА – 27 АВГУСТА 2024 ГОДА
ПРОГРАММА



Татарстанский
нефтегазохимический форум

Посвященный Году научно-технологического развития в Республике Татарстан

ПАРТНЁРЫ ФОРУМА



АО «Нефтеконсорциум МНК»



КАЗАНЬОРГСИНТЕЗ



26 АВГУСТА, ПОНЕДЕЛЬНИК

8.00-18.00	Время работы выставки	Галерея, павильон №2
8:00-8:30	ТОРЖЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТИЕ ТАТАРСТАНСКОГО НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО ФОРУМА-2024 , посвященного году научно-технологического развития Республики Татарстан Международной выставки «TatOilExpo-2024» Международной научно-практической конференции «Современные вызовы и пути решения приоритетных задач по воспроизводству минерально-сырьевой базы углеводородов» XIX Всероссийской научно-практической конференции имени А.И. Щеповских «Промышленная экология и безопасность» Международной научно-практической конференции «Нефтегазохимический комплекс России: новые точки роста» XIII Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем» XII Международной метрологической конференции «Актуальные вопросы метрологического обеспечения измерений расхода и количества жидкостей и газов. Качество углеводородного сырья (нефти и природного газа)»	Павильон №2, зона открытия
8:00-16:00	Регистрация участников: XIII Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем»	Галерея, Стойка регистрации №1 (павильон №1)
14:00-14:10	Приветственное слово Кадыров Азат Рифгатович Министр земельных и имущественных отношений Республики Татарстан Лунегов Дмитрий Алексеевич Директор ГБУ «Фонд пространственных данных Республики Татарстан»	Зал 9 (305-308), 2 этаж
14:10-14:25	Афонин Ф.К., Скляр Д.Ф. , ГКУ НСО «Центр цифровой трансформации Новосибирской области», ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ И МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ	
14:25-14:40	Тишина О.А. , ГБУ Рязанской области «Центр государственной кадастровой оценки», РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНОМ	
14:40-14:55	Равер А.Л. , ООО «EFT GROUP», ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СПУТНИКОВОГО (ГНСС) ОБОРУДОВАНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ПОСТРОЕНИЮ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
14:55-15:10	Кудрявцева У.В. , предприятия «Белгеодезия» Республика Беларусь, СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КАДАСТРА И ОБЕСПЕЧЕНИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
15:10-15:25	Бабура Н.П. , предприятия «Белгеодезия» Республика Беларусь, СОЗДАНИЕ МУЛЬТИМАСШТАБНОЙ КАРТЫ НА ОСНОВЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ	

15:25-15:40	Алябьев А.А. , Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания, СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	
15:40-15:55 ВКС	Берёзкин М.Д. , АО «ТЕРРА ТЕХ», ВНЕДРЕНИЕ СЕРВИСОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ	
15:55-16:10	Трофимчук В.Н. , Департамент информационных технологий и связи Ямало-Ненецкого автономного округа, ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ЯНАО	
16:10-16:20	Перерыв	
16:20-16:30	Волковский А.В. , ФППК «Роскадастр» «Средневолжское аэрогеодезическое предприятие», ГЕОДЕЗИЯ И КАРТОГРАФИЯ НА СЛУЖБЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И СОТРУДНИЧЕСТВА	
16:30-16:40	Королев К.А. , ГКУ Сахалинской области «Региональный градостроительный центр Сахалинской области», СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ	
16:40-16:50	Назаров Р.Р. , ООО «Эридан», КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ	
16:50-17:00	Упаловский Ю.А. , Санкт-Петербургское ГКУ «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности», ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ ИЗЫСКАТЕЛЯ – ОТ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ДО ЭФФЕКТИВНОГО ИНСТРУМЕНТА СБОРА И ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ И МАТЕРИАЛОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА	
17:00-17:10	Халитов Б.М. , ООО «Геостройизыскания-Казань», МОБИЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ 3D СКАНЕРЫ GOSLAM	
17:10-17:20	Железняков В.А. , АО КБ «Панорама», ПРИМЕНЕНИЕ ИИ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	
17:20-17:30	Глушко Д.Е. , ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», ГЕОПОРТАЛЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ РЕГИОНА	
17:30-17:40	Палкин П.О. , АО «ПРИН», АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	
17:40-17:50	Аминов А.Р. , ПАО «Татнефть» им В.Д. Шашина, ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА С ВЛС И НЛС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ	
17:50-18:00	Коннова В. , ООО «ГИСГИС», ПРАКТИКА И ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В УПРАВЛЕНИИ ТЕРРИТОРИЕЙ	
27 АВГУСТА, ВТОРНИК		
09:00-09:10	Приветственное слово Безменов Владимир Михайлович Заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского федерального университета	<i>ул. Кремлевская 18 корп.3) 2-я астрономическая аудитория</i>
09:10-09:30	Равер А.Л. , ООО «EFT GROUP», ОБЗОР АКТУАЛЬНОЙ ЛИНЕЙКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ EFT	
09:30-09:45	Третьяков А.И. , ООО «EFT GROUP», ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ EFT	
09:45-10:05	Обухов Е.К. , АО «ПРИН», ВЫБОР ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	
10:05-10:20	Четайкин Р.А. , АО «ПРИН», ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТИ ПОСТОЯННО-ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОГО СПУТНИКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ»	
10:20-10:40	Визгунов А.А. , 3DGEO, ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	
10:40-10:50	Халитов Б.М. , ООО «Геостройизыскания-Казань», КОСМИЧЕСКАЯ СЕРИЯ ПРИЕМНИКОВ SINOGNSS ОТ КОМПАНИИ COMNAV	
10:50-11:00	Перерыв	
11:00-12:00	Экскурсия по Казанскому федеральному университету и демонстрация полевого оборудования ЭФТ, ПРИН, ГСИ и др.	
11:00	Круглый стол.	<i>Казань, Кремлёвская, 16а, Институт физики, 2 этаж</i>

11:00-11:10	Открытие круглого стола. Приветственное слово. Таюрский Дмитрий Альбертович , Первый проректор –проректор по научной деятельности Казанского Федерального университета	
11:10-11:20	Приветственное слово. Лейсан Рахимовна Абзалилова , Вице-Президент Академии наук РТ.	
11:20-11:35	Стратегическое решение создания и использования геопространственных данных в цифровой трансформации РТ. Алябьев Александр Александрович , директор АО УСГИК, Безменов Владимир Михайлович , КФУ.	
11:35-11:55	Комплексная информационная модель территории на примере Чувашская Республики. Васюков Павел Владимирович , начальник отдела развития геоинформационных систем АУ «Центр информационных технологий» Министерства цифрового развития, информационной политики и массовых коммуникаций Чувашской Республики Кобзев Антон Александрович , АО УСГИК.	
11:55-12:10	Аппаратно-программный технологический комплекс для ликвидации последствий ЧС в Свердловской области. Бессонов Ярослав Леонидович , АО УСГИК.	
12:10-12:25	Подготовка кадров по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование» с учетом технологических особенностей АПТК. Современные технологические фотограмметрические решения – основа геопространственных данных и цифровой трансформации. Безменов Владимир Михайлович , заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии КФУ.	
12:25-13:00	Перерыв	
13:00	Продолжение круглого стола	<i>Казань, Кремлёвская, 16а, Институт физики, 2 этаж</i>
13:00-14:00	Практическая демонстрация использования АПТК по направлениям докладов.	
14:00-15:00	Обсуждения. Составление решений в Протокол	
13:00	Переезд в Загородную обсерваторию АОЭ	
14:00-14:10	Приветственное слово Нефедьев Юрий Анатольевич , Директор АОЭ Профессор кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского федерального университета,	<i>Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта АОЭ (РТ, Зеленодольский р-н, пос. Октябрьский, ул. АОЭ, дом 7, Планетарий)</i>
14:10-14:20	Макаров С.О. , РУТ (МИИТ), СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧИ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PPP-АЛГОРИТМА	
14:20-14:30	Богданов А.С. , Санкт-Петербургское ГКУ «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности», САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ. МАРШРУТ ПЕРВЫЙ	
14:30-14:40	Рахимбердиева М.Н. , Астрономический институт Академии наук Узбекистана, ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА МЕТОДАМИ ГНСС	
14:40-14:50	Лаврова О.А. , КФУ, ПРИМЕНЕНИЕ GNSS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК ЛЕСНОЙ, ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН ВОСТОКА РУССКОЙ РАВНИНЫ, ПРЕОБРАЗОВАННЫХ БОБРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	
14:50-15:00	Загреддинов Р.В. , КФУ, ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПУНКТА ФАГС ОКТВ НА ТЕРРИТОРИИ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМ. В.П.ЭНГЕЛЬГАРДТА	
15:00-15:10	Борисов Л.Т. , КФУ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИВНЫХ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА	
15:10-15:20	Султанов В.А. , КФУ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ	
15:20-15:30	Шаймухаметов Р.Р. КФУ, АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	
15:30-16:00	Планетарий	
16:00-17:00	Фуршет	
17:00	Отъезд в Казань	

СОДЕРЖАНИЕ

Афонин Ф.К., Скляр Д.Ф.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ И МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ----- 7

Кудрявцева У.В., Мицевич Л.А.

СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КАДАСТРА И ОБЕСПЕЧЕНИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ----- 10

Бабура Н.П.

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИМАСШТАБНОЙ КАРТЫ НА ОСНОВЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ----- 14

Трофимчук В.Н., Витязев С.А., Гуреева С.С.

ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА ----- 17

Королев К.А.

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ ----- 24

Назаров Р.Р., Хузин Р.Р., Хузин Н.И.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ ----- 29

Халитов Б.М., Аматыч Д.Р.

МОБИЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ 3D СКАНЕРЫ GOSLAM» ----- 34

Железняков В.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ СОЗДАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ----- 38

Глушко Д.Е., Ямашкин А.А., Ямашкин С.А.

ГЕОПОРТАЛЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ РЕГИОНА ----- 43

Палкин П.О.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКПОАЕМЫХ ----- 49

Сахаутдинов Р.В., Гиляев Д.М., Хамитов М.Ш., Аминов А.Р., Ганиев Т.А.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА С ВЛС И НЛС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ ----- 53

Обухов Е.К.

ВЫБОР ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ----- 56

Четайкин Р.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТИ ПОСТОЯННО-ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОГО СПУТНИКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ----- 59

Халитов Б.М., Комаров Д.Р.

КОСМИЧЕСКАЯ СЕРИЯ ПРИЕМНИКОВ SINOGNSS ОТ КОМПАНИИ COMNAV-- 61

Макаров С.О.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧИ
КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PPP-АЛГОРИТМА ----- 65**

Богданов А.С.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ. МАРШРУТ ПЕРВЫЙ ----- 68

Фазилова Д.Ш., Рахимбердиева М.Р.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА МЕТОДАМИ ГНСС
----- 74**

А.Г. Шарифуллин, А.В. Гусаров, О.А. Лаврова

**ПРИМЕНЕНИЕ GNSS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РУСЕЛ
МАЛЫХ РЕК ЛЕСНОЙ, ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН ВОСТОКА РУССКОЙ
РАВНИНЫ, ПРЕОБРАЗОВАННЫХ БОБРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ----- 77**

Загретдинов Р.В., Бахтиаров В.Ф., Загретдинов А.А.

**ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПУНКТА ФАГС ОКТВ НА ТЕРРИТОРИИ
АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМ. В.П.ЭНГЕЛЬГАРДТА----- 84**

Борисов Л.Т., Загретдинов Р.В.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИВНЫХ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА----- 90**

Султанов В.А., Вареник В.А., Беляков А.Р.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ----- 95**

Минигареев Т.Р., Михайлов В.Ю., Пшеничный П.В., Тагиров Р.Р., Шаймухаметов Р.Р.

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ
КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ----- 99**

Брюхин С.Г.

ЛАЗЕРНЫЙ СКАНЕР TRIMBLE X9 ----- 104

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ И МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Афонин Ф.К., Складов Д.Ф.

Государственное казенное учреждение Новосибирской области «Центр цифровой трансформации Новосибирской области»

В 2013 году разработана и введена в эксплуатацию региональная геоинформационная система Новосибирской области (далее – РГИС НСО), оператором которой является Министерство цифрового развития и связи Новосибирской области.

РГИС НСО представляет собой единое информационное и технологическое пространство для взаимодействия исполнительных органов государственной власти, органов местного самоуправления, территориальных ведомств и подведомственных им учреждений и представляет инструменты обмена, анализа пространственных данных региона, а также публикацию их на общедоступных ресурсах.

Программный комплекс РГИС НСО позволяет хранить и обрабатывать порядка 5900 слоев базовых и отраслевых пространственных данных и обеспечивать доступ органов власти, граждан и организаций к единым пространственным данным на всей территории Новосибирской области.

Структура РГИС НСО включает ГИС-портал, настольное и мобильное приложения, содержит 58 ведомственных и 13 публичных ГИС-приложений, которые предоставляют полный набор инструментов для работы с пространственными данными, а также возможность публикации в сети Интернет электронных интерактивных карт.

В РГИС НСО зарегистрированы более 3230 пользователей – специалистов органов власти и местного самоуправления Новосибирской области. Пространственные данные актуализируются совместными усилиями оператора РГИС НСО и сотрудников органов государственной власти и местного самоуправления Новосибирской области.

Настольное приложение РГИС НСО включает ведомственные геоинформационные системы органов власти: «Реестр лесов», «Мониторинг объектов животного мира», «Реестр объектов культурного наследия» и другие.

Для взаимодействия с органами местного самоуправления заключены Соглашения об информационном взаимодействии с использованием функциональных возможностей РГИС НСО в части осуществления деятельности, связанной с исполнением полномочий по управлению муниципальным имуществом и земельными участками.

Реализация интеграционных механизмов на основе протоколов SOAP и REST позволяет обмениваться данными РГИС НСО с иными информационными системами: Государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности Новосибирской области (ГИСОГД НСО), Федеральная государственная информационная система «Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных» (ФГИС ЕЦП НСПД), Федеральный инвестиционный портал, цифровая платформа «Озеро данных» МЧС.

Сервисы геокодирования и маршрутизации РГИС НСО также используют информационные системы экстренных служб (Служба 112), иные информационные системы органов власти и местного самоуправления Новосибирской области.

В качестве демонстрации эффективного применения РГИС НСО в интересах органов государственной власти региона представим решение задачи автоматизации выявления пересечений земель лесного фонда с землями иных категорий посредством ведомственного ГИС-приложения Министерства природных ресурсов и экологии Новосибирской области «Реестр лесов» в рамках «Лесной амнистии».

Федеральным законом от 29.07.2017 №280-ФЗ предписано проведение мероприятий, направленных на устранение пересечений земельных участков с землями лесного фонда. «Лесная амнистия» предусматривает устранение противоречий в сведениях государственных реестров, установление принадлежности земельных участков к определенной категории земель, защиту прав граждан, чьи участки пересекаются с землями лесного фонда. «Лесная амнистия» находится на стыке Лесного и Земельного кодексов Российской Федерации и является одним из наиболее болезненных вопросов в рамках регулирования имущественных и земельных отношений.

Приведение в соответствие границ земель лесного фонда и земель иных категорий зачастую связано с исполнением полномочий по распоряжения недвижимым имуществом органами муниципального самоуправления и органами государственной власти субъектов Российской Федерации, а также решения вопросов социального значения.

Сравнение планов мероприятий до и после автоматизации процессов представлено на рисунке 1.

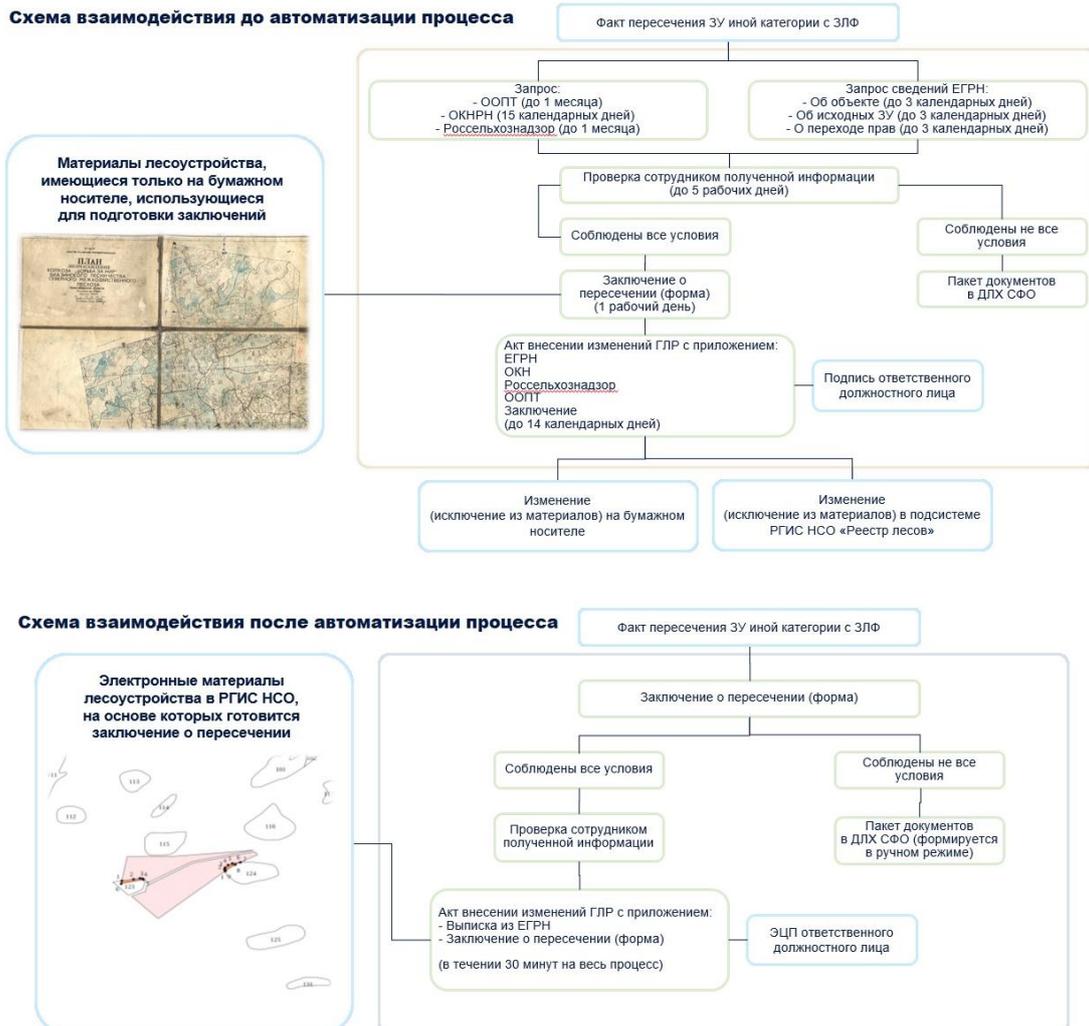


Рис. 1. Сравнение планов мероприятий до и после автоматизации процессов

Одним из главных факторов, снижающим эффективность работы, являлось использование материалов лесоустройства в бумажном виде, поэтому первоочередной задачей Министерства природных ресурсов и экологии Новосибирской области стала оцифровка материалов лесоустройства с координатным описанием границ.

ГИС-приложение «Реестр лесов» позволило объединить в электронном виде материалы лесоустройства, включая границы лесничеств, сеть лесных кварталов, таксационное описание выделов, и сведения Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) о земельных участках на территории Новосибирской области. Технически задача выявления пересечений была решена путем автоматизированных расчетов поиска пересечений между полигонами границ земельных участков и таксационных выделов. По результатам расчетов формируется набор полигонов, представляющих границы непосредственно пересечений, содержащих сведения о таксационных выделах и пересекающих их земельных участках. На основании полученных сведений в автоматическом режиме формируется пакет документов, необходимых для внесения изменений в государственный лесной реестр (ГЛР) в соответствии с Федеральным законом от 29.07.2017 № 280-ФЗ.

Внедрение технологии автоматизации процесса выявления пересечений и подготовки документов в период с 2019 по 2023 годы позволило более чем в 23 раза увеличить количество ежегодно обрабатываемых земельных участков, сократив при этом более чем в 10 раз время, необходимое на проведение подготовительных работ. На сегодняшний день сотрудники Министерства природных ресурсов и экологии Новосибирской области (МПР НСО) затрачивают на обработку 1 пересечения не более 3 дней. При этом скорость обработки пересечений может быть дополнительно увеличена за счет снижения времени получения сведений ЕГРН и ГЛР посредством межведомственного взаимодействия. Таким же образом решается основная задача цифровой трансформации лесной отрасли - устранение зависимости от «человеческого фактора» при принятии решения о применении «Лесной амнистии» с помощью РГИС НСО.

На конец 2023 года сотрудниками МПР НСО проанализированы нарушения границ и приняты решения в отношении 4926 земельных участков, что составляет 70,3% от общего числа выявленных нарушений. Из числа проанализированных земельных участков выявлено 1009 земельных участков, которые соответствовали требованиям закона о «Лесной амнистии», из них в отношении 267 земельных участков сведения ГЛР приведены в соответствие с ЕГРН, в отношении остальных земельных участков ведется работа по подготовке актов об изменении документированной информации.

Кроме того, из числа проанализированных земельных участков было выявлено 2054 земельных участков, которые не соответствуют требованиям закона о «Лесной амнистии».

СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КАДАСТРА И ОБЕСПЕЧЕНИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Кудрявцева У.В., Мицевич Л.А.

Топографо-геодезическое республиканское унитарное предприятие «Белгеодезия», г.Минск, Беларусь

Для решения задач кадастра и обеспечения градостроительной деятельности необходима пространственная информация об исследуемой местности. Традиционным методом получения данной информации является выполнение наземной геодезической съемки, результатом которой является топографический план. Применение данных аэрокосмических и съемок позволяет создавать точные фотограмметрические модели территории, которые, в свою очередь, могут применяться для решения различных отраслевых задач с помощью стереотопографических методов.

При расчете занимаемой сооружением площади без возможности проведения полевого обследования и геодезических измерений участка нередко определение параметров объектов проводится по аэроснимку или ортофотоплану. В таких случаях площадь измеряется по контуру крыш, что может значительно превышать реальную площадь здания, измеренную по углам фундамента, и привести к неточностям кадастровой информации. При измерении по ортофотоплану, выполненному в картографических проекциях с коэффициентом масштабирования, отличным от 1.0, количественные характеристики объектов могут значительно отличаться от действительных. Измерение параметров сложных по конфигурации строений и крыш при наземной геодезической съемке также становится затруднительной задачей.

В области градостроительства при выполнении проектирования и расчета естественного освещения на этапе разработки новых или реконструкции существующих архитектурных объектов используется комплекс специализированного программного обеспечения и плагинов, для работы в котором необходимо создание BIM-модели. Создание такой модели требует значительных как временных издержек, так и затрат по бюджету, и предполагает наличие специалиста узконаправленного профиля. Поэтому большинство современных строительных организаций отдают предпочтение традиционным методам в виде чертежей и находят нерентабельным внедрение инновационной разработки.

При использовании фотограмметрических моделей, построенных по данным аэросъемки или космической съемки с учетом отраслевых требований к точности и детализации, появляется возможность достоверных измерений количественных параметров, визуальной оценки состояния объектов, создания проектов для отраслей строительства и архитектуры.

С применением ориентированных стереомоделей становится возможным определение и исправление кадастровых ошибок без необходимости проведения полевых работ и геодезических изысканий.

Числовая и графическая информация об объекте может быть получена дистанционно, когда объект недоступен для человека или находится в среде, опасной для жизни.

При наличии проекта по реконструкции объектов недвижимости такие количественные показатели, как периметр, площадь, вертикальные размеры и т. п., необходимые для выполнения оценки объема затрат на проведение реконструкционных работ также могут быть определены по результатам стереофотограмметрических методов измерений.

Использование стереомодели позволяет в камеральных условиях выполнить оценку потенциальных территорий для проекта застройки. В стереомодели участка земной поверхности, выбранного для строительства, предоставляется возможность проектирования естественного освещения строительных объектов при помощи моделирования падения солнечных лучей в заданное время и дату. Функция векторизации позволяет создавать точные модели зданий с возможностью оперативного изменения их конфигурации с учетом естественного рельефа местности. Для работ не требуется установка дополнительного комплекса программных продуктов. Таким образом, очевидными преимуществами методов измерения и трехмерного моделирования объектов в стереомодели являются существенная экономия времени и стоимости работ.

Для построения стереофотограмметрических моделей использована цифровая фотограмметрическая система (ЦФС) «PHOTOMOD» (Ракурс, РФ), которая позволяет решать весь спектр задач от сбора данных для построения сетей фототриангуляции до трехмерного моделирования объектов. С использованием инструментов цифровой стереофотограмметрической системы (ЦСФС) «ИНСОТ» (УСГИК, РФ) достигается оптимальный переход между стереопарами и их автоматический подбор, что позволяет просмотреть объект с различных ракурсов и провести измерения внешних контуров сооружений с высокой достоверностью в камеральных условиях.

При выполнении пространственных измерений по стереомодели и расчете количественных показателей объектов также учитываются параметры уклона, что позволяет получить наиболее точные пространственные данные.

В зависимости от поставленных задач по выполнению измерений, стереофотограмметрические модели могут быть созданы с различной заданной точностью.

На примере местности с сельскохозяйственной застройкой по стереомодели были проведены измерения площади объектов строительства двумя способами (таблица 1):

- по периметру фундамента строения – в стереорежиме;
- по периметру крыши с коньком – по ортофотоплану.

Таблица 1

Измерения площади объектов

Объект, № п/п	Площадь по фундаменту, м ²	Площадь по коньку крыши, м ²	Разница в измерениях, м ²
1	204,60	239,29	34,69
2	104,13	135,52	31,39
3	152,38	194,06	41,68
4	130,01	157,07	27,06
5	107,00	134,83	27,83
6	229,11	296,79	67,68
7	344,96	379,74	34,78
8	89,54	111,43	21,89
9	123,79	133,44	9,65
10	37,29	53,85	16,56

Из измерений видна разница в площадях строений от 9,65 до 67,68 м², что может существенно исказить кадастровую информацию об объектах.

На рисунке 1 представлена разница измерений по фундаменту и по коньку крыши, где синим полигоном обозначена измеренная площадь по ортофотоплану; красным – при помощи стереомодели.

В целях демонстрации возможности проектирования естественного освещения строительных объектов с помощью функции векторизации смоделирован жилой квартал, объекты которого имеют разную высоту. Все векторные объекты проекта являются мобильными, что способствует вариативности выбора плана застройки.

Для данной задачи выбраны дни зимнего и летнего солнцестояния – 22 декабря и 22 июня (рисунок 2).



Рис. 1. Разница измерений по фундаменту и по коньку крыши

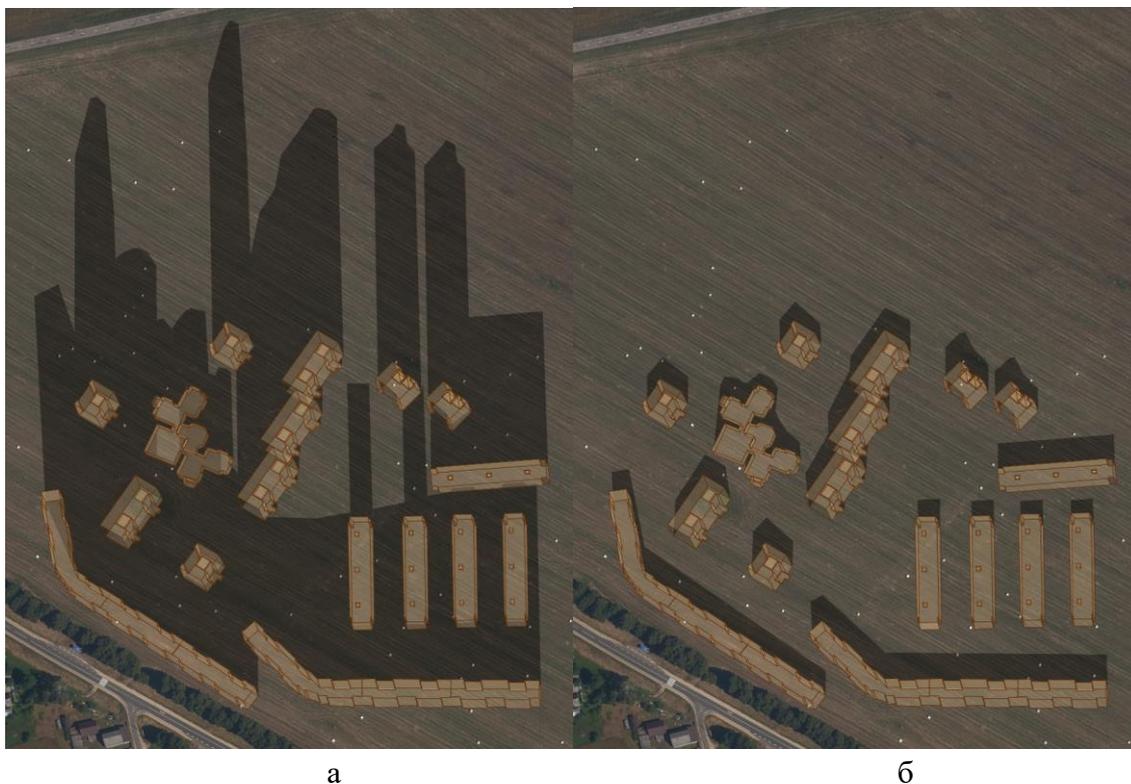


Рис. 2. Освещение квартала 22 декабря (а) и 22 июня (б) в 12:00

Следуя вышеизложенному, можно сделать вывод, что при современном уровне развития аэрокосмосьемочных технологий и фотограмметрических методов обработки

пространственных данных становится рентабельным решение инженерных задач, ранее требующих существенных трудозатрат на полевые работы и применение комплекса программных продуктов. При учете требований к решению задач проектирования, реконструкции и определения параметров объектов строительства, стереофотограмметрические методы могут применяться со значительным улучшением качества результатов и снижением затрат на производство работ.

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИМАСШТАБНОЙ КАРТЫ НА ОСНОВЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Бабура Н.П.

Топографо-геодезическое республиканское унитарное предприятие «Белгеодезия», г.Минск, Беларусь

С древнейших времен через рисунки и графические символы человек пытался визуализировать окружающую его местность на скалах, дереве, бумаге. Средневековые карты – это уже настоящие художественные произведения с перспективными рисунками местности, где картографы заполняли леса рисунками деревьев и животных, обжитые территории – фигурками людей. Совершенствование условных знаков и способов их изображения способствовало повышению информативности бумажной карты, которая долгие годы является единственным источником географической информации.

С развитием цифровых технологий на смену бумажным картам приходят базы пространственных данных и цифровые карты. В начале 1980-х гг. в СССР (с 1985 г. в государственном предприятии «Белгеодезия») начинается переход на цифровое картографирование территории. Внедрение геоинформационных технологий обеспечивает увеличение объема информации, основанной на данных с географической привязкой. Это происходит и в различных отраслях экономики (транспорте, гидрометеорологии, лесоустройстве, статистике и т. д.). Однако работы выполнялись по разным требованиям и часто дублировались. Пространственные данные не всегда были согласованы между собой, требовалась координация деятельности по созданию пространственных данных.

13 декабря 2021 года в Закон Республики Беларусь от 14 июля 2008 года № 396-З «О геодезической и картографической деятельности» внесены изменения в отношении правового регулирования создания, функционирования и развития Национальной инфраструктуры пространственных данных (далее – НИПД) и определены основные термины, такие как НИПД, сервисы, базовые и тематические наборы пространственных данных, метаданные о них.

Государственной программой «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы предусмотрено развитие НИПД в части создания Национального геопортала Республики Беларусь. Национальный геопортал станет системой, которая будет выполнять функцию общей точки доступа к сервисам НИПД посредством глобальной компьютерной сети Интернет, обеспечивающей пользователям поиск и доступ к наборам пространственных данных по их метаданным. Предполагается, что на нем будут представлены пространственные данные и метаданные о них, владельцами которых являются государственные органы и государственные организации Республики Беларусь. Национальный геопортал начнет функционировать с 1 января 2026 г. Оператором определено государственное предприятие «Белгеодезия».

В рамках создания Национального геопортала актуален переход на национальную картографическую основу. В первую очередь необходимо в полном объеме покрыть картографическими материалами территорию Республики Беларусь. Базовым принят масштаб 1:10 000. На территории городов и крупных населенных пунктов покрытие будет состоять из цифровых топографических планов населенных пунктов (далее – цифровых планов), на межселенные территории – из картографических слоев земельно-информационной системы. Для масштабов 1:50 000–1:1 000 000 будут использоваться государственные цифровые топографические карты (далее – цифровые карты).

При этом следует отметить, топографические карты в Республике Беларусь относятся к информации ограниченного распространения. В первую очередь были определены правовые основы по использованию и предоставлению картографической продукции. Перечень пространственных данных, распространение и (или) предоставление которых ограничено и которые не подлежат открытому опубликованию (далее – Перечень) утвержден Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16 января 2024 года «О создании и функционировании Национальной инфраструктуры пространственных данных».

Цифровые карты и планы в Республике Беларусь создаются средствами ГИС Панорама с 2001 года. Цифровыми картами масштабов 1:50 000–1:1 000 000 в формате SXF покрыта вся территория. Состояние местности цифровых карт различно. Доля актуальных цифровых карт масштаба 1:50 000 составляет 91 %, цифровых карт масштаба 1:500 000 – 17 %. Цифровые карты масштаба 1:1 000 000 не актуальны, они созданы по аналоговым топографическим картам последнего обновления 1980-х годов.

Использование материалов во множестве масштабов способствовало закреплению названия цифровой картографической основы, как мультимасштабная карта.

Создание мультимасштабной карты состоит из нескольких этапов.

На первом этапе проведено согласование единой цветовой палитры и легенды с сохранением подобия топографическим картам, т.к. основными пользователями будут специалисты, которые работали с традиционными топографическими картами. Цветовая палитра для экранного дизайна разработана на основе цветовой шкалы, установленной действующими условными знаками. Для удобства восприятия картографической информации на экране компьютера количество цветов увеличено до 64. В незначительной степени изменены размеры и внешний вид условных знаков.

На втором этапе проводится унификация цифровых карт и планов, созданных до перехода на СТБ 1753–2016 «Цифровые карты местности. Правила цифрового описания картографической информации». Изменения в цифровом описании ряда объектов цифровых карт и планов, с точки зрения геометрических построений условных знаков, и объединение кодов потребовали приведения цифровых карт и планов к единому классификатору. В действующих классификаторах объединены в один код пояснительные подписи и подписи характеристик.

На следующем этапе, после утверждения Перечня, приступили к приведению цифровых карт и планов к открытому опубликованию. Завершение данных работ запланировано к концу 2024 года.

Одновременно проводятся работы по созданию отмывки рельефа для каждого масштаба.

Отрабатывается технология создания web-сервисов GIS WebServis SE (КБ «Панорама») для публикации мультимасштабной карты по протоколам WMS и WMTS. Выбор программного обеспечения КБ «Панорама» обусловлен его применением для создания цифровых карт и планов в Республике Беларусь.

В настоящее время цифровая карта – это результат сложного анализа множества картографических, статистических, описательных материалов и материалов дистанционного зондирования Земли. Наличие информации об объектах местности делает их востребованными для изучения свойств интересующей территории и принятия эффективных решений в различных сферах научной, общественной, хозяйственной и оборонной деятельности. Выполненные работы выявили проблемы и поставили новые задачи, которые требуют дальнейшего исследования.

В первую очередь следует отметить, что использование архивных цифровых карт обозначило проблему сводок смежных листов. Из-за разности лет не сводятся важные объекты местности. Возникает необходимость мониторинга мультимасштабной карты с установлением перечня объектов местности. На сегодняшний день есть однозначное понимание, что в него должны войти те объекты местности, изменение или исчезновение которых, может повлиять на принимаемые по карте решения. Прежде всего, это государственная граница, населенные пункты, автомагистрали, другие автомобильные дороги международного и республиканского значения, судоходные реки и каналы, наименования географических объектов и т.п.

После этого следует определить форму проведения мониторинга мультимасштабной карты. Будет сформировано единое геоинформационное пространство, в котором информацией об объектах местности будет представлена в безразрывном виде, или будут сохранены принципы традиционных топографических карт с полистовым содержанием.

При приведении цифровых карт и планов к открытому опубликованию основное затруднение вызывает разгрузка подписей, которую приходится выполнять вручную. При наличии пространственно-логических связей между подписями и объектами, к которым они относятся, этот процесс можно было бы автоматизировать. Поэтому предстоит пересмотреть целесообразность установления пространственно-логических связей при создании цифровых карт и планов.

Создание и мониторинг мультимасштабной карты является перспективным направлением в развитии географических информационных систем. Мультимасштабная карта может использоваться как национальная картографическая основа для информационных ресурсов, создаваемых в Республике Беларусь.

Технология ведения Государственного каталога наименований географических объектов Республики Беларусь (далее – Каталог) устарела и требует совершенствования, в настоящее время он ведется в табличном виде с косвенной привязкой географических объектов к местности. Рассматривается вопрос перевода сведений Каталога в формат географической информационной системы на основе мультимасштабной карты.

Еще одно направление – это объединение ведения государственного географического информационного ресурса «Дежурная справочная карта Республики Беларусь» с мониторингом мультимасштабной карты, что позволит расширить функциональные возможности данных ресурсов.

Литература

1. Закон Республики Беларусь от 14 июля 2008 г. № 396-З "О геодезической и картографической деятельности".
2. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16 января 2024 года «О создании и функционировании Национальной инфраструктуры пространственных данных».
3. СТБ 1753–2016 «Цифровые карты местности. Правила цифрового описания картографической информации».

ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Трофимчук В.Н., Витязев С.А., Гуреева С.С.

Департамент информационных технологий и связи ЯНАО, г. Салехард

Информационная система

ЯНАО «Мониторинг и контроль содержания объектов и территорий» (МИКСОТ)

Система построена на базе отечественных прикладных программных комплексов ActiveMap GIS и AutoMap GS (в 2022 году ПК AutoMap GS включен в состав ПК ActiveMap GIS, как подсистема).

Постановлением Правительства ЯНАО от 30 июня 2023 года № 529-П принято что мониторинг и контроль содержания объектов и территорий в Ямало-Ненецком автономном округе осуществляется с помощью информационной системы МИКСОТ и этим же постановлением Система введена в эксплуатацию.

Система предназначена для осуществления планирования, управления, мониторинга и автоматизированного контроля результатов по выполненным работам в сфере ЖКК, содержания УДС, автомобильных дорог, объектов благоустройства и дворовых территорий за счет работы в едином информационном пространстве.

На данный момент в Системе организовано 8 кластеров + 2 (8 городов, Рег. операторов ТКО и Региональные ОГВ). Реализовано 13 направлений (задач) по содержанию объектов и территорий

Заведено 99 организаций, 1215 пользователей, в том числе – 442 сотрудника, 773 – транспортных средств.

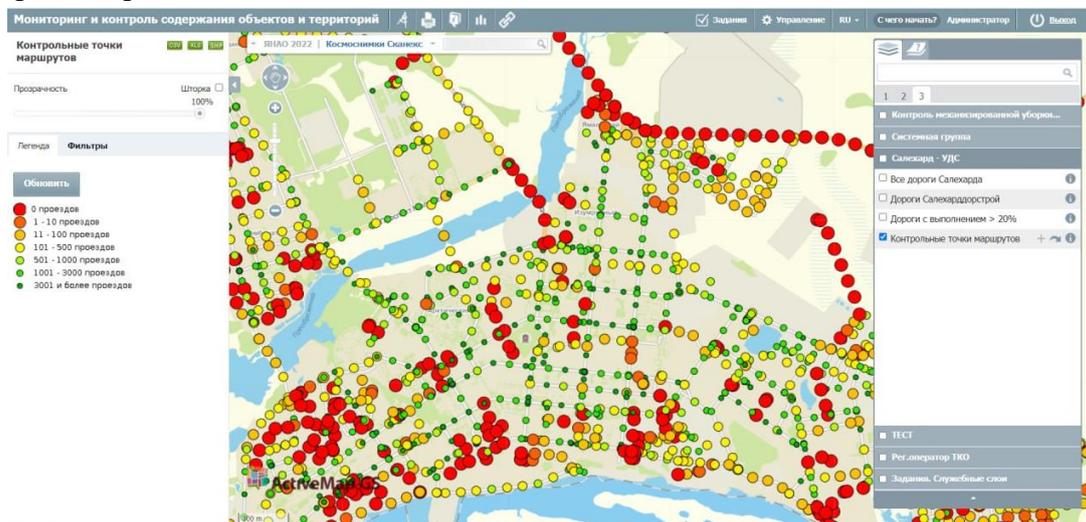


Рис. 1. Аналитика исполнения контрактов

Планы по развитию Системы:

1. Тиражирование решения к 8 МО + 2.
2. Проведение тестирования и ввод в эксплуатацию формирования отчетной документации по исполнению МК в электронном виде (формирование и вывод на печать электронного журнала производства работ по форме Заказчика и возможность загрузки журнала в систему закупок). Применение ЭЦП при приеме работ.

3. Создание и внедрение нового программного компонента (модуля) для Системы, специально создаваемого для эффективной реализации алгоритмов обработки данных, используемых в технологиях искусственного интеллекта, с целью автоматизации проверки надлежащего исполнения Контракта.

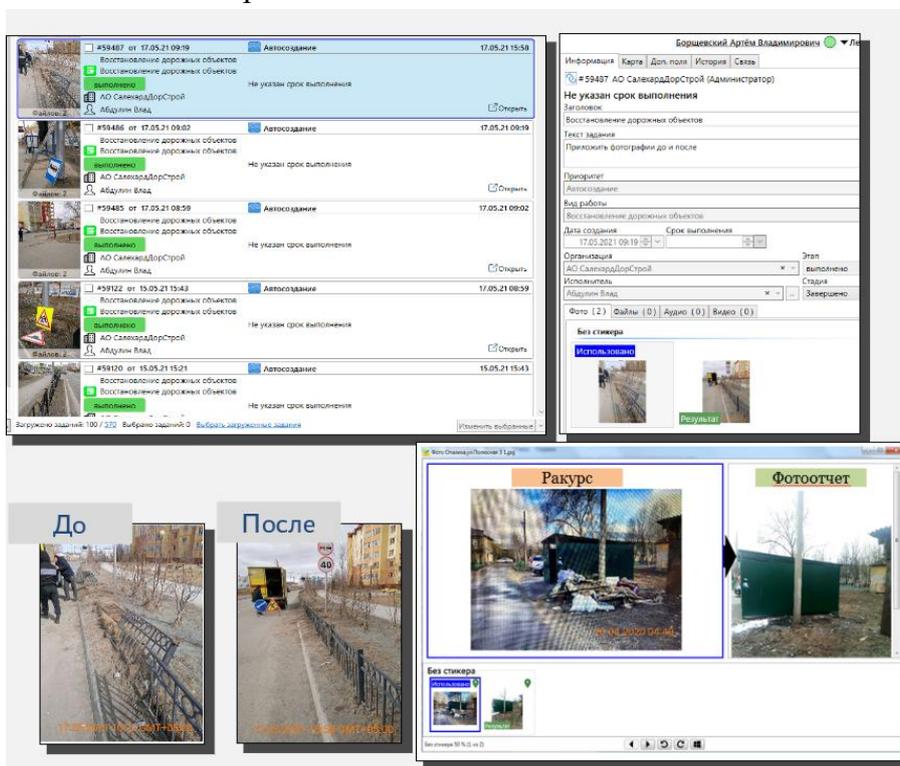


Рис. 2. Постановка задач в приложении

В ЕКС функционирует геосервис «Уборка улично-дорожной сети» для информирования населения о планах уборки УДС и их исполнения, а также о наличии работающей дорожной техники в городе.

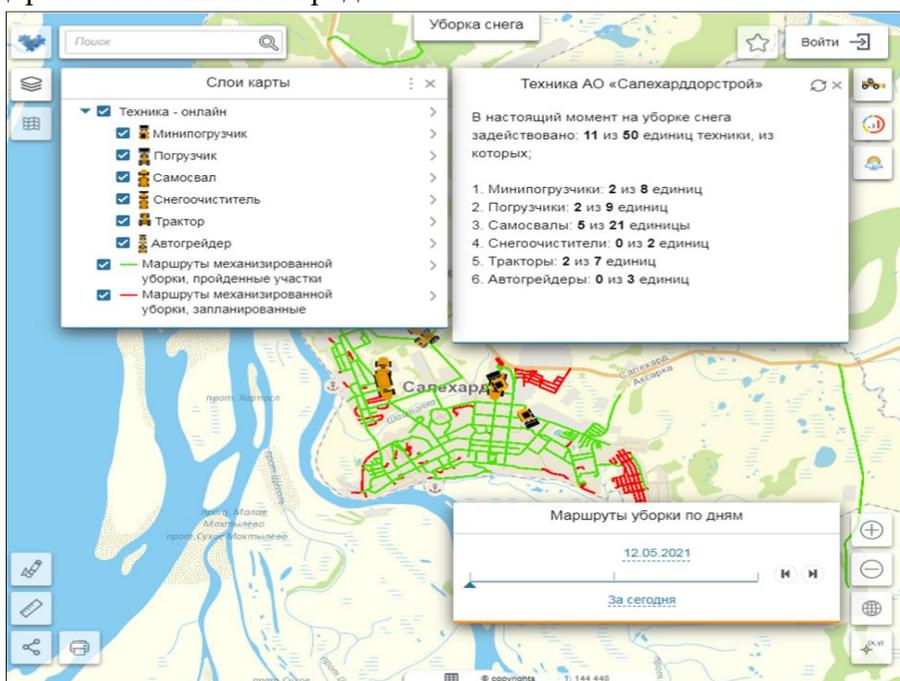


Рис. 3. Геосервис «Уборка улично-дорожной сети»

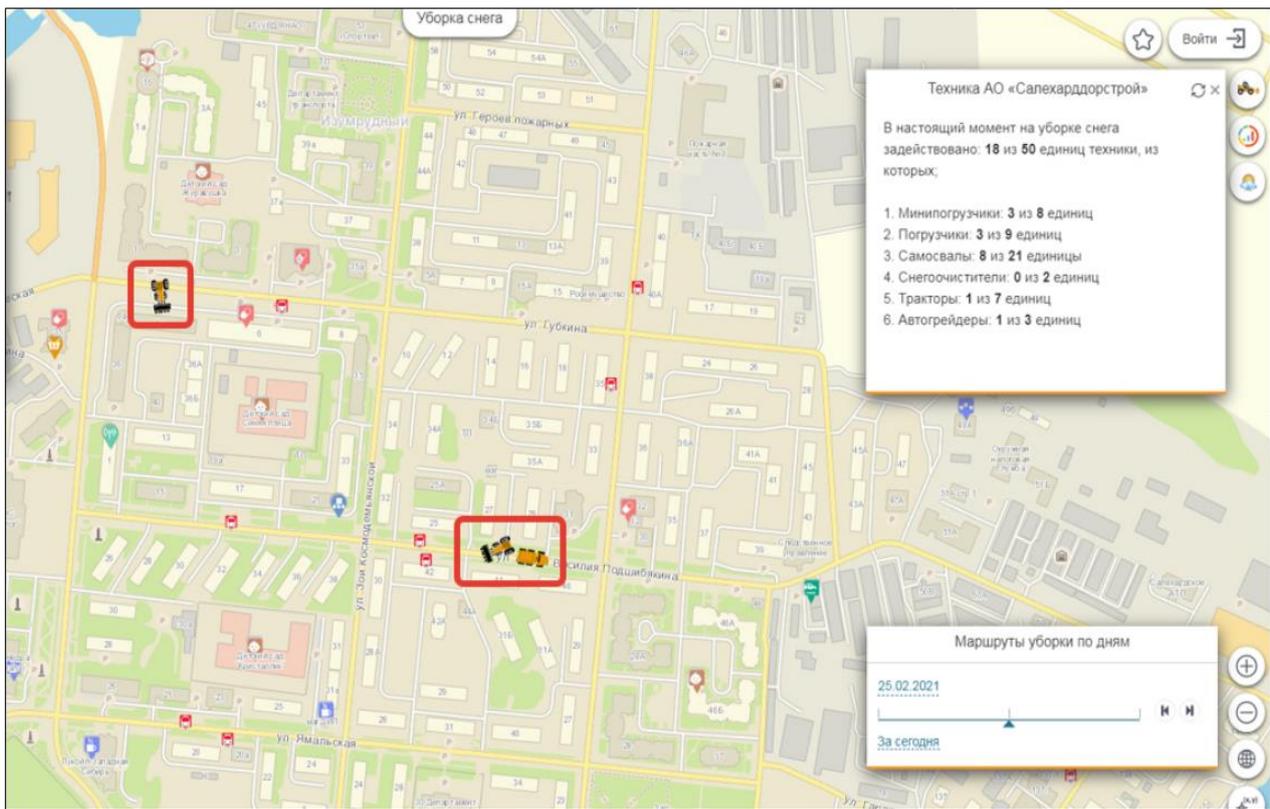


Рис. 4. Геосервис «Уборка улично-дорожной сети»

Единая картографическая система Ямало-Ненецкого автономного округа (ЕКС)

ЕКС - Единая Картографическая Система Ямало-Ненецкого автономного округа, основное место консолидации пространственных данных в регионе, место разработки геосервисов. Геоинформационная технология для работы с данными, а особенно после ввода полезных сервисов стал незаменимым помощником для принятия управленческих решений.

Интерактивных карт – более 150+

Геосервисы (ГС) на основе геоданных – 11+

Слоев геоданных – 500+

Авторизованных пользователей – 1500+ (ИОВ, ОМСУ и подведомственные им)

Популярные геосервисы:

- Выдача разрешений на посещение ООПТ
- Благоустройство муниципальных территорий
- Сервис «Пересечений»
- Общественный земельный контроль
- Реестр свалок ЯНАО
- Реестр средств видеонаблюдения
- Экологические риски при нефтеразливах
- Водный транспорт
- Ледовая обстановка

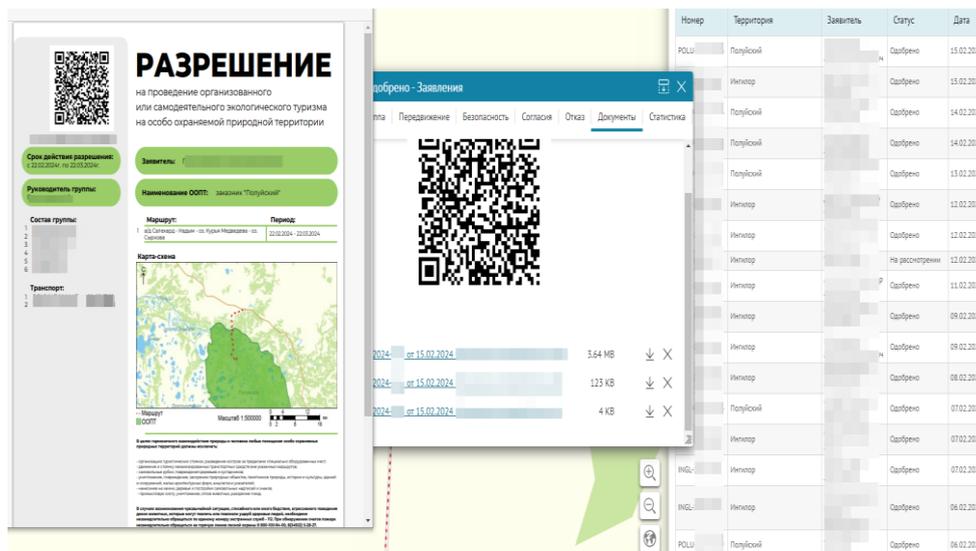


Рис. 5. Популярный геосервис «Выдача разрешений на посещение ООПТ»

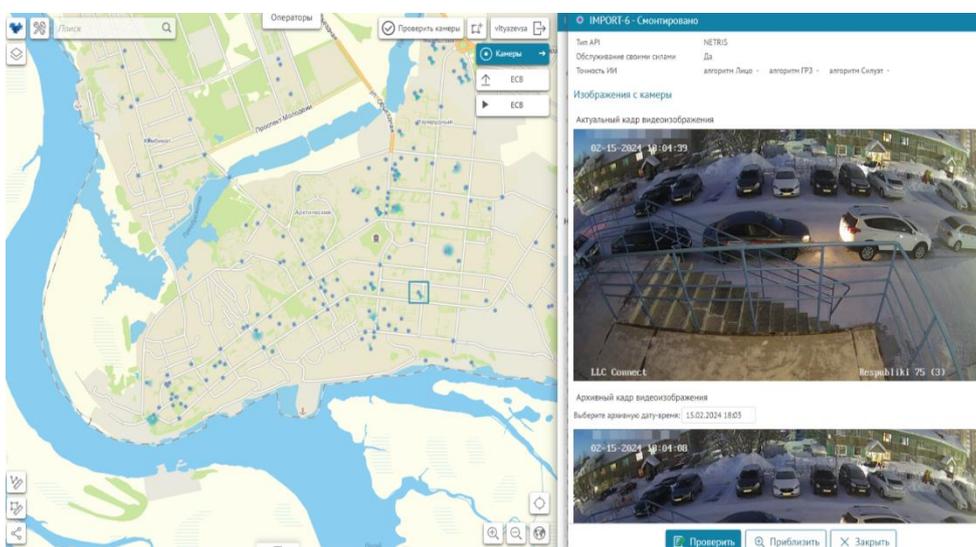


Рис. 6. Популярный геосервис «Реестр средств видеонаблюдения»

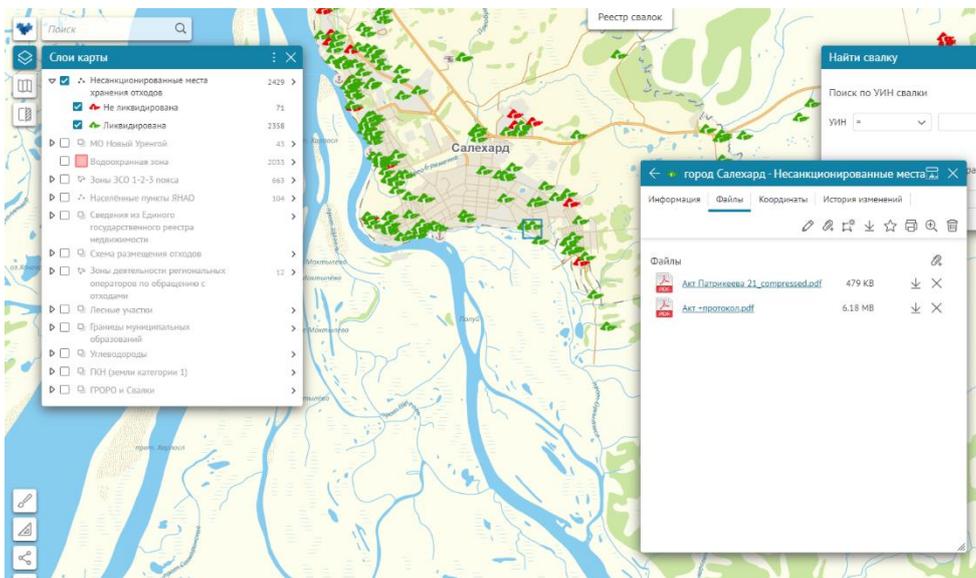


Рис. 7. Популярный геосервис «Реестр свалок»

По просьбе муниципальных образований в 2025 году планируется внедрение геосервис «Ритуал» для поиска мест захоронения и организации ритуальных услуг, достигнутым эффектом будет автоматизация процесса планирования участков под захоронение, а также сокращение оформления документов на погребение в два раза.

Кроме того, к вводу планируется такие геосервисы как результаты аэрофотосъемки, мониторинг инфраструктуры мест проживания инвалидов, подготовка и утверждение проектной документации лесного участка (ПДЛУ).

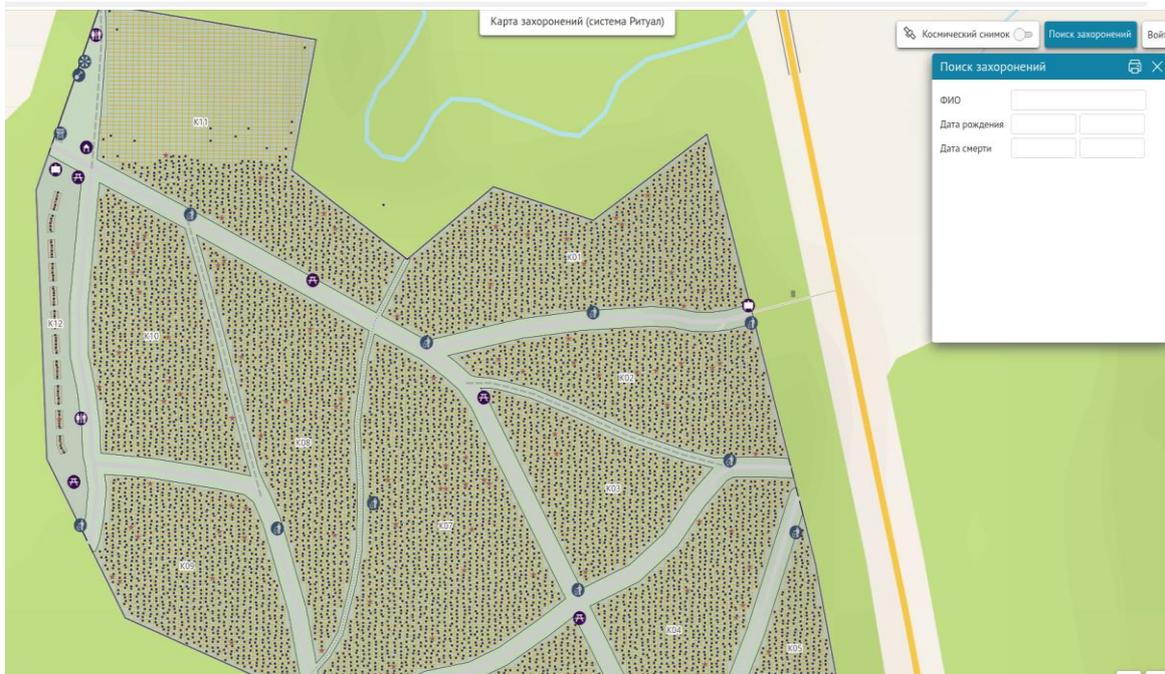


Рис. 8. Планируемый к вводу ГИС «Ритуал»

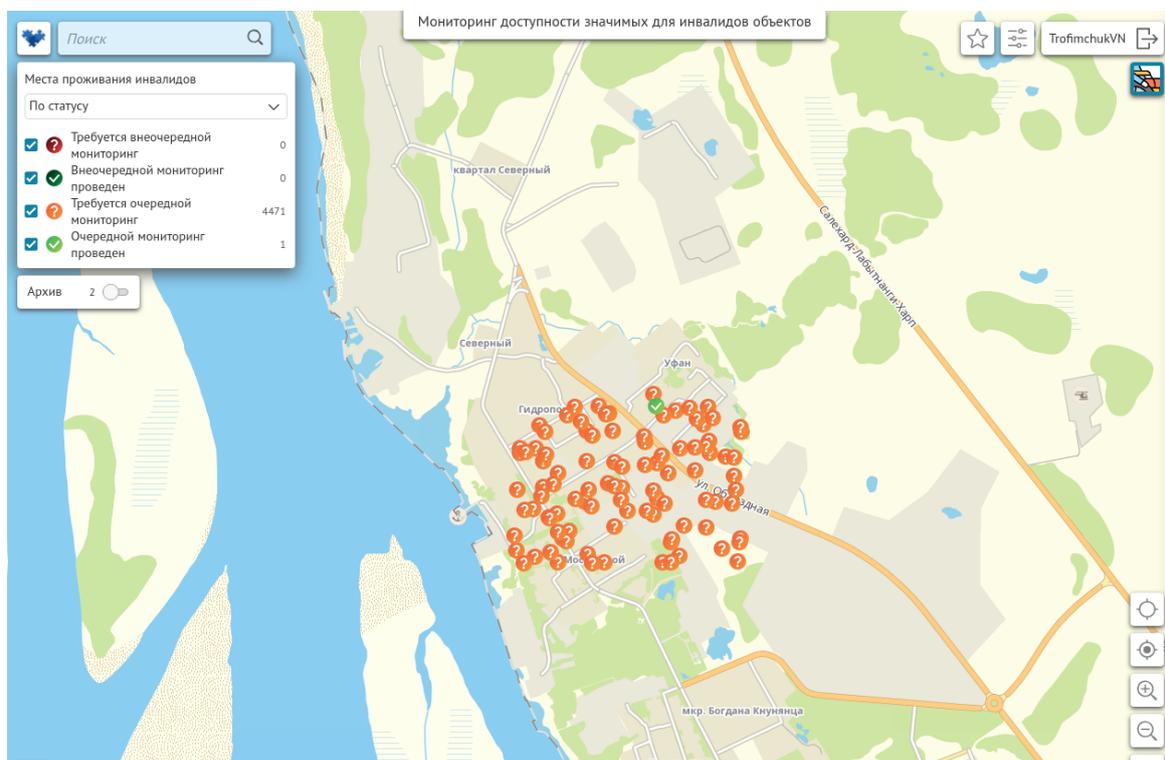


Рис. 9. Планируемый к вводу геосервис «Мониторинг инфраструктуры мест проживания инвалидов»

Региональный фонд пространственных данных (РФПД)

С 1 апреля вступили в силу изменения в законодательстве, которые затронули органы местного самоуправления. Проведена работа по инвентаризации материалов за 5 лет. Точкой входа - актуализация сведений ЕЭКО, что является уровнем федерального масштаба. В связи со значительным увеличением данных в РФПД возникает острая потребность в оцифровке процесса и снижения трудозатрат фондодержателя и обеспечение свободного доступа ОИВ, ОМСУ, организаций и граждан к пространственным данным. Данный сервис позволит вести учет, консолидировать данные созданные за счет средств окружного бюджета, визуализировать, размещать, хранить и самое главное интегрировать данные на тематические сервисы и карты ЕКС ЯНАО. Фондодержатель - подведомственное учреждение ГКУ «Ресурсы Ямала».

В 2025 году планируется ввод в промышленную эксплуатацию минимально жизнеспособного продукта (MVP) - Портал пространственных данных на геоплатформе ЕКС.

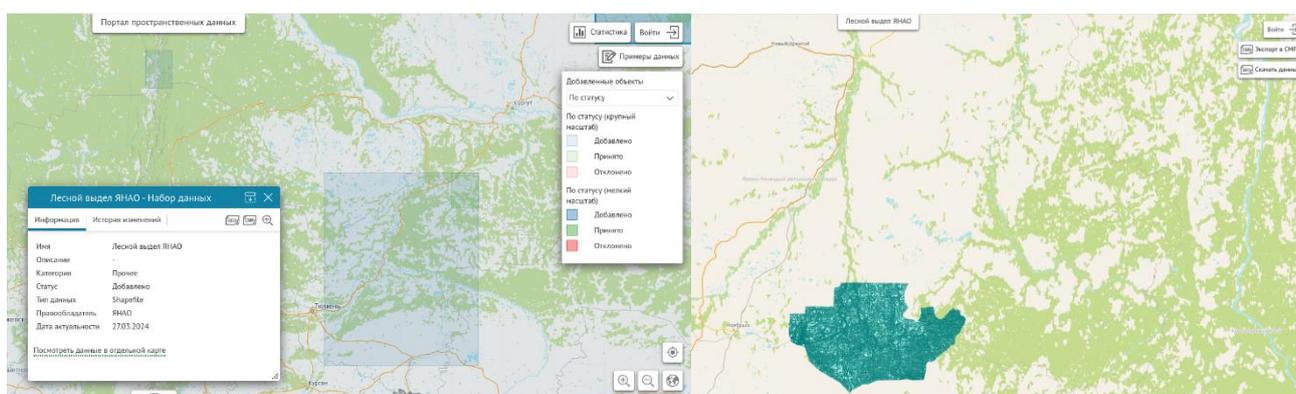


Рис. 10. Портал пространственных данных на ЕКС

Система высокоточного позиционирования (СВТП)

15 действующих станций (радиус приема 100 км от станции), более 45 заключенных контрактов, 10 органов власти в Системе. Для ОИВ доступ безвозмездный. Помимо стандартного использования в кадастре и строительстве, есть и интересный кейсы использования системы в целях измерения с помощью БПЛА (квадрокоптер с RTK-модулем – приём поправок со станций высокоточного позиционирования в реальном времени) высоту снежного покрова отдельных зданий населенных пунктов департаментом государственного жилищного надзора ЯНАО. СВТП входит в федеральную геодезическую сеть по передаче файлов постобработки в формате RINEX, что требует отдельного внимания к состоянию работоспособности и точности измерений.

Прорабатывается вопрос развития сервиса СВТП. К вводу планируется CRM-система, включающая в себя личный кабинет, автоматизацию процессов и бэк-офис, что существенно ускорит получение доступа к корректирующей информации (прогноз - до 3 дней), глобальная модернизация базовых станций, а так же увеличение площади покрытия и расширения сети.

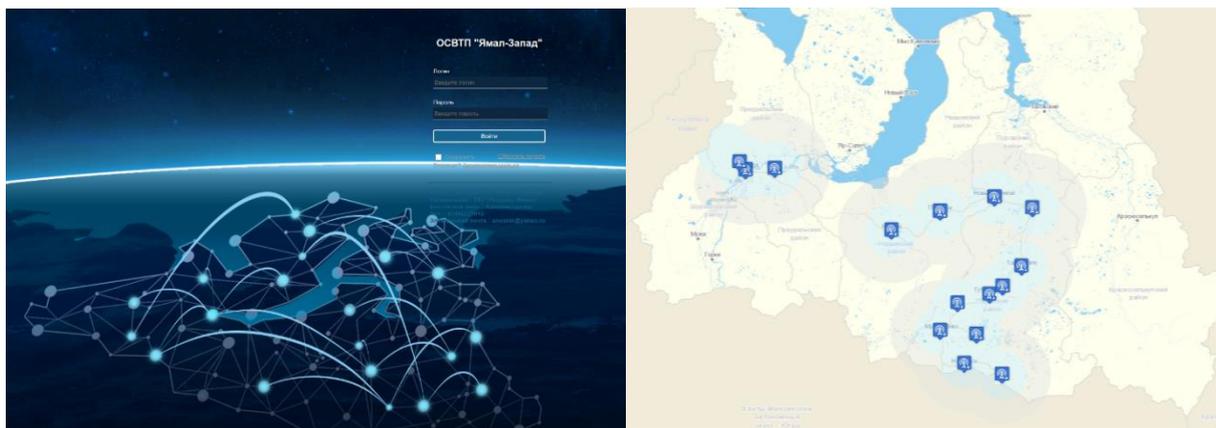


Рис. 11. СВТП ЯНАО

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Королев К.А.

Государственное казенное учреждение Сахалинской области «Региональный градостроительный центр Сахалинской области»

Современное развитие технологий беспилотных авиационных систем позволяет обеспечить органы исполнительной власти, органы местного самоуправления сведениями о состоянии территории.

Плюсами использования беспилотных авиационных систем являются дешевизна работ по сравнению с пилотируемой авиацией и возможность максимальной оперативности проведения аэрофотосъемки.

Также применение в работах беспилотных воздушных судов позволило создавать трехмерные фототекстурированные модели местности и объектов (тайловые модели), которые становятся еще одним шагом и основой к созданию Цифрового двойника территории. На рисунке 1 приведен пример трехмерной фототекстурированной модели местности части территории г. Южно-Сахалинск.



Рис. 1. Пример трехмерной фототекстурированной модели местности

Применение трехмерных фототекстурированных моделей местности в совмещении с иными данными позволяет осуществить качественный переход в визуализации картографической информации. Применение 3D визуализации в сравнении с 2D материалами позволяет:

- увеличить количество информации, возможной к анализу;
- упростить «понимание» карты, так как не требуются специальные навыки по распознаванию и считыванию объектов;
- сочетать и визуализировать информацию о текущем состоянии территории и планируемого развития с применением BIM технологий, а также объектного архитектурного моделирования.

В Сахалинской области имеется одна из ведущих в стране в части наполненности данными Государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (далее – ГИСОГД), деятельность которой осуществляет министерство архитектуры и градостроительства Сахалинской области и ГКУ СО «Региональный градостроительный центр Сахалинской области».

Для решения поставленных задач в области архитектуры и градостроительства, а также расширения использования пространственных данных, в том числе картографических материалов, на другие сферы было принято решение о выполнении масштабной работы по проведению аэрофотосъемки территорий Сахалинской области, создания на основе аэрофотосъемки трехмерных фототекстурированных моделей местности, каркасных моделей объектов и цифровых ортофотопланов, а также платформы, на которой будут визуализироваться двухмерные и трехмерные данные.

В период с 2022 по 2024 годы осуществлена аэрофотосъемка более 1300 квадратных километров территории региона, а с конца 2023 года совместно министерством архитектуры и градостроительства Сахалинской области и ГКУ СО «Региональный градостроительный центр Сахалинской области» с ГК «Геоскан» и ООО «ГЕОКАД плюс» осуществляется создание и развитие платформы «Цифровой двойник градостроительной отрасли Сахалинской области» (далее - платформа «Цифровой двойник»).

Основой для визуализации сведений о местности в 3D режиме являются трехмерных фототекстурированных моделей местности, в 2D режиме цифровые ортофотопланы.

Развитая ГИСОГД является основным поставщиком данных по направлению градостроительства таких как:

- мастер-планы;
- схема территориального планирования региона;
- генеральные планы;
- правила землепользования и застройки и градостроительные регламенты;
- проекты планировки и межевания территории;
- сведения о зонах с особыми условиями использования территории;
- сведения Единого государственного реестра недвижимости;
- материалы инженерных изысканий.

Платформа «Цифровой двойник» позволила впервые в регионе визуализировать двухмерные векторные данные в 3D режиме и совместить эти данные с трехмерными фототекстурированными моделями местности, что позволило открыть новые возможности для пространственного планирования при принятии управленческих решений, а также отслеживать реализацию мастер-планов развития региона и муниципальных образований. Пример совмещения данных о функциональных зонах с трехмерными фототекстурированными моделями местности приведен на рисунке 2.

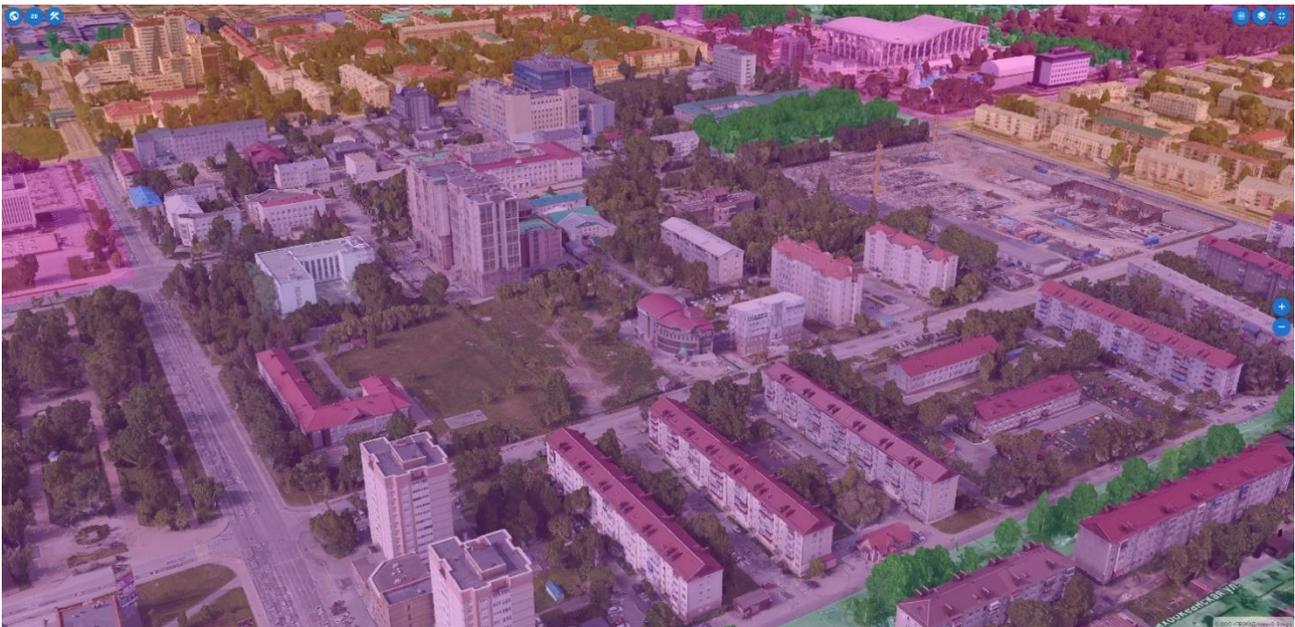


Рис. 2. Совмещение двухмерных векторных данных с фототекстурированными моделями местности

Также одной из задач, которая решается с использованием платформы, стала визуализация архитектурно-градостроительных концепций, которые можно встраивать в трехмерные фототекстурированные модели местности, а также совмещать с векторными данными. Пример визуализации архитектурно-градостроительных концепций приведен на рисунке 3.



Рис. 3. Визуализация архитектурно-градостроительных концепций

Возможность отображения архитектурно-градостроительных концепций помогает оценить качество подготовки самих концепций, определить возможность их реализации в привязке к реальной ситуации на местности, а также наиболее эффективно рассмотреть варианты развития территории и принять итоговое решение.

На основе аэрофотосъемки также осуществлено создание точных каркасных моделей объектов, которые насыщаются семантическими данными по различным направлениям деятельности.

Наиболее полезными источниками информации в отношении объектов являются данные Единого государственного реестра недвижимости и данные регионального Фонда капитального ремонта.

В дальнейшем именно каркасная модель становится связующим звеном между данными различных ведомств, позволяя отслеживать проведение мероприятий в отношении объекта (ремонт, реконструкция, подключение и т.д.) и привязываясь постоянно к одному объекту не дублировать пространственную и семантическую информацию.

На платформе реализован аналитический блок, который позволяет быстро сформировать график и отчет по необходимой форме на основе, содержащейся в базе данных информации, в том числе с помощью сложного SQL-запроса. Пример аналитического графика на основе данных о гидротехнических сооружениях приведен на рисунке 4.

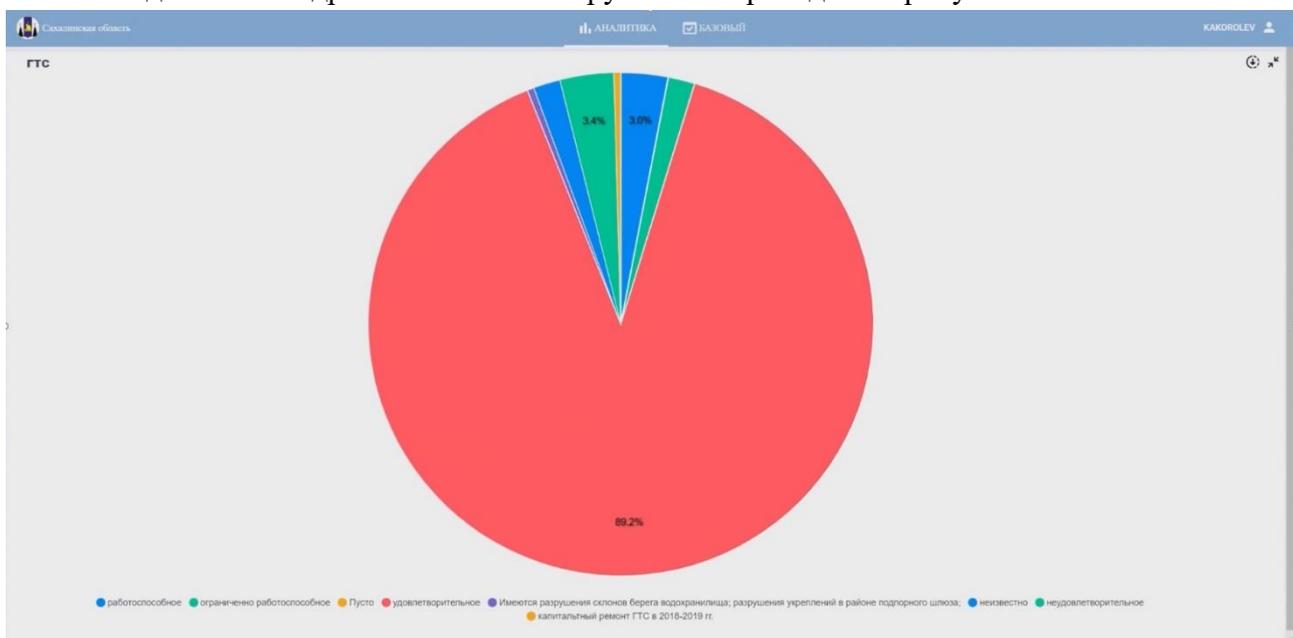


Рис. 4. Пример аналитического графика

На платформе активно тестируется возможность применения технологий искусственного интеллекта для выявления нарушений земельного законодательства Российской Федерации на основе аэрофотосъемки, данных Единого государственного реестра недвижимости и адресных данных.

Также ведется проработка функционала анализа BIM и архитектурных моделей на предмет соответствия требованиям архитектурно-градостроительного облика и функционала прогнозирования.

Важным этапом создания качественной и эффективной системы и залогом её развития является согласованность данных и работа в системе отраслевых органов исполнительной власти, что позволяет пользоваться пространственными данными совместно, а также формировать такие данные для достижения общих целей.

На текущий момент на платформе «Цифровой двойник» уже работает 12 органов исполнительной власти Сахалинской области, а также все органы местного самоуправления.

Реализация на одной платформе функционала визуализации двухмерных и трехмерных данных, аналитического блока, блока контроля и прогнозирования, а также технологий искусственного интеллекта позволит существенно усилить и упростить процесс пространственного планирования, контроля и принятия управленческих решений.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ

Назаров Р.Р.¹, Хузин Р.Р.², Хузин Н.И.²

1.ООО «Эридан»

2.ООО «Карбон Ойл»

Современные методы получения пространственных данных, которые на сегодняшний день доступны профессионалам, позволяют существенно изменить сроки, состав и качество таких данных, что приводит к расширению инструментария современного специалиста маркшейдерской службы. Возможность получения цифровых ортофотопланов, фотограмметрических моделей с использованием цифровой аэрофотосъёмки (ЦАФС), облаков точек лазерных отражений (ТЛО) с использованием технологии воздушного лазерного сканирования (ВЛС) позволяет по-новому подходить к решению многих задач маркшейдерской практики. Особый интерес к данным технологиям проявляют малые нефтяные компании (МНК), нацеленные на оптимизацию затрат в этой части производственного цикла. В представленном докладе рассмотрен пример комплексного получения и использования набора пространственных данных на примере Максимкинского лицензионного участка (ЛУ), площадью 20 кв.км, который эксплуатируется МНК «Карбон Ойл».

Данный участок представляет собой яркий пример объекта, на котором практически невозможно получение пространственных данных с использованием наземных способов (Рисунок 1).

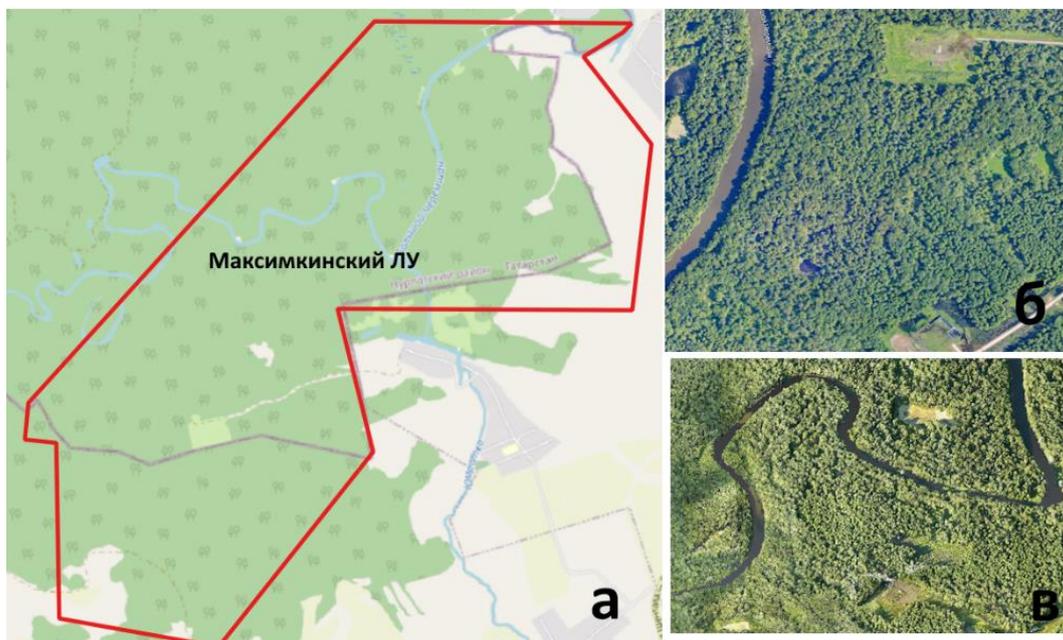


Рис. 1. а) границы ЛУ, б) фрагмент ортофотоплана, в) фрагмент ТЛО ВЛС

Участок расположен в пойме реки, имеет значительные заболоченные участки, общая залесённость около 95%. Для выполнения работ по дальнейшему развитию и освоению данного ЛУ необходимо было получение детальных пространственных данных.

Компанией «Эридан» было предложено использовать наиболее современные и

технологичные методы для получения всего набора пространственных данных включая цифровые ортофотопланы (ЦОФП), цифровые фотограмметрические модели (ЦФГМ), цифровые модели местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР), цифровые топографические планы (ЦТП). Данное предложение было поддержано как председателем совета директоров МНК, так и руководством компании «Карбон Ойл» и руководством компании-проектировщика «Проект МНК».

Сбор пространственных данных осуществлялся с использованием технологий ЦАФС и ВЛС. Цифровая аэрофотосъемка была выполнена АФС комплексом на базе легкого пилотируемого самолёта с использованием координат точных центров снимков, полученных в процессе постобработки. Полученные материалы ЦАФС обеспечивали точность достаточную для картографирования масштаба 1:1000. Полученные материалы ЦАФС позволяют оперативно, в камеральных условиях, решать задачи получения координат, линейных параметров и других характеристик объектов (Рисунок 2).

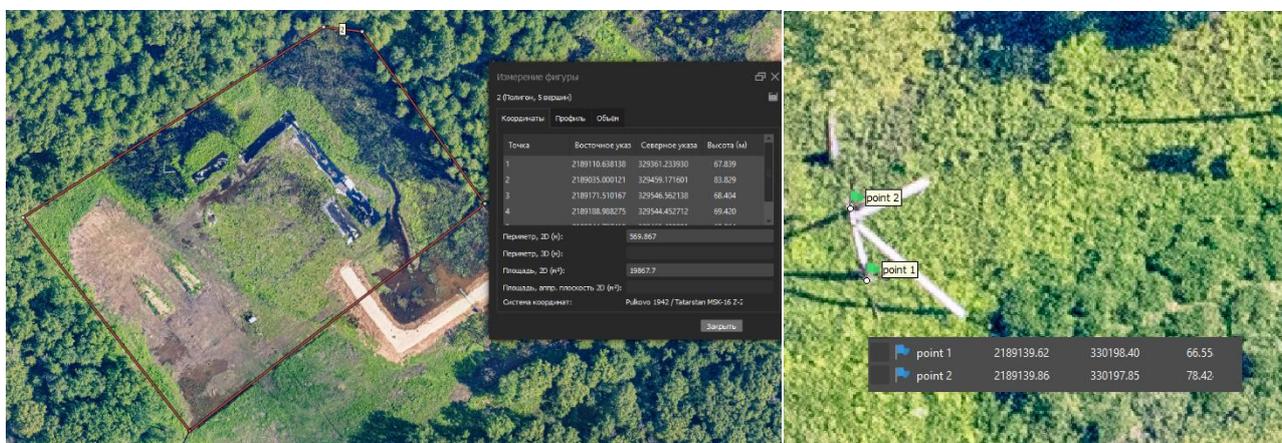


Рис. 2. Получение линейных параметров и измерение высоты опоры на ЦФГМ

Созданные по результатам цифровой ортофотоплан и ЦФГМ являются основой для создания наземной части цифрового топографического плана масштаба 1:1000 (Рисунок 3).

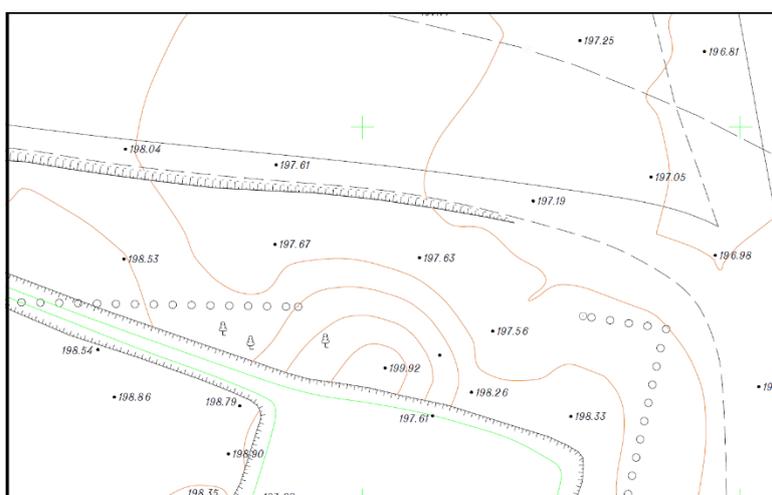


Рис. 3. Фрагмент ЦТП

Кроме того, ЦОФП и ЦФГМ позволяют проводить работ по определению координат характерных точек с необходимой точностью при выполнении землеустроительных работ.

Работы по воздушному лазерному сканированию выполнялись с использованием роботизированного комплекса, состоящего из платформы DJI Matrice 350RTK и лидара AlfaAir 450 (Рисунок 4). Производительность данного комплекса составляет 15–20 кв. км в день в зависимости от сложности логистики объекта и погодных условий.



Рис. 4. Комплекс ВЛС

В результате выполнения ВЛС были получены точки лазерных отражений (ТЛО) для дальнейшей обработки. Общее количество ТЛО на данный участок составило около 3 млрд. точек, средняя плотность ТЛО составила около 140 точек/кв.м, количество точек класса «земля» составило около 287 млн. точек, плотность — 14 точек/кв.м, точность определения высот в пределах 5-6 см. По результатам обработки ТЛО были построены цифровая модель местности (ЦММ), цифровая модель рельефа (ЦМР) и цифровая модель высоты древостоя (ЦМВД) (Рисунок 5).

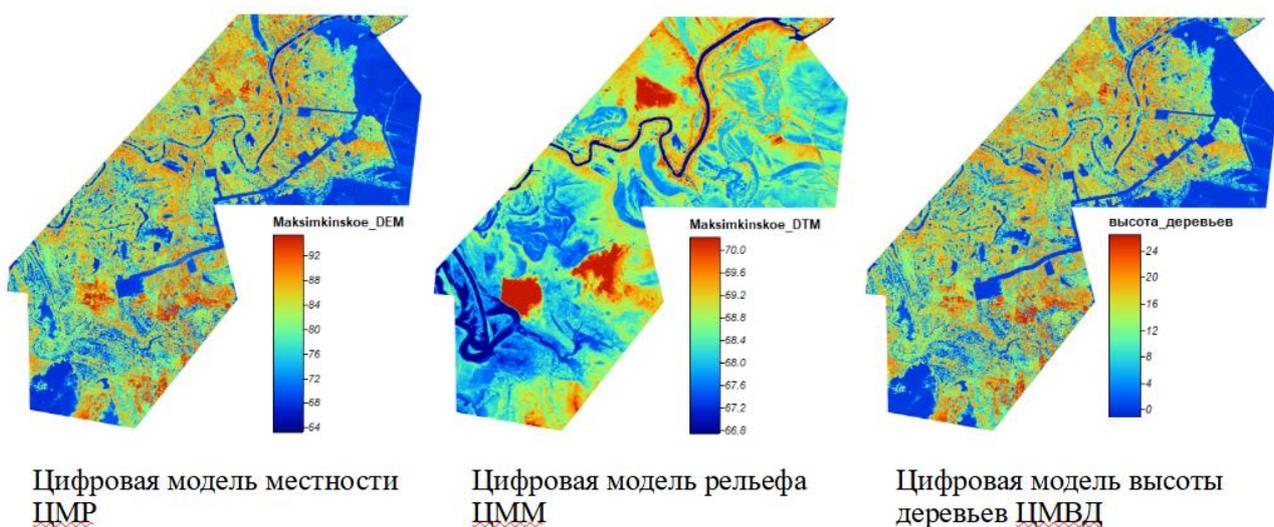


Рис. 5. Результат обработки ТЛО

Комплексный анализ ЦМР, на Рисунке 6 представлена ЦМР в виде типа поверхности (участки коричневого цвета) поверхность земли, позволяет решать следующие задачи:



Рис. 6. ЦМР вида типа поверхности

-получение отметок высот поверхности земли и уреза воды в пределах ЦМР с точностью 5-6 см, построение горизонталей заданной высоты сечения;

-выбор оптимальных участков для проектирования кустов скважин с учетом микрорельефа и объёмов земляных работ, построение детальных профилей при проектировании линейных сооружений;

-выявление заболоченных участков и оценка зон подтопления при наличии сложной гидрологической ситуации и детальное моделирование аварийных ситуаций при разливах нефти (особенно при наличии водоохранных зон), оптимальное проектирование противоаварийных мероприятий и сооружений.

Комплексный анализ данных позволяет, например при планировании вырубок, решать задачу получения оценочных характеристик древостоя на выбранном участке: количество деревьев, высота и диаметр деревьев, объем древесины.

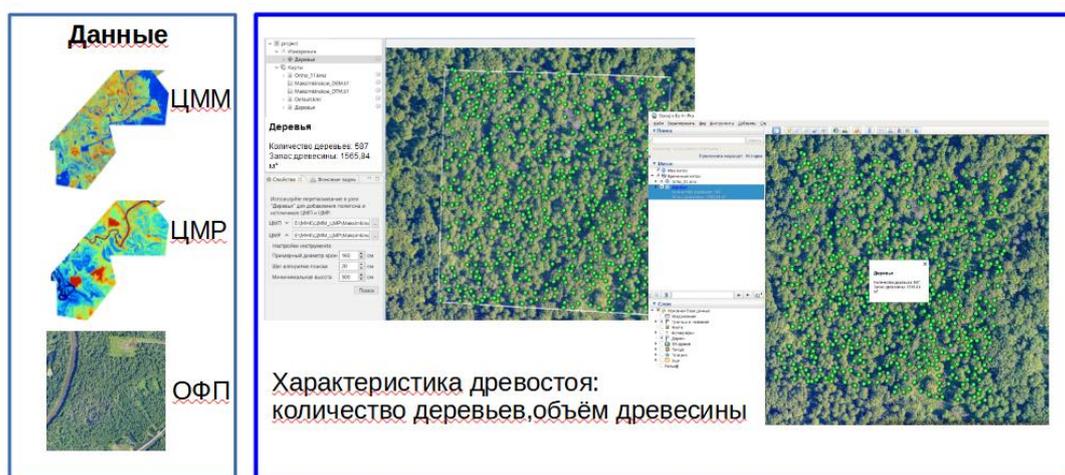


Рис. 7. Оценка древостоя

В результате выполненных работ с применением технологий ЦАФС и ВЛС в кратчайшие сроки и с оптимальными затратами получен набор пространственных данных включая цифровые ортофотопланы (ЦОФП), цифровые фотограмметрические модели (ЦФГМ), цифровые модели местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР), цифровые топографические

планы (ЦТП) масштаба 1:1000. По результатам выполненных работ можно сделать следующие выводы:

- применение современных технологических решений позволило существенно сократить сроки и стоимость выполнения работ с повышением качества получаемых материалов;
- комплексное использование данных ВЛС совместно с ЦАФС позволяет получить максимум данных в камеральных условиях с использованием цифровых фотограмметрических моделей, точек лазерных отражений, ортофотопланов и ЦМР;
- создание детальных ЦМР и ЦММ позволяет решать комплекс сопутствующих задач при проектировании и эксплуатации новых площадок;
- комплексное использование данных позволяет создавать цифровые топографические планы практически 100% готовности (наземная часть);
- комплексное использование данных позволяет значительно повысить эффективность работы специалистов камеральных и полевых групп;
- комплексное использование данных позволяет эффективно организовывать работу полевых групп предоставляя им максимум информации перед выездом на объект для съемки и согласования подземных коммуникаций;
- наличие пространственных данных различного вида позволяет при необходимости оперативно предоставлять проектировщикам дополнительную информацию.

Кроме того, следует отметить что выполнение комплекса работ на площади всего лицензионного участка является более оптимальным, в плане затрат времени и ресурсов, чем работы на отдельных площадках и кустах. Такой подход позволяет комплексно решать вопросы стратегии развития лицензионного участка.

В целом, выполненные работы с применением современных технологических решений показали их эффективность и экономическую целесообразность, что в свою очередь будет способствовать их дальнейшему широкому применению.

МОБИЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ 3D СКАНЕРЫ GOSLAM»

Халитов Б.М., Аматыч Д.Р.

ООО «Геостройизыскания» г. Казань

Компания GOSLAM основана в 2018 году и на сегодня, это самая динамично развивающаяся компания по разработке собственных систем сканирования. Все решения производителя работают по принципу SLAM технологии, суть которой заключается в одновременном позиционировании сканера в пространстве и оцифровке этого же пространства.

Simultaneous Localisation And Mapping (SLAM) Одновременная локализация и картографирование

Лазерные сканеры GoSLAM оснащены лазерным излучателем безопасного класса и встроенным инерциальным блоком. Работа обоих устройств в движении одновременно и позиционируют себя в пространстве и фиксируют геометрию окружающего пространства, а программное обеспечение по SLAM алгоритму автоматически сшивают данные в единый массив – облака точек. Такая технология имеет ряд преимуществ и из главных следует выделить в первую очередь: 1. Сканирование в движении без необходимости в статичной установке оборудования; 2. Отсутствие GPS приемника, как средство позиционирования устройства в пространстве.

У компании GoSLAM используются исключительно собственные разработки и технологии, сами Лидары от компании Hesai, Китай. Поэтому компания независимая и на нее не могут накладываться различные ограничения, например, в виде санкций. Штаб-квартира GoSLAM располагается в городе Пекин, Китай, на территории Китая развита собственная дилерская сеть, а на территории Российской Федерации единственным представителем компании GoSLAM является компания Геостройизыскания.

Из сканеров, представленных компанией GoSLAM, наибольшую популярность получили сканеры серии RS100S и RS300, за свою простоту и высокие показатели по техническим характеристикам, которые адаптированы под суровые условия эксплуатации приборов. Обе модели сканеров ничем не отличаются по внешнему виду, а различаются всего лишь дальностью без отражательных измерений, 120 метров и 300 метров соответственно.



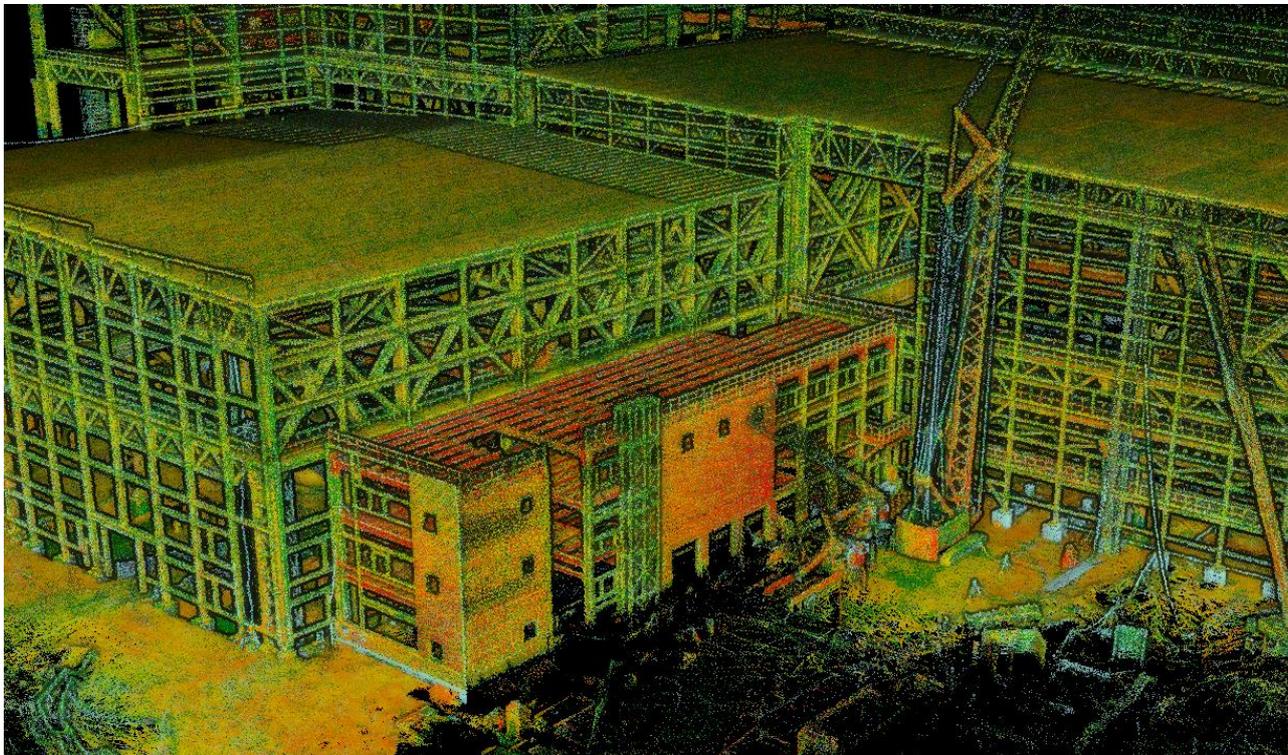
Уникальность моделей сканеров GoSLAM серии RS – это мультиплатформенность. Базовый вариант сканера – это ручной режим или сканирование с руки. Но с помощью специально разработанных производителем креплений, ручной вариант легко трансформируется в вариант сканера на Рюкзаке, т.е. Вакраск исполнение, а если в этот комплект добавить ГНСС приемник SinoGNSS, то данные сканирования будут привязаны в местную систему координат. Помимо рюкзака, предусмотрено крепление сканера на автомобиль, благодаря чему, сканирование можно выполнять на скорости до 30км/ч. И третий вариант модернизации сканера — это крепление сканера к БПЛА Dji Matrice300, для выполнения сканирования с воздуха.

Из основных технических характеристик нужно выделить точность на уровне первых сантиметров, что позволяет использовать сканер при проведении геодезических изысканий, обмерных работах. Высокий класс пылевлагозащиты и температурный диапазон позволяют использовать сканер в самых суровых условиях эксплуатации. При этом хочется отметить, что сканер эксплуатируется и в Норильске при температуре -39 градусов. В зависимости от поставленной задачи, подбирается сканер с соответствующей дальностью 120 или 300 метров. Большой угол обзора охватывает почти все окружающее пространство, а достигается это за счет вращающегося лидара вокруг своей оси. Благодаря использованию смартфона на Андроиде, данные сканирования отображаются на дисплее в режиме реального времени. И одной из ключевых характеристик является наличие моделей в Государственном Реестре Средств Измерений, т.е. сканер является геодезическим инструментом и поставляется со свидетельством о поверке.

Обработка данных сканирования автоматическая и запускается с помощью приложения на смартфоне под Андроид - GoSLAM Manager. Приложение полностью русифицированное и позволяет осуществлять управление сканером и отображать данные в режиме реального времени. В приложении организовано управление проектами, различные настройки обработки проектов, в зависимости от типа сканируемой местности. Приложение устанавливается на любое Андроид устройство.



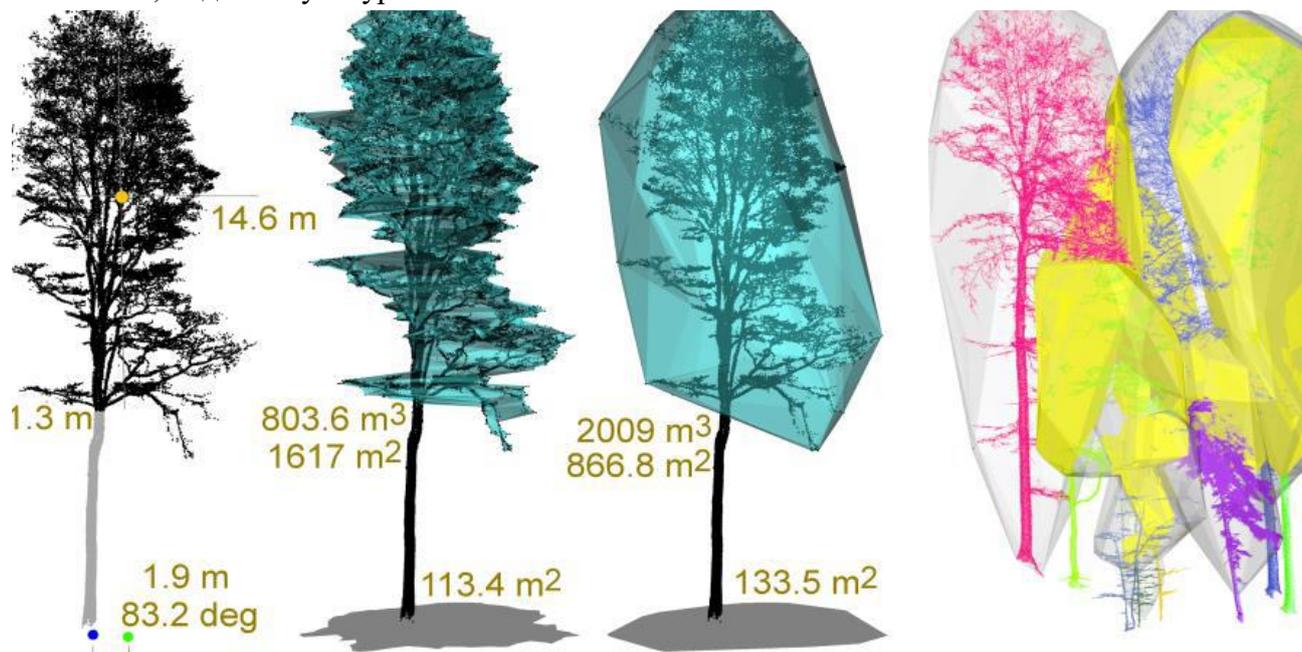
В комплекте со сканером поставляется программное обеспечение GoSLAM LidarWorks, которое является неотъемлемой частью системы сканирования. Лицензия предоставляется постоянная, с возможностью переноса на другие компьютеры. Из основного функционала хочется отметить автоматическое удаление шумов, редактирование облаков, привязка данных в местную систему координат, подсчет объемов, измерения, простейшая векторизация.



Возможности программного обеспечения GoSLAM позволяют выгружать облака точек в общепризнанных форматах, а если в LidarWorks произвести векторизацию данных сканирования, то полученные данные легко импортируются в стандартные САД программы, такие как Автокад, Кредо, НаноКад.

Ручные системы сканирования GoSLAM хорошо зарекомендовали при решении самых разных задач. Сканеры активно и повсеместно применяются маркшейдерами нашей страны при открытом способе добычи полезных ископаемых, в подземных выработках. Одной из задач, решаемой ручным сканером GoSLAM, являются геодезические изыскания и кадастровая съемка. Процесс сбора данных при этом происходит в разы быстрее, чем традиционным способом. Благодаря высокой детализации, точности, и наличие панорамных снимков позволяют получить всю необходимую информацию о сканируемом объекте в местной системе координат. Тем самым отпадает необходимость повторно выезжать на объект и делать «досъемку». Процесс обработки полученной информации для получения готового топографического плана на сегодняшний день хорошо реализован в программных продуктах Кредо. Еще одним необычным подходом с использованием сканера можно похвастаться при создании поэтажных планов зданий. Сам процесс сканирования максимально простой и быстрый, и выполнять сканирование способен даже человек без геодезического образования. Первичным результатом обработки являются разрезы и сечения облаков точек на необходимых уровнях. В дальнейшем, производится векторизация полученных данных в стандартные САД форматы. Технология сканирования с применением GoSLAM затронула и Лесное Хозяйство. Благодаря современному программному обеспечению, процесс получения необходимых характеристик получается на довольно высоком уровне. ПО позволяет

определять центры деревьев, диаметр ствола, высота, наклона, проекцию кроны дерева на плоскости, подсчет кубатуры.



Итак, высокая дальность (120 либо 300 метров) и скорость (320000 точек в секунду) без отражательных измерений с высокой точностью (1 см) позволяют выполнять самые разные задачи: съемка зданий и сооружений, создание поэтажных планов, съемка зданий и сооружений в 3D для BIM проектирования, съемка промышленных территорий, оперативный подсчет объемов складированных материалов (сыпучие материалы, уголь, зернохранилища), маркшейдерские замеры, съемка подземных и наземных выработок в 3D.

Перечислим ключевые преимущества мобильных лазерных 3D сканеров GoSLAM:

- Сертифицирован в реестре средств измерений ФГИС АРШИН;
- Высокие дальность, скорость и точность – 120 (300) метров, 320 000 т/с и 1 см, соответственно;
- Вращающийся лидар – сканируете все окружающее пространство, а не только его часть;
- Работа в самых суровых условиях – пылевлагозащита IP65 и работа при температуре от -30°C до +60 °C;
- В реальном времени – просматривайте данные в реальном времени на экране смартфона;
- Автоматическая геопривязка облаков точек по точкам с известными координатами;
- Мультиплатформенность – установите сканер на рюкзак, БПЛА, Автомобиль, Катер и т.д.;
- Готовое решение для ваших задач – комплект сканера с необходимым программным обеспечением;
- Цветной дисплей и русифицированное ПО.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ СОЗДАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Железняков В.А.
АО КБ «Панорама»

Мы живем в то время, когда искусственный интеллект (ИИ) способен делать прогнозы и рекомендовать решения. Он уже внедрился в различные области нашей жизни. Дальнейшее его применение позволит сэкономить время, извлечь пользу из данных и изображений, быстрее принимать обоснованные решения. Сочетание ИИ и геоинформационных систем (ГИС) обеспечит пользователя новыми данными для качественного выполнения работы и принятия решений. ИИ позволяет организациям отвечать на сложные и важные вопросы в таких масштабах и с такой частотой, которые никогда ранее не были доступны.

Одним из наиболее трудозатратных по времени и человеческим ресурсам направлений является дешифрирование и векторизация спутниковых и аэрофотоснимков. Состояние местности постоянно меняется: возводятся новые дома, формируются или объединяются новые участки, возделываются новые поля, вырубается леса и осушаются водоёмы. Поэтому необходим постоянный мониторинг за жизнедеятельностью человека. Чтобы его осуществить - необходимы пространственные данные. Вот тут на помощь к нам и приходит ИИ. Он позволит сократить издержки и время на обработку данных.

Для этого компания КБ «Панорама» разработала Комплекс автоматического распознавания и векторизации «Panorama Vision». Он предназначен для автоматического дешифрирования и векторизации данных на спутниковых снимках, аэрофотоснимках, данных с БПЛА. В основе комплекса лежат обученные нейронные сети и современные алгоритмы обработки информации. "Panorama Vision" позволяет распознавать контуры участков полей, объектов гидрографии (рек, прудов, озер и других), зданий и сооружений. На следующих этапах специалисты планируют добавить распознавание дорожной сети, растительности и других типов объектов.

Для распознавания используются снимки пользователя или данные из открытых источников. Пространственное разрешение данных для распознавания должно быть не менее 10 метров/пиксель. В результате обработки снимков создается векторная карта с контурами распознанных объектов, например, с границами сельскохозяйственных полей. Данные передаются клиенту по протоколу WFS.

Комплекс "Panorama Vision" выполняет семантическую сегментацию объектов на снимках с помощью глубоких нейронных сетей, основанных на механизме внимания. Например, для обучения модели дешифрирования границ сельскохозяйственных угодий использовались спутниковые снимки регионов средней полосы Российской Федерации совместно с векторной картой, имеющей нанесенные контуры пашен. Общий объем данных – более 100 ГБ. Точность распознавания контуров на тестовых снимках – около 90%.

Для работы с искусственными нейронными сетями комплекс "Panorama Vision" использует:

- интерпретатор Python;
- библиотеки расширения Python с лицензиями свободного ПО – PyTorch,

NumPy, OpenCV и другие

Для ускорения вычислений задействованы ресурсы видеокарты с поддержкой технологий NVIDIA CUDA.

То что раньше занимало месяц работы нескольких операторов - теперь всего на одном сервере с видеокартой комплекс Panorama Vision выполняет всего за несколько минут.

Сервис представляет собой набор сервисов и клиентского приложения. Клиентский модуль представляет собой приложение для ГИС Панорама с возможностями формирования и управления заявками и отправки пользовательских данных на сервер. Серверная часть состоит из базы данных заявок, сервиса обработки заявок, сервиса авторизации, сервиса обработки сообщений, сервера распознавания, хранилища данных, и базы данных пространственных объектов.

Рассмотрим основные этапы обработки заявок:

Клиентская часть:

- Загрузка аэрофотоснимков или открытие геопорталов в ГИС "Панорама";
- Автоматическая авторизация пользователя на сервисе Panorama Vision в соответствии с приобретенным ключом;
- Выбор области распознавания;
- Формирование заявки;
- Разбиение области интереса на тайлы стандартного размера;
- Загрузка данных на сервер Panorama Vision.

Серверная часть:

- Создание растровых масок объектов с помощью глубоких нейронных сетей;
- Векторизация – преобразование полученных растровых масок в полигоны и сохранение их в базу данных;
- Контроль метрики объектов;
- Сшивка полигонов, принадлежащих смежным растрам;
- Публикация итоговой векторной карты по протоколу WFS;
- Выдача карты по заявке клиенту.

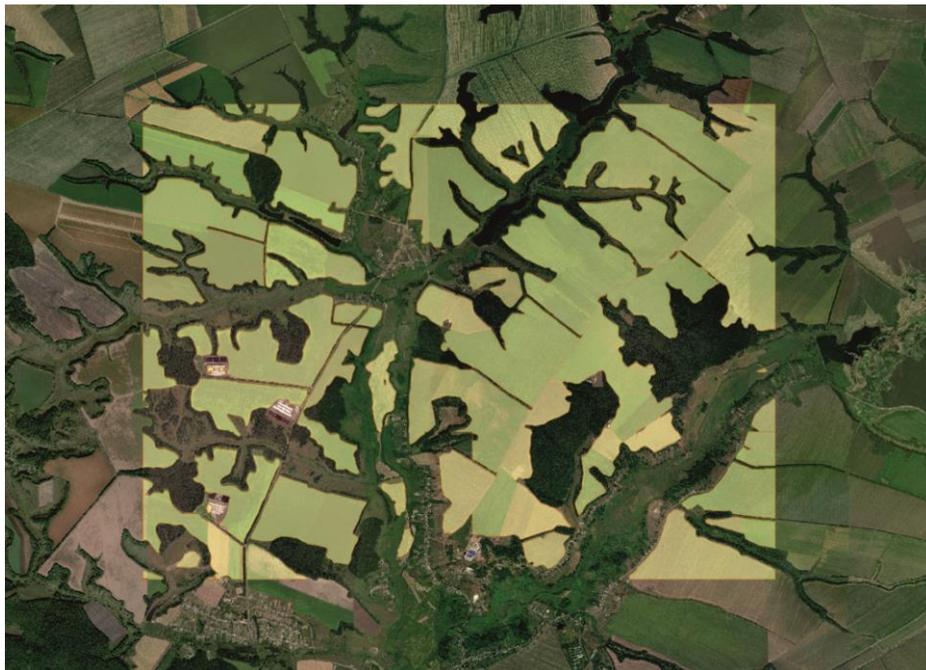


Рис. 1. Пример распознавания контуров полей

Для формирования контуров полей общей площадью 452 км² и растровых данных объемом 112 Мб потребовалось 2 минуты, в результате обработки было создано 758 уникальных поля.

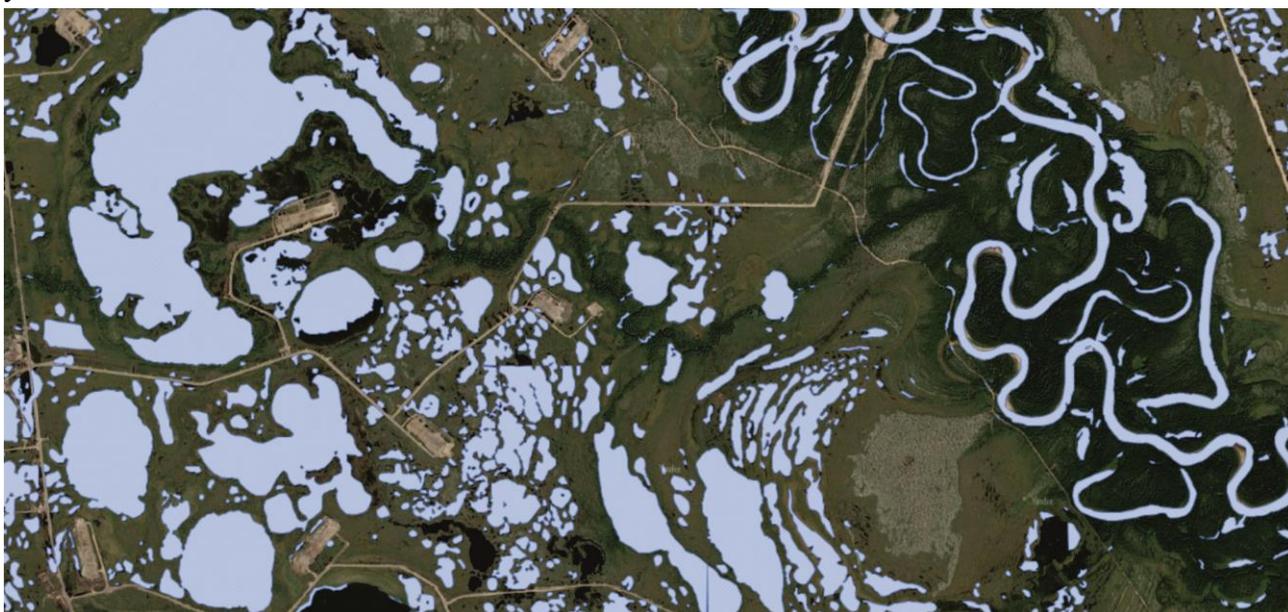


Рис. 2. Пример распознавания контуров гидрографии

Для формирования контуров гидрографии общей площадью 107 км² и растровых данных объемом 80 Мб потребовалось 1 минута, в результате обработки было создано 416 уникальных объекта.

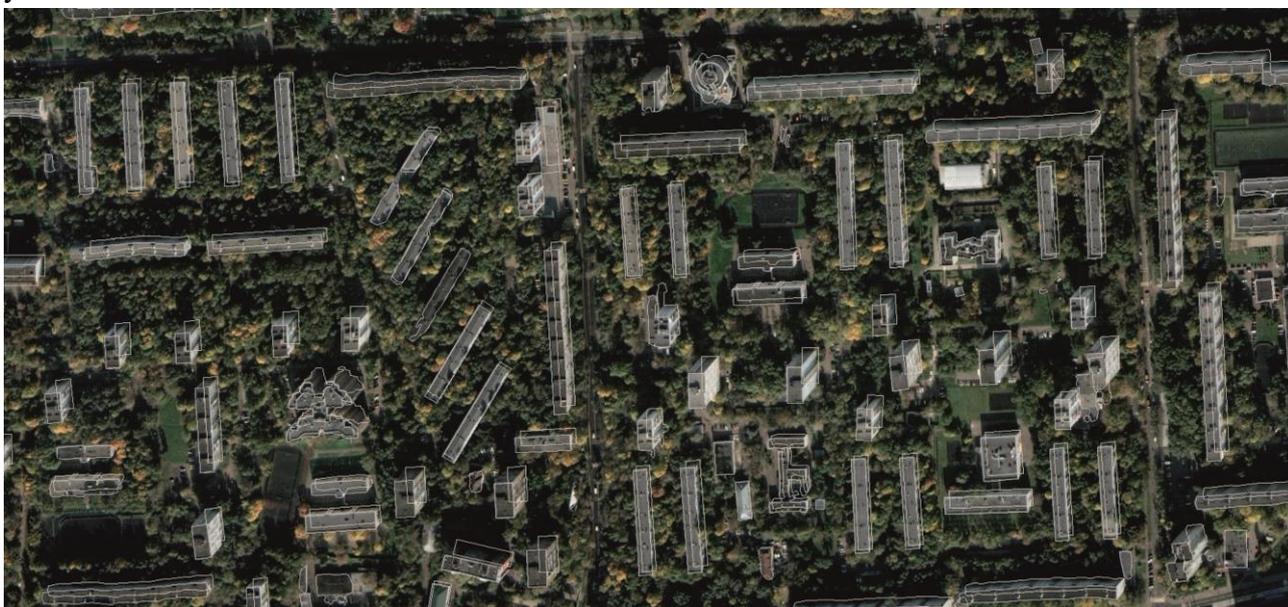


Рис. 3. Пример распознавания контуров зданий

Для формирования контуров здания общей площадью 15 км² и растровых данных объемом 30 Мб потребовалось 1 минута, в результате обработки было создано 4802 уникальных объекта.

В процессе обработки сервис векторизации формирует пространственные объекты, которые сохраняются в базу данных (БД). Связь с БД и его таблицами осуществляется с помощью файл настроек DBM. Пространственная информация размещается в базах данных в

соответствии со стандартом OGC 06-103r4: «OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture», обеспечивая простую интеграцию с уже имеющимися системами.

Указанный стандарт Open GIS Consortium определяет правила размещения информации о пространственном описании объектов в реляционных базах данных, регламентирует структуру этой информации и базовые принципы по работе с ней.

Файл настроек DBM – это xml файл, в котором содержится параметры подключения к БД, а также описывается связь полей таблицы БД и атрибутивных, геометрических характеристик.

Внешний вид объекта задаётся с помощью классификатора ресурсов. Он связывается с полем из БД по уникальному ключу. В большинстве случаев каждой таблице соответствует свой уникальный ключ и соответственно внешний вид объекта.

Помимо пространственного описания объекта на карту могут переноситься также и его отдельные атрибуты. Атрибутивная информация записи об объекте попадает в семантику соответствующего объекта карты. Назначение определенных атрибутивных полей таблицы БД, содержащей информацию об объекте, и указание соответствующих им семантических характеристик картографического объекта выполняется в автоматическом режиме сервисом на этапе распознавания. В зависимости от наличия семантик или их значений может меняться и внешний вид объекта. Например, рисовые поля или кукурузные, высотность здания, пруд или озеро.

Дополнительно на сервисе выполняется кэширование пространственной информации с сервера базы данных в виде карты. К этой карте имеют доступ клиенты сервиса и могут в соответствии со своими полномочиями вносить определенные изменения – создавать, редактировать или удалять объекты. При этом информация в базе данных может также изменяться, также минуя сервис. В связи с этим выполняется постоянное отслеживание изменений информации в базе данных и действий пользователей сервиса по редактированию картографического представления этой базы данных и осуществляется синхронизация этих изменений. Таким образом, поддерживается в актуальном состоянии картографическое представление на сервисе информации ОО БД и обеспечивается возможность просмотра и изменения этой информации в базе данных клиентами сервиса.

Рассмотрим основные сферы применения комплекса. Применение нейронных сетей в сельском хозяйстве позволяет оперативно обрабатывать космические снимки и получать полную картину состояния территории, позволяет определять актуальные границы и площади обрабатываемых полей, выявлять неиспользуемые земли, строить карты зонирования и формировать отчеты.

Для градостроительной и кадастровой деятельности применение ИИ в ГИС позволит оперативно обновлять цифровые топографические карты, выявлять самовольно захваченные земельные участки, осуществлять мониторинг благоустройства территорий.

В лесном хозяйстве данные, полученные с использованием искусственного интеллекта, активно применяются при инвентаризации лесов с целью определения качественных и количественных характеристик лесных массивов, для оценки ущерба, нанесенного лесным массивам пожарами, болезнями леса, загрязнением воздуха, незаконными вырубками. С помощью нейронных сетей возможно осуществлять мониторинг лесозаготовительной деятельности, мониторинг площадей, пройденных пожарами и ветровалами, картографирование земель лесного фонда.

Данные с комплекса могут использоваться в автоматическом режиме для обработки данных и построения трёхмерных моделей местности.

Таким образом применение искусственного интеллекта в создании пространственных объектов открывает новые возможности для эффективного управления и анализа геопространственных данных. Использование технологий Панорамы, в сочетании с методами ИИ для дешифрования спутниковых снимков и интеграции данных, позволяет создавать точные и надежные геопространственные базы данных. Эти технологии обеспечивают высокую степень автоматизации и повышают точность анализа, что является ключевым фактором для успешного выполнения задач в различных отраслях.

ГЕОПОРТАЛЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ РЕГИОНА

*Глушко Д.Е., Ямашкин А.А., Ямашкин С.А.
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»*

Введение

Развитие технологий интеграции, обработки, анализа и распространения пространственных данных приводит к росту востребованности географической информации при решении задач управления в территориально-распределенных организационных системах. Развитие и использование геопортальных технологий и инфраструктур пространственных данных имеет значение в рамках приоритетных направлений Стратегии научно-технологического развития РФ (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642):

- **переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;**

- **усиление связанности территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики;**

В **Постановлении Правительства Российской Федерации** от 1 декабря 2021 года №2148 об утверждении государственной программы Российской Федерации «**Национальная система пространственных данных**» определена важность осуществления мероприятий, направленных на преодоление проблемы «ограниченного использования современных российских геоинформационных технологий, высокопроизводительной обработки пространственных данных».

Материалы и методы исследования

Решение задач управления организационными территориально распределенными системами различного масштаба в настоящее время представляет основную цель проектирования, разработки и внедрения практико-ориентированных геопорталов. Под термином «геопортал», согласно Национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р 58570-2019 «Инфраструктура пространственных данных. Общие требования» понимается «информационная система, выполняющая роль единого пункта доступа к сервисам инфраструктуры пространственных данных, интерфейс которой обеспечивает с использованием сети Интернет доступ пользователей к информации для поиска пространственных данных и геосервисов по их метаданным, а также выполнения других функций в соответствии с его назначением и целевой аудиторией».

Развитие геопорталов актуально для обеспечения решения вопросов создания, ведения и развития федеральных, региональных, ведомственных, отраслевых фондов пространственных данных, баз геоданных и баз метаданных, обеспечения эффективного применения геопроизводственных технологий и пространственных данных и сервисов в

решении прикладных задач в нефтегазовой промышленности, природопользовании и в сфере охраны окружающей среды; для решения задач социально-экономического развития территории, управления имущественным, агропромышленным и лесным комплексами, градостроительной деятельностью.

Предметом управления в геопортальных системах могут выступать массивы пространственных данных **о территориально-распределенных системах**. Результаты использования пространственных данных применимы в управлении организационными системами, деятельность которых распределена на значительной территории. Анализ библиографии, результатов интеллектуальной деятельности показывает, что в международном научном сообществе с каждым годом растут обороты в области исследований, направленных на создание новых алгоритмов интеллектуального анализа пространственных данных и геопорталов.

Ключевым компонентом геопортальной системы традиционно выступают графические интерфейсы пользователя, основанные на использовании модуля цифровой карты, позволяющий решить задачу интерактивного комбинированного отображения различных тематических слоев, содержащих пространственные данные о природных, социальных и производственных системах. В настоящее время технологии Интернета вещей формируют основу для расширения вариантов использования геопортальных систем, открывают новые возможности их практико-ориентированного внедрения в деятельность организационных систем различного масштаба, позволяя решать следующие задачи:

1. Мониторинг состояния территориально-распределенных объектов природных, социальных и производственных систем в режиме близком к реальному времени на основе сбора телеметрии с датчиков устройств Интернета вещей и визуализации данных посредством цифровой карты геопортала.

2. Дистанционное централизованное управление устройствами Интернета вещей посредством отправки управляющих команд из графических интерфейсов геопортала.

Базовый алгоритм функционирования геопортальной системы, построенной на основе архитектурного паттерна MVC (Модель-Вид-Контроллер), основан на реализации принципа инверсии зависимости (Dependency Inversion Principle) объектно-ориентированного проектирования, который заключается в том, что системные модули верхнего уровня не зависят от модулей нижнего уровня и связаны за счет интерфейсов.

В рамках подсистемы администрирования геопортальной системы реализация принципа инверсии зависимости успешно достигнута следующими способами:

1. Введение интерфейсов для всех сервисов и компонентов: модели, представления и контроллеры, а также вспомогательные библиотеки имеют интерфейсы, определяющие способ взаимодействия с инкапсулированной логикой, при этом взаимодействие с каждым отдельным компонентом зависит от его интерфейсов, а не от конкретной реализации.

2. Использование принципа инверсии управления (Inversion of Control): при котором управление выполнением программы не ложится на конкретные используемые объекты, а, напротив, передается объектам, которые их вызывают. Это позволяет структурировать код системы, разделить логику по компонентам, сократить дублирование кода и повысить возможность его повторного использования, усилить тестируемость.

Подсистема администрирования геопорталов, реализованная на основе архитектурного паттерна MVC с применением принципа инверсии управления позволяет

разделить логику приложения на несколько отдельные изолированные компоненты (модели, контроллеры и представления) и централизованно управлять ими.

Контроллер бизнес-логики геопортальной подсистемы представляет собой компонент, определяющий последовательность этапов обработки запроса к системе посредством использования фильтров доступа и поведения, моделей данных и компонентов рендеринга интерфейсов для формирования ответного сообщения в форме инструкций построения графических интерфейсов пользователя или структур данных в форматах, пригодных для межмашинного взаимодействия.

Модели данных представляют собой компоненты, ориентированные на решение задачи реализации ключевых методов манипулирования данными геопортальной системы (создание, чтение, обновление, удаление). Оптимизация процесса управления данными осуществлена на основе паттерна объектно-реляционное отображения ORM (Object-Relational Mapping) и позволяет работать с данными как с объектом в соответствии с принципами объектно-ориентированного программирования.

Компоненты рендеринга графических интерфейсов пользователя позволяют подготавливать данные геопортальной системы для их последующей визуализации в рамках веб-интерфейсов системы. Данный класс модулей реализуется на основе принципов шаблонизации и позволяет выстраивать объектную модель документа геопортальной системы на основе языка гипертекстовой разметки HTML. Визуальное оформление графических веб-интерфейсов происходит посредством использования каскадных таблиц стилей CSS, а для обеспечения динамического поведения использован язык программирования JavaScript. Отдельным способом реализации компонента рендеринга является компонент «виджет», формирующий графические интерфейсы для отдельного завершённого модуля, который может быть встроен в интерфейсы геопортальной системы. Использование виджетов позволяет достичь многократного использования кода. Отдельным типом виджета является цифровая карта, позволяющая решать задачу рендеринга данных о пространственно-распределённых объектах. Наконец, геопортальная подсистема может быть интегрирована с другими компонентами, которые в том числе могут сами по себе быть организованными на основе архитектурного паттерна Модель-Вид-Контроллер. В рамках геопортальной подсистемы могут быть использованы библиотеки с открытым исходным кодом.

Результаты и выводы

Геопортальная платформа реализована как веб-приложение, функционирующее в рамках внутренней сети предприятия или глобальной сети Интернет. Для взаимодействия с системой со стороны клиента необходим компьютер или смартфон, на которые установлена операционная система современной версии, позволяющая взаимодействовать с веб-браузером актуальной версии.

Виджет поиска позволяет осуществлять поиск объектов по ключевым словам. Поисковая фраза вводится в соответствующее текстовое поле, после чего нажатием на иконку поиска или клавишу Enter инициируется поиск релевантных объектов по наличию ключевых слов в их описании. При наличии результатов, полотно карты центрируется и масштабируется таким образом, чтобы вместить в рамки экрана все найденные объекты. Сбросить результаты поиска можно нажатием на соответствующую строковую кнопку под текстовым полем ввода ключевых слов. Интерактивный реестр тематических слоев позволяет

включать и отключать отображение для любого набора тематических статичных и динамичных тематических слоев. Возможно включение и отключение целой группы тематических слоев. Реализация данной функции позволяет подобрать оптимальный набор тематических слоев для решения задачи анализа состояния систем землепользования и пространственно-распределенных ресурсов.

Подсистема администрирования предоставляет функционал по редактированию пространственных данных. Левое боковое меню подсистемы администрирования предоставляет возможность выбора конкретного компонента геопортальной системы для управления пространственными данными. В подсистеме администрирования реализовано два ключевых блока: управление массивами визуализируемых пространственных данных и управление интеграцией с устройствами и мониторингом.

Объекты геопортала могут характеризоваться различным типом геометрии. В системе представлен функционал интерактивного редактора геометрии объекта, позволяющего определять положение маркера (точечного объекта), выстраивать геометрию полилинии и полигона. Для объектов геопортала могут быть отредактированы реестр параметров. В соответствующих графических интерфейсах реализована возможность изменения этой информации.

Подсистема автоматизации процессов на основе статистических данных о пространственных процессах представляет собой компонент, позволяющий гибко настраивать условия автоматизации для программирования триггеров.

В Мордовском государственном университете разработан ряд конкретных примеров проектной реализации геопорталов.

1. Разработана и реализована в виде программного комплекса практико-ориентированная геопортальная система «Природное и культурное наследие Республики Мордовия» (<https://map.rgo.life/>). Путешествуем с Русским географическим обществом», решающая задачу визуализации объектов природного, исторического и культурного наследия (более 2800 объектов). База данных геопортала содержит информацию для построения системы карт, раскрывающих туристский потенциал региона;

- особо охраняемые природные территории – памятники природы, Мордовский государственный природный заповедник им. П.Г. Смидовича Мордовский национальный парк «Смольный»;

- «Археология» – возраст археологических памятников, культура, преемственность: археологические памятники палеолита, мезолита, неолита, бронзового и раннего железного века свидетельствует о древнем заселении территории (690 объекта);

- «Населенные пункты» – топонимика, время возникновения (первое упоминание), преобладающая национальность, история развития (1260 объекта);

- «Соборы и храмы» – время создания, характеристика объекта наследия (559 объектов);

- Объекты культуры: мемориальные памятники, республиканские и краеведческие музеи, этно-культурные центры – эрзянские и мокшанские (87 объектов).

2. Геопортал «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона» (<http://meta.rgo.life/>) направлен на решение задачи визуализации цифровых карт природы и хозяйства региона. Тематические слои интерактивной карты «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона»:

- цифровая модель рельефа;

- набор базовых картографических основ;
- исторические космические снимки (в том числе 1984 и 1975 годов);
- коренные породы, четвертичные отложения, литологический состав поверхностных отложений;
- почвы, эколого-геохимическая устойчивость почв к поступлению тяжелых металлов;
- водоносный горизонт, глубина залегания грунтовых вод, тип и класс вод, подземные воды: содержание хлоридов, железа, фторидов, сульфатов;
- поверхностные воды и водопроявления (реки, ручьи, родники);
- ландшафты;
- характеристика населенных пунктов;
- особо-охраняемые природные территории;
- полезные ископаемые и ресурсы (песок, глина, суглинок, минеральные воды, диатомит, карбонатные породы, мел, мореный дуб, газ, опока, цеолит, торф);
- потенциально пригодные земли;
- охотничьи угодья;
- многоквартирные дома – этажность, год ввода в эксплуатацию;
- дорожная сеть (OSM);
- административные районы.

Геопорталы «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона» и интерактивная карта «Природное и культурное наследие Республики Мордовия. Путешествуем с Русским географическим обществом» решают задачу интерактивной визуализации и распространения системы тематических карт природных и природно-техногенных территориальных комплексов. Графический интерфейс цифровых карт дает возможность комбинированной визуализации тематических слоев и управления видимостью и прозрачностью отображаемых данных.

В МГУ им. Н.П. Огарева созданы не только конкретные геопорталы, но и технологии для оптимальной и эффективной разработки новых решений данного класса. Развиваются исследования в области мониторинга и анализа пространственных данных космической съемки, в том числе для детекции стихийных процессов. Нарботан опыт в области Интернета вещей, позволяющий сделать из геопорталов центры диспетчеризации для мониторинга данных с датчиков размещенных на значительной территории устройств и дистанционного управления ими (проект выполнен в рамках конкурса внутривузовских грантов). Разрабатываемые в МГУ им. Н.П. Огарева технологические решения в области управления пространственными данными могут быть развернуты как на инфраструктуре Университета, так и на серверах заказчика.

Литература

1. "Государство-как-платформа": подход к реализации высокотехнологичной системы государственного управления / В. В. Буров, М. В. Петров, М. С. Шклярчук, А. В. Шаров // Государственная служба. – 2018. – Т. 20, № 3(113). – С. 6-17. – DOI 10.22394/2070-8378-2018-20-3-6-17.
2. Геопорталы российских особо охраняемых природных территорий / Н. А. Алексеенко, А. В. Кошкарёв, Б. М. Курамагомедов, А. А. Медведев // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80, № 5. – С. 34-46. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-947-5-34-46.
3. Кошкарёв, А. В. Геоинформатика в инфраструктурном обеспечении цифровой экономики / А. В. Кошкарёв // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80, № 1. – С. 119-126. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-943-1-119-126.

4. Черкасов, А. А. Пространственный анализ городов и агломераций: интеграция технологий ГИС и Big Data / А. А. Черкасов, Р. К. Махмудов, Н. В. Сопнев // Наука. Инновации. Технологии. – 2021. – № 4. – С. 95-112. – DOI 10.37493/2308-4758.2021.4.6.
5. Cultural landscapes space-temporal systematization of information in geoportals for the purposes of region tourist and recreational development / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin, M. Y. Aksyonova [et al.] // Geojournal of Tourism and Geosites. – 2020. – Vol. 29, No. 2. – P. 440-449. – DOI 10.30892/gtg.29205-480.
6. Problems of designing geoportal interfaces / S. A. Yamashkin, A. A. Yamashkin, M. M. Radovanović [et al.] // Geojournal of Tourism and Geosites. – 2019. – Vol. 24, No. 1. – P. 88-101. – DOI 10.30892/gtg.24108-345. – EDN NITHGU.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКПОАЕМЫХ

Палкин П.О.
АО «ПРИН»

Актуальность.

Одним из самых существенных видов техногенного воздействия на недра является интенсивное освоение нефтегазовых месторождений.

Добыча нефти и газа – это ведущая отрасль российской промышленности. Данные полезные ископаемые являются одними из важнейших статей российского экспорта.

Как и большинство производств, месторождения являются объектами повышенной опасности, где существуют различные угрозы и риски. Например, известны случаи аномальных просадок земной поверхности (величиной более метра) и резкого усиления активности разломов на ряде месторождений нефти и газа, которые были обусловлены разработкой [1]. Это приводило к аварийным ситуациям на скважинах и промысловых трубопроводных системах, которые неизбежно сопровождалось значительным экологическим и материальным ущербом.

Для обеспечения безопасности сотрудников и населения, охраны недр, предотвращения экологических катастроф, сохранения техники, а также для долгосрочной и безопасной эксплуатации месторождений необходимо наблюдать за деформационными процессами, происходящими на объектах. Реализация такого мониторинга возможна при организации систематических маркшейдерско-геодезических наблюдений.

Объекты наблюдений.

При интенсивной эксплуатации месторождений нефти и газа в связи с уменьшением пластового давления значительно изменяются следующие параметры подземных вод:

- давление;
- направление движения;
- скорость движения.

Иными словами, можно сказать, что при изменении соотношения давления в системе «углеводороды-пластовые воды» нарушается сложившееся природное геодинамическое равновесие в геологических структурах, которое становится причиной опасных геодинамических процессов (подвижек) и приводит к многократному увеличению количества и интенсивности сейсмических событий в районах добычи нефти и газа [2].

Существуют четыре основные формы негативных геодинамических последствий длительной разработки месторождений углеводородов:

1. Обширные просадки территории месторождения.
2. Техногенная сейсмичность.
3. Техногенно-индуцированная сейсмичность.
4. Активация разломных зон [3].

Извлечение больших объемов газообразного и жидкого вещества при добыче углеводородов приводит к снижению противодействия литостатическому давлению перекрывающих его горных пород и увеличивает опасность землетрясения, за которым последуют проседания земной поверхности и возникнут чрезвычайные ситуации [4].

Основными и наиболее опасными формами последствий развития техногенно-природных геодинамических процессов являются:

1. Деформации наземных сооружений.
2. Разрыв коммуникаций.
3. Слом обсадных колонн эксплуатационных скважин.
4. Прорывы промысловых трубопроводных систем.
5. Заболачивание и затопление опускающихся участков земной поверхности.
6. Региональное проявление оползневых процессов.

Решение вышеописанных задач, обеспечение геодинамической безопасности и охрана недр возможно лишь при создании системы маркшейдерско-геодезических наблюдений при разработке месторождений углеводородов.

Объекты, где необходим мониторинг деформационных процессов можно разделить на две группы:

- геодинамический полигон – целесообразно выбранная территория земной поверхности, в пределах которых ведется комплекс регулярных геодезических работ [5];
- промышленные объекты нефте- и газодобычи.

Для выполнения геодезических наблюдений пункты на геодинамическом полигоне как правило представлены в виде пунктов принудительного центрирования, которые закрепляются в условно стабильном блоке земной коры. Для получения наиболее наглядных представлений о развитии деформационных процессов для прогнозирования возможных последствий и проектирования мер инженерной защиты необходимо выбирать места максимальных оседаний.

Для геотехнического мониторинга промышленных объектов сеть, как правило, представлена:

1. Глубинными реперами.
2. Деформационными марками.
3. Глубинными и поверхностными грунтовыми марками.
4. Термометрическими скважинами.
5. Гидрогеологическими скважинами.

Состав наблюдений, необходимый для выполнения мониторинга деформационных процессов, и их периодичность должны обеспечивать получение необходимого набора параметров, позволяющего достоверно определить текущее состояние объекта, а также спрогнозировать возможное изменение ситуации. К числу необходимых параметров можно отнести:

- вертикальные и горизонтальные смещения пунктов геодинамического полигона;
- вертикальные и горизонтальные смещения элементов несущих конструкций сооружений;
- температуры грунтов в основании фундаментов сооружений;
- наблюдения за уровнем подземных вод;
- высота и плотность снежного покрова;
- набор параметров, характеризующих развитие негативных природных и техногенных процессов.

Однако важно заметить, что для актуальной фиксации смещений и для своевременного принятия мер периодичность, указанная в руководящей документации, является низкой.

Для сбора вышеописанных параметров разработаны следующие методики измерений (контроля):

1. Визуально-технический осмотр.
2. Геодезические измерения.
3. Определение температур грунтов.
4. Наблюдения за уровнем подземных вод.
5. Снегомерная съемка.
6. Контроль работоспособности систем.

Геодезические измерения. Методы и средства мониторинга деформационных процессов.

В настоящее время для наблюдения за деформационными процессами применяются следующие методы:

- угловые и линейно-угловые измерения;
- геометрическое и тригонометрическое нивелирование;
- наблюдения с использованием ГНСС-аппаратуры.

Помимо вышеперечисленных методов широкое распространение получили датчики, предназначенные для наблюдения за изменениями таких параметров как раскрытие трещин, изменение уровня вод, наклоны и крены и пр.

Оборудование и принципы измерений, применяемые для решения задач по мониторингу, можно разделить на две большие группы:

1. Механические.
2. Автоматизированные.

К первой группе относятся электронные тахеометры, оптические и цифровые нивелиры, датчики с ручным считыванием. Вторая группа представлена: роботизированными тахеометрами, ГНСС-приемники (рисунок 1), датчики с автоматическим считыванием информации.



Рис. 1. ГНСС-приемник для наблюдения деформационных процессов CHCNAV H3

На современном этапе развития науки и производства приоритетным является оборудование, обеспечивающее наблюдения в автоматизированном режиме. Оно позволяет выполнять измерения непрерывно, с высокой точностью, вне зависимости от погоды и условий видимости (ГНСС-приемники). Службы, отвечающие за безопасность процессов, происходящих на месторождениях, обладают актуальной информацией обо всех смещениях земной поверхности, поступающей к ним на пункт в режиме реального времени.

Именно по причине постоянного обновления информации о деформационных процессах автоматизированное оборудование получило и продолжает получать широкое распространение во всем мире: своевременное уведомление о критических значениях смещений позволяет принять меры, которые спасают человеческие жизни, сохраняют окружающую среду, позволяют предотвратить экономические и материальные потери.

Заключение.

Месторождения углеводородов являются территориями, где постоянно происходит техногенное воздействие на недра, которое влечет за собой различного рода деформационные процессы на поверхности земли.

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций необходимо организовать геодезический мониторинг.

Комбинация различных средств измерений, методик и способов, а также непрерывность наблюдений за деформациями позволяет получать развернутую картину, принимать своевременные решения и прогнозировать.

Литература

1. Викторова, Е. В., Изюмова, С. Ф., Кузьмин, Ю. О., Попов, В. Н. Гемодинамический мониторинг на разрабатываемых месторождениях нефти и газа [Текст] / Е. В. Викторова, С. Ф. Изюмова, Ю. О. Кузьмин, В. Н. Попов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2004. — № 1.
2. Нестеренко, М. Ю., Цвяк, А. В. Концепция геодинамического мониторинга территорий нефтегазовых месторождения на примере Южного Предуралья [Текст] / М. Ю. Нестеренко, А. В. Цвяк // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2014. — № 4. — С. 1-15.
3. Гогоненков, Н. Г., Эльманович, С. С., Лукина, М. В. Полигональная система разрывов надсеноманской толщи в Западной Сибири [Текст] / Н. Г. Гогоненков, С. С. Эльманович, М. В. Лукина // Геофизика. — 2002. — С. 2-5.
4. Нестеренко, М. Ю., Андросова, А. В. Негативные техногенные и техногенно природные процессы в районах нефтегазовой добычи и их влияние на промышленно гражданскую застройку [Текст] / М. Ю. Нестеренко, А. В. Андросова // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2016. — № 3.
5. Силаева, А. А. Особенности проектирования геодинамических полигонов на техногенных объектах [Текст] / А. А. Силаева // Интерэкспо Геоо-Сибирь. — 2015.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА С ВЛС И НЛС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

*Сахаутдинов Р.В.¹, Гиляев Д.М.¹, Хамитов М.Ш.¹, Аминов А.Р.¹, Ганиев Т.А.²
СП «Татнефть-Добыча» ПАО «Татнефть»
ГБОУ ВО АГТУ «ВШН», г. Альметьевск*

На сегодняшний день в ПАО «Татнефть» успешно реализуется проект по использованию беспилотных летательных аппаратов с воздушно-лазерным сканером, а также наземных лазерных сканеров для решения производственных задач (Рис.1).



Рис.1. Комплект БПЛА с ВЛС

В 2023 году в рамках ТНГФ был представлен успешно реализованный проект «Особенности выполнения инженерно-геодезических изысканий с применением БПЛА с ВЛС и направлением результатов на Главгосэкспертизу» с полученным решением: «Результаты инженерно-геодезических изысканий соответствуют действующим регламентам».

Для повышения производительности выполнения топографических съемок, при проведении работ по 3D-моделированию объектов Компании используется БПЛА DJI Matrice M300 с воздушно-лазерным сканером RIEGLminiVUX-2UAV и Zenmuse L1; лазерный сканер Imager 5010eXcellen; Сканирующий тахеометр Trimble SX10. В ходе проведения работ выполняется оценка точности материалов - отклонения координат характерных точек, измеренных по материалам ВЛС и НЛС от значений при инструментальной съемке.

Воздушно-лазерное сканирование выполняется по следующим параметрам:

- дальность измерений- 400 м;
- высота полета 50-80 м;
- частота повторения импульсов- 200 кГц;
- продольное перекрытие снимков - 50%;
- поперечное перекрытие снимков- 50%;
- разрешение снимков на местности- 0.05 м.

В ходе обработки данных воздушного и наземного лазерного сканирования, полученные материалы неклассифицированного облака точек в формате LAS фильтруются от различных видов шумов в облаках точек; выполняется классификация рельефа; прореживание облака точек и построение цифровой модели рельефа (ЦМР); классифицирование объектов по цвету, высотным отметкам; распознавание в автоматическом режиме линии электропередачи (опоры и провода) по облаку точек с последующей интерактивной проверкой результатов; распознавание по облаку точек объектов дорожной инфраструктуры: разметки, бровок и подошв земляного полотна, кромок покрытия, бордюров, столбов дорожных знаков, сигнальных столбиков.

При проведении работ по сканированию производилось уравнивание облаков точек в систему координат по каждому объекту. Разрешение сканирования выбрано оптимальным у каждого лазерного сканера для выполнения работ и обусловлено техническими характеристиками оборудования и дальнейшей целью применения модели в виде облака точек в качестве основы для информационного моделирования. Лазерное сканирование выполнялось с достаточным перекрытием соседних станций и съёмкой размещенных на объекте меток для обеспечения процесса регистрации и полноты данных. Работы проводились с нескольких станций для захвата всех необходимых сторон и граней объектов и обеспечения полноты данных. В целях исключения шума во время проведения работ по сканированию исключено попадание посторонних объектов в область съёмки.

Работа выполнялась с применением программного обеспечения Кредо 3Д Скан. Составляющие объекта были классифицированы на отдельные типы. Для каждого типа был создан элемент библиотеки с соблюдением основных типоразмеров. К примеру, был подготовлен элемент «труба стальная электросварная прямошовная» по ГОСТ 10704-91 с основными типоразмерами, представленными на модели в виде облака точек. Для уникальных объектов были созданы элементы согласно геометрическим размерам из модели в виде облака точек. Наименование элементов и основные характеристики узла были извлечены из проектной документации. Модели выполнялись в масштабе 1:1, геометрические параметры и взаимное расположение соответствует реальному положению (Рис.2).

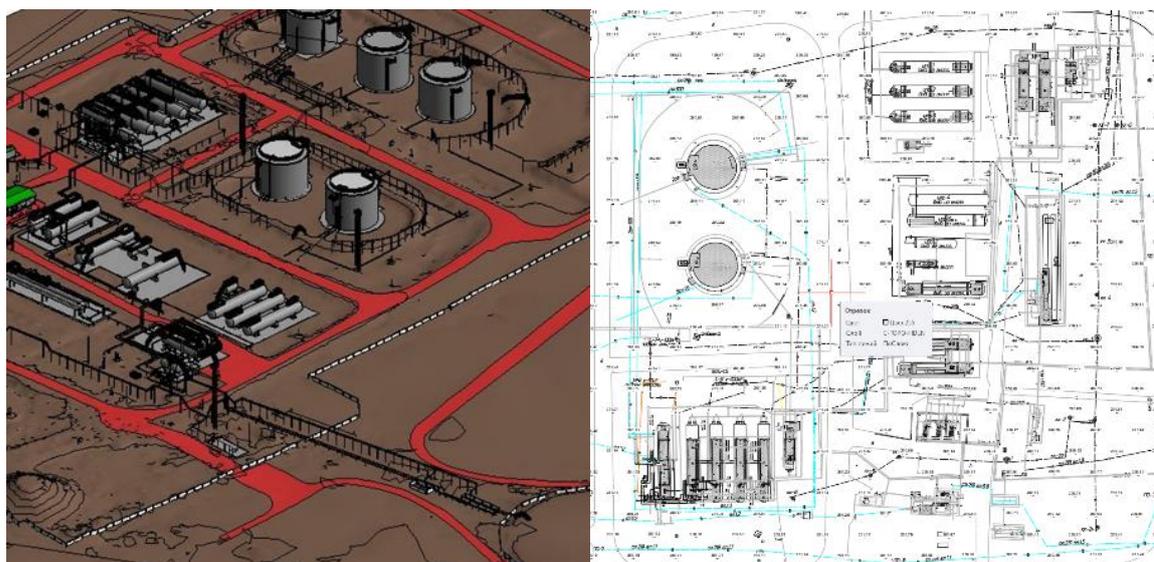


Рис.2. Полученные результаты ВЛС и НЛС

В случае масштаба 1:500, при высоте сечения 0,5 м указанная средняя погрешность составила 0,10 м., точность высот метода ВЛС соответствует точности масштаба 1:500.

Все материалы создаются в системе координат МСК «Татнефть» с использованием геодезической сети специального назначения ПАО «Татнефть» и совместимы с ПО, используемым в подразделениях ПАО «Татнефть».

По полученным 3D-моделям объектов Компании формируется топографический план объекта с нанесением имеющихся подземных коммуникаций.

По результатам услуг от ФАУ «Главгосэкспертиза России» выданы заключения, где первым пунктом указано: «Результаты инженерно-геодезических изысканий соответствуют действующим техническим регламентам».

Выполняемые работы в ПАО «Татнефть» позволяют рекомендовать метод ВЛС для картографирования масштаба 1:500 на открытых, застроенных и залесенных территориях, а также в создании 3D моделирования LOD300-500.

ВЫБОР ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Обухов Е.К.
АО «ПРИН»

Вступление:

Сегодня мы обсудим актуальную проблему выбора лазерного сканера, который будет эффективно решать задачи в области геодезии. В условиях современного развития технологий и растущих требований к точности измерений, выбор подходящего оборудования становится ключевым фактором успешной работы.

В докладе мы рассмотрим основные критерии выбора лазерного сканера: точность измерений, дальность действия, скорость сканирования. Также мы проанализируем преимущества и недостатки различных типов лазерных сканеров, чтобы помочь вам принять обоснованное решение при выборе оборудования для ваших проектов.

Виды технологий лазерного сканирование (ЛС):

- Наземное ЛС - стационарная съёмка на штативе
- Воздушное ЛС с БПЛА - съёмка с воздуха с беспилотных аппаратов
- Воздушное ЛС с ЛА - съёмка с воздуха на пилотируемой авиации
- Мобильное ЛС - съёмка с земли, с машины, с рюкзака, с катера или БПВА, с поезда
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) - технология получения траектории движения в процессе движения

Каждая из технологий имеет свои преимущества и недостатки при выполнении разных видов геодезических работ. Давайте разберемся с характеристиками, которые влияют на точность, дальности и скорость сбора информации при лазерном сканировании.

Конструкция сканирующего блока влияет на качество и вид облака точек.

Типы сканеров:

1. Профилографы - один луч, большая скорость вращения 50-600 Гц
2. Многолучевые - 16/32 лучей, скорость сканирования 5-20 Гц
3. Твердотельные - большой срок службы, низкая точность, малая дальность

Параметры сканеров:

Лазерные сканеры для геодезических работ различаются по нескольким параметрам:

• Принцип работы:

- Импульсные — измеряют время прохождения лазерного луча до объекта и обратно;
- Фазовые — определяют разность фаз отправленного и отражённого сигнала.

- **Дальность измерений:** от нескольких метров до нескольких сотен метров.

• **Точность измерений:** зависит от принципа работы, дальности измерений и других факторов. Может составлять от миллиметров до сантиметров.

- **Скорость сканирования:** измеряется в точках в секунду или в линиях в секунду.

Может достигать нескольких десятков тысяч точек в секунду.

- **Угол обзора:** может быть горизонтальным, вертикальным или круговым.

• **Плотность:** определяется количеством точек на единицу площади. Чем выше плотность, тем более детальное изображение можно получить.

- **Тип лазера:** обычно используется инфракрасный лазер, но могут применяться и другие типы лазеров.
- **Надёжность:** зависит от качества сборки, материалов и условий эксплуатации.
- **Защита от внешних воздействий:** некоторые модели имеют защиту от пыли, влаги и ударов.
- **Совместимость с программным обеспечением:** большинство современных моделей совместимы с популярными программами для обработки данных.
- **Частота вращения** - объем данных vs детальность
- **Количество отражений** - получаем рельеф в разных условиях
- **Погрешность измерений** - цена vs точность
- **И еще более 10 параметров** из которых складывается **цена** лазерной сканирующей системы.

Это лишь некоторые из параметров, которые следует учитывать при выборе лазерного сканера для геодезических задач.

Выбор сканера для решения геодезических задач:

1. SLAM сканеры:

- Съёмка внутри помещений (поэтажные планы) – быстро, но не всегда точно
- Топографическая съёмка – быстро и детально
- Подеревная съёмка – быстро и детально, нет сложностей с ГНСС сигналом
- Инвентаризация – быстро и детально, нет сложностей с ГНСС сигналом
- Подсчет объемов – быстро и детально, нет сложностей с ГНСС
- Кадастр – быстро, но не видно крыш

2. ВЛС (воздушные лазерные сканеры):

- Открытые пространства – быстро vs детальность
- Топографическая съёмка – быстро и детально, требуется досъёмка с земли
- Лесотаксация – для автоматических алгоритмов требуется большая плотность и хорошее качество облака

- Инвентаризация – для объектов, видимых с воздуха

- Подсчет объемов – быстро и просто

- Съёмка протяженных объектов – дороги, ЛЭП

3. МЛС (Мобильное лазерное сканирование):

- Протяженные объекты – быстро и детально
- Топографическая съёмка – там, где можно проехать
- Подеревная съёмка – там, где нельзя летать, но можно пройти или проехать
- Инвентаризация – для объектов, не видимых с воздуха
- Подсчет объемов – там, где нельзя летать
- Кадастр – там, где нельзя летать, но можно пройти или проехать.

Решения СНСNAV

■ [AlphaAir 450](#)



■ [AlphaAir 10](#)



■ [AlphaAir 15](#)



■ [AlphaUni 10](#)



■ [AlphaUni 20](#)



■ [RtkSlam10](#)



Заключение

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что выбор сканера для решения геодезических задач — это важный этап в работе любого специалиста. От правильного выбора зависит точность и скорость выполнения работ, а также их стоимость.

В ходе доклада были рассмотрены основные критерии выбора лазерного сканера, проанализированы преимущества и недостатки различных типов сканирующих систем.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТИ ПОСТОЯННО-ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОГО СПУТНИКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Четайкин Р.А.
АО «ПРИН»*

Использование сигналов Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (ГНСС) для решения различных хозяйственных и управленческих задач уже перестало быть чем-то экстраординарным. Одним из факторов, стимулирующих развитие подобных технологий в Российской Федерации, является наличие отечественной системы ГЛОНАСС и то внимание, которое руководство страны уделяет ее развитию.

Технология использования инфраструктуры Постоянно Действующих Базовых Станций (далее ПДБС) находит все более широкое применение в Российской Федерации. Данная технология позволяет решать широкий спектр задач, некоторые из которых более подробно рассмотрены в последующих разделах данного документа.

Сети постоянно-действующих базовых станций

Сеть постоянно-действующих базовых станций (или Геодезическая Сеть Специального Назначения) создается с целью обеспечения выполнения геодезических работ при осуществлении градостроительной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования, иной деятельности, а также повышения точности результатов указанных работ.

Важнейшей задачей отрасли геодезии и картографии является обеспечение федеральных органов исполнительной власти и иных заинтересованных лиц картографическими материалами и результатами геодезических измерений для решения государственных задач в сфере территориального развития, строительства и инженерных изысканий, управления природными ресурсами, экологии, навигационной деятельности, обороны и безопасности государства.

Основные области применения

- Строительство дорог
- Беспилотный транспорт и контроль поставщиков
- Высокоточное земледелие
- Инженерно-геодезические изыскания

Использование сети постоянно-действующих базовых станций для работы современного спутникового оборудования

Основные преимущества:

1. Создание новой высокоточной геодезической основы (Задание единого координатно-временного пространства)
2. Эффективное использование всех навигационных спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС, BeiDou и Galileo
3. Автоматизация процесса сбора, обработки и предоставления спутниковых данных при выполнении геодезических измерений и определении координат объекта
4. Повышение точности и надежности определения координат

5. Повышение производительности выполнения всех видов геодезических, кадастровых и строительных работ с использованием спутниковых технологий

Геодезическая сеть специального назначения PrinNet

Компания ПРИН развивает свою собственную сеть базовых станций PrinNet с 2014 года на территории России.

На данный момент сеть PrinNet насчитывает более 600 базовых станций по всей России.

Основные преимущества сети PrinNet:

- Сервера ЦОД (Центр обработки данных), на которых размещено ПО для управления сетью PrinNet расположены на территории России
- Собственное ПО для управления сетью базовых станций
- Личный кабинет пользователя с широким функционалом
- Возможность подключения спутникового оборудования любого производителя
- Гибкие тарифы

КОСМИЧЕСКАЯ СЕРИЯ ПРИЕМНИКОВ SINOGNSS ОТ КОМПАНИИ COMNAV

Халитов Б.М., Комаров Д.Р.

ООО «Геостройизыскания» г. Казань

В 2022 году команда ГСИ провела масштабную работу по расширению линейки поставляемого геодезического оборудования. Мы ответственно подошли к выбору новых ГНСС приёмников и среди всего многообразия мировых брендов выбор пал на производителя ComNav Technology, который производит приёмники под брендом SinoGNSS.

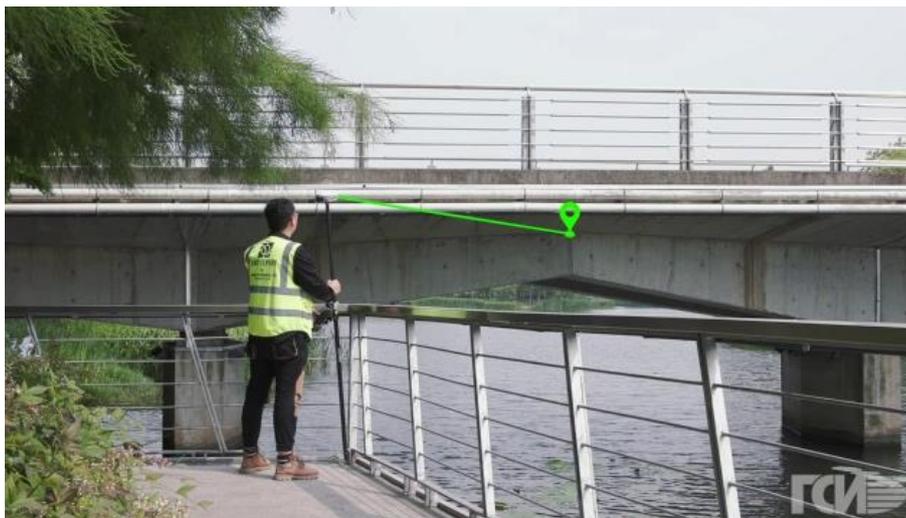
Компания ComNav Technology разрабатывает и производит OEM платы, ГНСС приёмники, полевые контроллеры, защищённые планшеты, собственное программное обеспечение, БПЛА и другие решения для высокоточных систем позиционирования по всему миру. Самый первый приёмник в линейке SinoGNSS появился 10 лет назад и им стал приёмник T300.

Сегодня мы представляем, спутниковые геодезические приемники компании ComNav Technology — SinoGNSS MARS и SinoGNSS Venus, которые являются новинками 2024 г. и обладают мощными вычислительными возможностями, точным позиционированием и низким энергопотреблением, благодаря новейшей платформе K8 собственной разработки компании-производителя. Каждый из них уникален и имеет ряд принципиальных конструктивных отличий.

MARS является продолжением серии приемников SinoGNSS со встроенным лазерным дальномером, а VENUS это первый в мире приёмник, позволяющий производить измерения без использования вехи. Остановимся подробнее на каждом из них.

SinoGNSS MARS.

Спутниковый приемник SinoGNSS MARS является



самой долгожданной из новинок 2024 г. Встроенные УКВ-модем, модуль Wi-Fi и 4G-модем обеспечивают приемнику универсальность при проведении абсолютно любых видов геодезических работ. Наличие лазерного

дальномера и модуля IMU позволяет осуществлять съемку и вынос объектов в натуру без установки на измеряемую точку вехи или приемника и упрощает выполнение сложных геодезических задач в труднодоступных местах или зонах с ограниченным отслеживанием спутников, что значительно расширяет диапазон его применения. MARS является продолжением серии приемников SinoGNSS со встроенным лазерным дальномером, но, в

отличие от приемника VENUS, точное наведение на труднодоступную съемочную точку видимого луча дальномера осуществляется наклоном вехи.

Отметим ключевые характеристики и параметры SinoGNSS MARS:

- принимает сигналы всех ГНСС на 1668 каналах;
- скорость обновления данных составляет 1 Гц, 2 Гц, 5 Гц, 10 Гц, 20 Гц;
- встроенный лазерный дальномер миллиметровой точности обеспечивает определение пространственного положения недоступных снимаемых и выносимых точек, находящихся на расстояниях до 15 м от приемника;
 - цветной OLED-дисплей, расположенный на корпусе приемника, обеспечивает отображение важной рабочей информации даже при ярком солнечном свете;
 - встроенный модуль IMU компенсирует угол наклона приемника до 60° с точностью до 2,5 см;
 - точность определения пространственных координат в статике и быстрой статике: в плане 2,5 мм + 0,5 мм/км, а по высоте 5 мм + 0,5 мм/км;
 - точность в режиме RTK с учетом наклона вехи с приемником до 60° составляет: в плане 5 мм + 0,5 мм/км + 0,5* α , а по высоте 10 мм + 0,8 мм/км + 0,5* α (α — угол наклона в градусах);
 - точность в режиме RTK при измерениях встроенным лазерным дальномером и с учетом наклона вехи с приемником до 60° составляет: в плане 10 мм + 0,5 мм/км + 0,5* α , а по высоте 15 мм + 0,8 мм/км + 0,5* α (α — угол наклона вехи в градусах);
 - имеются встроенные в корпус приемника средства связи: УКВ-модем, мощность которого настраивается от 0,5 до 2 Вт, диапазон частот 410–470 МГц, 4G-модем, Bluetooth и NFC, Wi-Fi;
 - объем встроенной памяти 32 Гбайта;
 - уровень пылевлагозащиты соответствует классу IP67;
 - работоспособность приемника не нарушается при падении с высоты до 2 м на бетонную поверхность;
 - два съемных аккумулятора обеспечивают работу до 20 часов (предусмотрена их «горячая» замена);
 - размер корпуса: диаметр 155 мм, толщина 73 мм;
 - вес 1,2 кг;
 - диапазон рабочих температур от –45°C до +75°C.



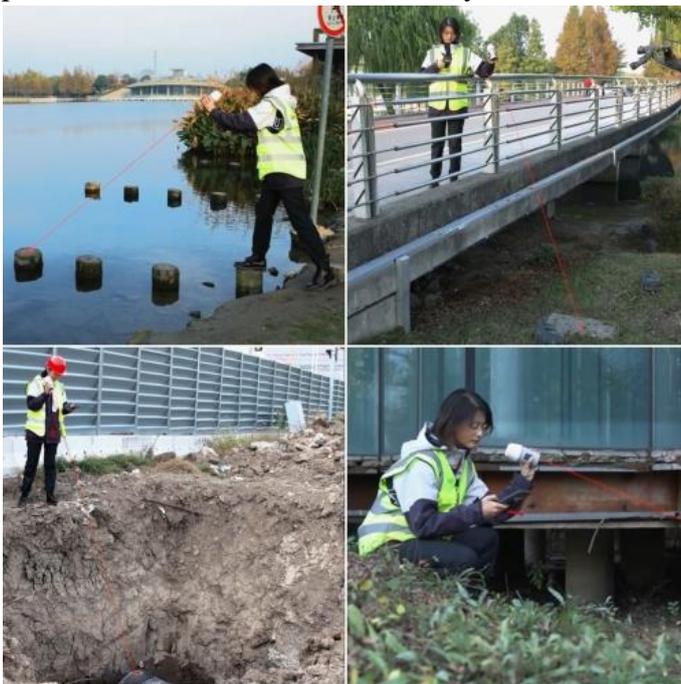
В состав комплекта входит: спутниковый приемник SinoGNSS MARS, 2 Li-ion аккумулятора, зарядное устройство с блоком питания, кабель передачи данных USB, 2 УКВ-антенны, транспортировочный кейс, втулка для адаптера трегера, рулетка, полевой контроллер R60, программное обеспечение Survey Master, веха для установки ГНСС-приемника, крепление контроллера на веху.

SinoGNSS Venus.



Это первый в мире приёмник с встроенным лазером и модулем IMU, позволяющий производить измерения без использования вехи. Venus расширяет рамки привычной геодезической съёмки и готов решать сложные полевые задачи, с которыми не справится обычный ГНСС приёмник. Для Venus Laser RTK доступны измерения под навесом, за забором, в глубоких траншеях и многих других труднодоступных объектов. Venus принимает сигналы со всех спутниковых систем, имеет 1590 спутниковых каналов. Используемые в приёмнике передовые технологии собственной разработки ComNav Technology и плата K8

нового поколения наделяют Venus мощными вычислительными возможностями, точным позиционированием и низким энергопотреблением. С помощью Venus фиксированное решение может быть получено за считанные секунды. Эргономичный дизайн приёмника разработан специально для максимального удобства переноски. Вес Venus составляет всего 380 грамм и сводит к минимуму усталость специалиста, а компактные размеры позволяют разместить его даже в дамской сумочке. Venus Laser RTK поддерживают технологию NFC,



что даёт возможность быстро подключаться к контроллеру одним касанием. Благодаря встроенному датчику IMU третьего поколения и алгоритму уникальной разработки приёмник Venus Laser RTK не подвержен магнитным помехам и поддерживает компенсацию наклона до 60° с сохранением высокой точности измерений. Выполнять работы с приёмником Venus можно двумя способами – привычным способом с вехой и в режиме работы лазера без использования вехи. В нижней части Venus располагается лазерный дальномер миллиметровой точности, который измеряет расстояние до точки и позволяет

приёмнику вычислить её координаты. При этом использование вехи становится уже необязательным! Измерения можно выполнять с помощью кнопки, расположенной на корпусе приёмника. Прочный корпус Venus имеет пылевлагозащиту IP68, выдерживает падение с 2 метров на бетон и готов к сложным полевым испытаниям. Встроенная батарея позволяет работать с приёмником до 20 часов. При использовании блока питания QC 2.0 время полного заряда приёмника составляет менее 4 часов. В сочетании с контроллером SinoGNSS R60 и ПО Survey Master приёмник Venus станет идеальным решением для работы от сети постоянно действующих базовых станций.



В состав комплекта входит: спутниковый приемник SinoGNSS Venus, адаптер зарядного устройства и кабель USB – Type C, быстросъемный адаптер, поворотный адаптер для вехи, транспортировочный кейс, контроллер R60 с программным обеспечением Survey Master, кронштейн для контроллера.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧИ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PPP-АЛГОРИТМА

Макаров С.О.

Российский Университет Транспорта, РУТ(МИИТ)

С середины 90-х годов спутниковые методы позиционирования стали неотъемлемой частью геодезического производства. На сегодняшний день сложно представить комплекс топографо-геодезических работ без этих методов. Так в начале XXI века в NASA был разработан метод Precise Point Positioning (далее «PPP») или по-другому методы высокоточных координатных определений. Однако его реализация стала возможна лишь не так давно, благодаря развитию телекоммуникационных технологий и вычислительных мощностей появились недоступные ранее методы спутникового позиционирования.

Для успешной обработки данных по PPP-алгоритму необходим обширный набор параметров: высокоточные эфемериды; локальные модели ионосферы и тропосферы для формирования локальных атмосферных поправок. Помимо этого, вводятся поправки за приливы и отливы, за движение литосферных плит, помимо этого рассчитывается поправка за прецессию и нутацию [6]. Эфемериды и необходимые поправки определяют международные сервисы обработки ГНСС-данных, например, SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Centre) и IGS (International GNSS Service).

Минимальное время обработки по PPP-алгоритму составляет 10 минут, однако для получения устойчивого решения продолжительность измерений должна варьироваться от 2-х до 3-х часов, что было доказано в работах. Несмотря на это, на сегодняшний день отсутствует регламентирующая информация по использованию PPP-методов обработки спутниковых данных.

На сегодняшний день реализовано большое количество методов обработки по PPP-алгоритму. Во-первых, существуют интернет-сервисы (Trimble RTX, CSRS, IGS). Во-вторых, реализованы различные программные обеспечения, как коммерческие (Trimble Busines Centre (TBC), КРЕДО ГНСС, Bernese. ТропоGNNS), так и с открытым кодом (RTKLIB). Ключевым отличием интернет-сервисов от программных обеспечений является то, что они бесплатные, но при этом обеспечивают одинаковый уровень точности [1].

С целью исследования влияния количества спутников на получаемую точность определения координат была написана программа на языке программирования python 3. На рисунке 1 приведено стартовое окно данной программы.

```
E:\Диссертация\главы 3,4\сеть 3\4 часа>rinmix_cli.exe
usage: rinmix_cli.exe [-h] [-v] -if INPUT_FILE [-of OUTPUT_FILE] [-tm INTERVAL] [-st START_TIME]
                    [-ft FINISH_TIME] [-dt REMOVE_TIME]
                    GNSS [GNSS ...]
rinmix_cli.exe: error: the following arguments are required: -if/--in_file, GNSS

E:\Диссертация\главы 3,4\сеть 3\4 часа>rinmix_cli.exe -h
usage: rinmix_cli.exe [-h] [-v] -if INPUT_FILE [-of OUTPUT_FILE] [-tm INTERVAL] [-st START_TIME]
                    [-ft FINISH_TIME] [-dt REMOVE_TIME]
                    GNSS [GNSS ...]

Утилита удаления из RINEX-файла спутниковых измерений
```

Рис. 1. Стартовое окно программы

Далее в программе прописывается путь к редактируемому RINEX-файлу и номера удаляемых спутников. Отфильтрованный RINEX файл располагается в папке директории программы. В дальнейшем была проведена фильтрация RINEX файлов по следующим параметрам и, в конечном итоге, были получены RINEX-файлы содержащие: 40,35,30,25,20,15,10,8,5 спутников. Далее были найдены разности координат (полученных при обработке) и эталонных. Результаты указываются в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение точности при использовании ГНСС

спутников	35	30	25	20	15	10	8	5
pdop	0,99	1,02	1,25	1,45	1,68	2,15	2,42	2,62
δX , м	0,138	0,144	0,155	0,165	0,172	0,209	0,360	0,840
δY , м	0,131	0,132	0,114	0,126	0,131	0,167	0,416	0,673
δZ , м	0,237	0,241	0,228	0,230	0,235	0,285	0,311	0,571
δS , м	0,304	0,310	0,298	0,310	0,355	0,391	0,632	1,218

Влияние продолжительности измерений на точность определения координат по PPP-алгоритму.

Для исследования точности определения координат по PPP-алгоритму в зависимости от продолжительности измерений были получены RINEX-файлы с сеансами измерений: 15,30,45 минут, а также 1,2,3,4,5 часов. В последующей обработке было установлено, что проводить измерения свыше 3-х часов нецелесообразно, поскольку точность определения координат неизменна. На рисунке 2 приведен график, иллюстрирующий влияние продолжительности измерений на точность определения координат по PPP-алгоритму при использовании интернет-сервиса CSRS [2].

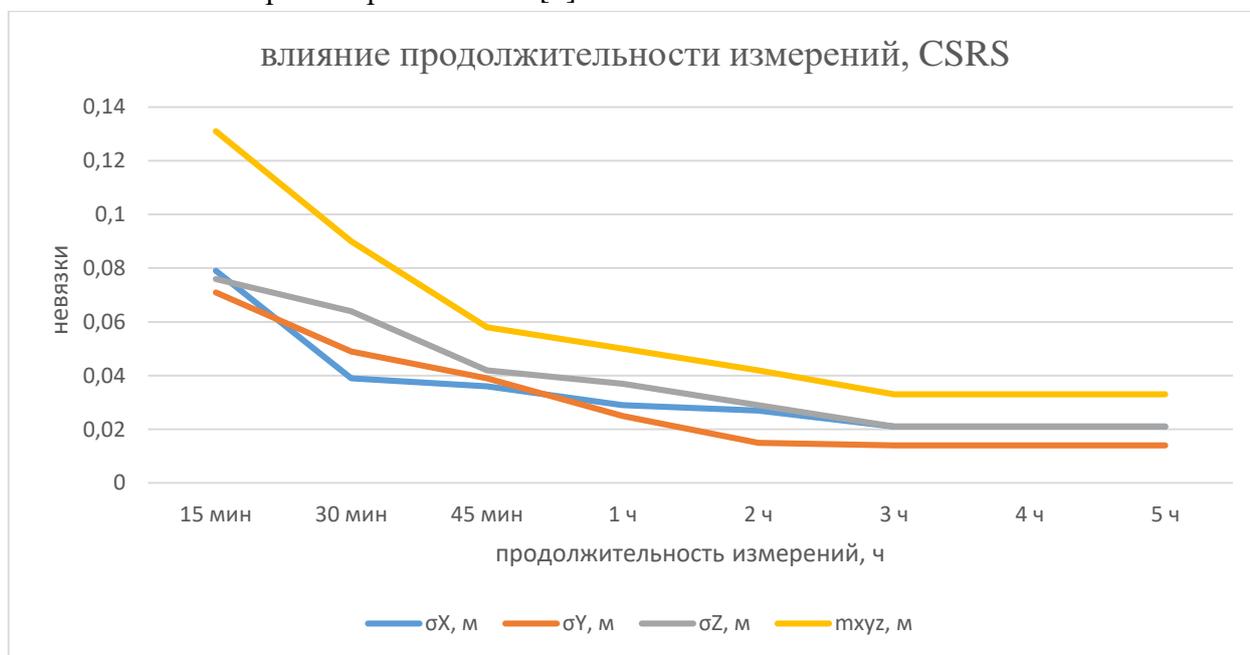


Рис. 2. Влияние продолжительности измерений на точность определения координат

Как видно из рисунка 1 точность определения координат практически неизменна при продолжительности измерений свыше 3-х часов.

Влияние конфигурации ГНСС-созвездий

В ходе исследований было определено, что точность определения координат только по сигналам ГЛОНАСС (R) в среднем хуже на 30%, чем при совместной обработке сигналов ГЛОНАСС и GPS (G). При совместной обработке 3-х и более созвездий (G, R и С (BDS)) точность определения координат практически не отличается от использования 2-х созвездий. В таблице 2 приведено сравнение точности определения координат при использовании только данных G и G+R[3].

Таблица 2

Сравнение точности при использовании ГНСС

t	G			G+R		
	$\sigma X, м$	$\sigma Y, м$	$\sigma Z, м$	$\sigma X, м$	$\sigma Y, м$	$\sigma Z, м$
1	-0,014	-0,014	-0,012	-0,009	-0,011	-0,011
2	-0,012	-0,01	-0,014	-0,008	-0,006	-0,003
3	-0,012	-0,012	-0,018	-0,012	-0,012	-0,013
4	-0,013	-0,014	-0,025	-0,013	-0,014	-0,017

Основные выводы:

- 1) PPP-алгоритм можно применять для создания геодезических сетей, в том числе высокоточных.

Литература

- 1) Макаров С.О., Тихонов А.Д. Сравнение точности геодезических сетей, координаты которых определены с использованием метода высокоточных координатных определений и классической постобработкой // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 6. – С. 103-108;
- 2) Макаров С.О., Тихонов А.Д. Анализ точности координат геодезических пунктов, определенных с помощью методики высокоточных оординатных определений обработки спутниковых данных // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 1. – С. 94-99;
- 3) Макаров, С.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ // С.О. Макаров // Грозненский естественнонаучный бюллетень. - 2023. № 1 (31) 8. - 31-38. doi: 10.25744/genb.2023.15.64.003

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ. МАРШРУТ ПЕРВЫЙ

Богданов А.С.

Санкт-Петербургское ГКУ «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности», Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии

На протяжении многих лет сотрудники Комитета по градостроительству и архитектуре Санкт-Петербурга, члены и партнеры Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии, работники Санкт-Петербургского государственного казенного учреждения «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности» студенты и преподаватели высших и средне-специальных учебных заведений города выполнили совместно многочисленные работы по исследованию, спасению и восстановлению раритетов геодезической истории, созданию интерактивных ресурсов для популяризации современных и исторических объектов геодезии и картографии. Полученные материалы легли в основу интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический». Разнообразие геодезических объектов, включенных в интерактивный ресурс, особенно в центральной части города, натолкнуло на мысль о разработке тематических экскурсий, посвященных геодезии и картографии «Петербург геодезический. История и современность». Карта разрабатывается с 2021г. совместно со студентами кафедры картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета. Экскурсия рассчитана на студентов, специалистов и научных работников, интересующихся историей геодезии.

Санкт-Петербург - геодезическая столица России. Именно здесь расположена астрономическая жемчужина – Пулковская астрономическая обсерватория, от центра Круглого зала которой долгое время считались координаты в России, именно в Санкт-Петербурге находится Кронштадтский футшток, от которого идет счет высот в Российской Федерации.

Пулковская обсерватория построена по проекту Александра Брюллова. Открыта в 1839г. Основателем и первым директором обсерватории был великий астроном и геодезист Василий Яковлевич Струве. Кроме многочисленных астрономических открытий Василий Струве был одним из организаторов и исполнителей измерений Русско-Скандинавской дуги меридиана. В 2005г. сохранившиеся инфраструктурные элементы (геодезические и астрономические пункты) Русско-Скандинавской дуги меридиана внесены в Список всемирного культурного наследия ЮНЕСКО как номинация № 1187 - «Геодезическая Дуга Струве».

Высоты геодезических и нивелирных пунктов в Российской Федерации отсчитываются от нуля Кронштадтского футштока, т.е. приведены к Балтийской системе высот. В России футшточную службу организовал Пётр I. Первый футшток появился в Петербурге в 1703г., а в 1707г. на острове Котлин (Кронштадт) появилась футшточная служба, в 1825-1839 гг. русский гидрограф М.Ф. Рейнеке вывел средний уровень моря для нескольких мест Финского залива и предложил совместить его с нулями футштоков. Это нововведение позволило производить наблюдения за уровнем моря от одной нулевой отметки – Кронштадтского футштока. За выносной репер Кронштадтского футштока принята горизонтальная высечка буквы «П» в слове «Польза» на памятнике П. К. Пахтусову, расположенном около Итальянского дворца (Кронштадт).

В настоящей статье мы «пройдем» по одному из маршрутов экскурсии «Санкт-Петербург геодезический».

Экскурсия начинается от площади Ломоносова и идет по ул. Зодчего Росси. Строительство улицы было выполнено в рамках проекта организации Александринской площади (ныне – площадь Островского). Улицу образуют два однотипных трехэтажных величественных здания, стоящих друг против друга. Улица уникальна своим точным следованием античным канонам - её ширина равна высоте её образующих зданий (22 метра), а длина ровно в десять раз больше - 220 метров (Фото 1).

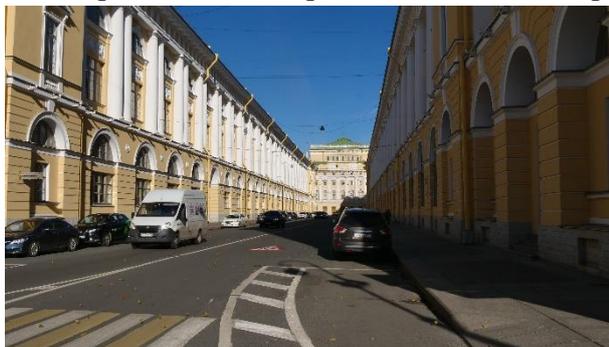


Фото 1. Ул. Зодчего Росси, на заднем плане – здание Александринского театра (Фото автора, 2022)



Фото 2. Марка нивелировки 1872-1874 гг. на ул. Зодчего Росси 1-3 (Фото автора, 2022)

На доме № 1-3 и доме № 2 по ул. Зодчего Росси мы можем увидеть установленные в стенах зданий марки первой высотной основы Санкт-Петербурга. Это геодезические раритеты Санкт-Петербурга. Техническое нивелирование центральной части города для целей водоотведения (строительства канализации) выполнялось в 1872-1876 гг. под руководством капитана Корпуса военных топографов Михаила Александровича Савицкого. Всего было установлено 2126 марок. Марка имеет вид круга, диаметром 4 дюйма, центр которого обозначен маленьким крестом; сверху отлита рельефная надпись «нивелировка 1872 г.», а внизу, также рельефными буквами» «саж. и X» (фото 2). Высота в саженьях, отвечающая центру марки, а также номер марки, были написаны белой масляной краской, которая впоследствии истерлась. Нумерация марок общая. Капитан Савицкий прежде всего лично сделал нивелировку по главнейшим линиям, охватывающим все пространство города, предназначенное к нивелировке. Им пронивелировано было около 30 верст, причем определены высоты 200 чугунных марок, прибитых к стенам зданий, которые и были приняты за основания для одновременных работ в разных частях города.

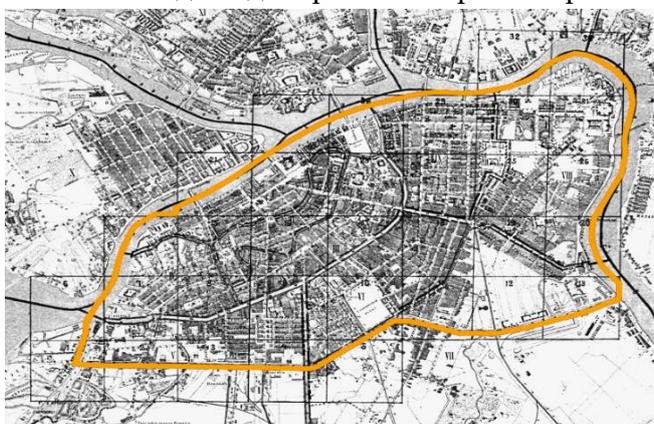


Рис. 1. Сборная таблица из 33 листов плана М.А. Савицкого с границами работ.

В ходе работ по нивелированию был составлен план центральной части г. С.Петербурга, между р. Большой Невой, речкой Черной (Екатерингофкой) и Обводным каналом, который представлен на 33-х листах (Рис. 1).

В 2024г. члены Ассоциации во взаимодействии со студентами Санкт-Петербургских ВУЗов и Колледжей осуществили обследование сохранившихся марок. В ходе обследования было найдено 67 марок.

Геодезическая общественность Санкт-Петербурга прикладывает усилия по получению для марок Савицкого статуса объектов регионального культурного значения.

Мы идем по направлению к Александринскому театру. На здании театра сохранилось 3 марки нивелировки М.А. Савицкого.

Город Санкт-Петербург на протяжении 300 лет своего существования пережил 308 наводнений, часть из которых носила разрушительный характер.

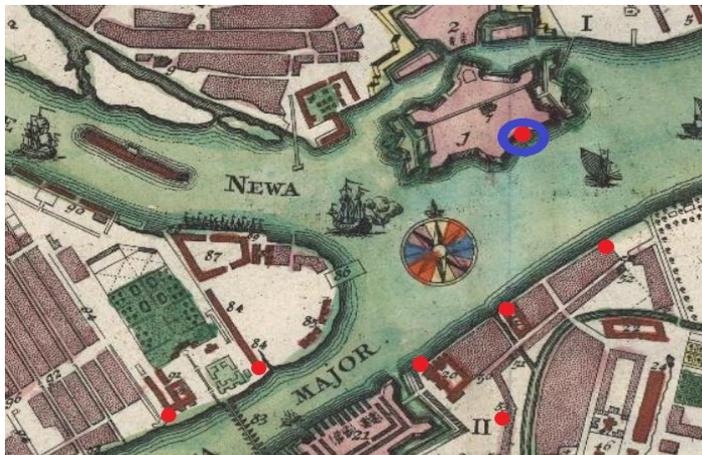


Рис. 2. Фрагмент плана Санкт-Петербурга с нанесенными красным цветом метками наводнения 1777г [1]. Синим кружком обведена сохранившаяся метка наводнения 1777 года, установленная в Невских воротах Петропавловской крепости.

Одновременно Бауер завершил начатые ранее картографические работы по составлению рукописного «Плана столичного города Святого Петра с показанием возвышения воды от бывшего в 1777 году сентября 10 дня наводнения на плане под номерами синею краскою означенными» [1].



Фото 3. Аничков дворец. Красным кружком показан юго-восточный угол здания - место нанесения Бауером метки наводнения 1777 года. (Фото автора, 2023)

После наводнения 1777 года императрица Екатерина II поручила генерал-квартирмейстеру Ф.В.Бауеру выполнить нивелирование территории города и определить масштабы бедствия. В целях создания высотной основы для дальнейших работ по планомерной подсыпке территорий, подвергнувшихся затоплению, Ф.В. Бауер распорядился отметить уровень наводнения на отдельных домах города (около 700 меток), выполнил нивелирование и определил высоты этих меток-уровней (Рис. 2).

Необходимо отметить большую значимость выполненной Бауером работы для дальнейшего развития города. Ведь, по сути, это были первые инженерные изыскания в истории Петербурга. Одна из нивелирных меток под № 347 каталога Бауера располагалась возле юго-восточного угла здания Аничкова дворца (Фото 3). Следующая остановка экскурсии на Аничковом мосту. Каменный арочный мост через реку Фонтанку, был открыт в 1841 году. Мост знаменит скульптурными группами «Укрощение коня человеком», созданными скульптором П. К. Клодтом и ставшими одним из символов города.

В 1874 году на гранитных основаниях церквей, памятников и мостов М.А. Савицким сделаны насечки в виде горизонтальной черты, с высеченной надписью высоты над ординаром нивелировки Савицкого. На северо-восточном пьедестале скульптурных групп Аничкова

моста приглядевшись можно заметить горизонтальную черту - высечку (Фото 4). Цифры превышения – 3.0 сажень относительно ординара нивелировки Савицкого.



Фото 4. Высотная высечка нивелировки Савицкого 1874 г. (Фото Соколов Ю.Г., 2013 г.).



Фото 5. Бронзовая доска с надписью (Фото автора, 2022).

На этом же пьедестале можно увидеть сколы гранита, оставленные снарядом во время Великой отечественной войны. Об этом информирует и доска с надписью: «Это следы одного из 148 478 снарядов, выпущенных фашистами по Ленинграду в 1941-1944 гг.» (Фото 5).



Фото 6.

В 300 метрах от Аничкова моста, в фундаменте д. № 19 по наб. реки Фонтанки заложен современный пункт полигонометрии «на двух реперах» (Фото 6). Красными кружками на фото обозначены местоположения репера и болванки. (Фото автора, 2022).

Далее наша экскурсия движется к Марсову полю, и перед нами открывается Михайловский замок (Инженерный замок), возведенный по указу императора Павла I. Михайловский замок является одним из выдающихся зданий Санкт-Петербурга, включенных в плановую геодезическую сеть сгущения, выполненную в период с 1996 по 2015гг. специалистами ООО «НПП «Бента» [3]. В качестве выдающихся объектов для развития сети использованы купола 37 религиозных храмов, в том числе таких известных как: Исаакиевский собор, Казанский собор, Троицкий собор, Смольный собор, Соборная мечеть, а также шпиль Адмиралтейства, шпиль Петропавловского собора, шпили на зданиях Морского вокзала, Финляндского вокзала, Дома ленинградской торговли (ДЛТ), телевизионная мачта (ТВ-5), мачта центрального узла связи (ЦУС) и др.

Следующая остановка экскурсии у здания Санкт-Петербургского государственного университета культуры. В фундаментах зданий Университета сохранился «куст» из 7 реперов (марок) нивелирования разных лет закладки: в здании по адресу Миллионная ул. д.1, расположена марка нивелировки Савицкого 1872 года, в здании по адресу Дворцовая набережная д. 2 – марка нивелировки Сергиевского 1911 года (Фото 7), в здании по адресу Дворцовая набережная д. 4 - марка точной нивелировки Главного геодезического комитета ВСНХ 1928-1930 г. (Фото 8), репер-дублер марки точной нивелировки Главного геодезического комитета ВСНХ 1928-1930 г., марка Сергиевского и репер городской нивелировки 1909г.



Фото 7. Марка Сергиевского 1911 г.
(Фото автора, 2022).



Фото 8. Марка ГПК ВСНХ
(Фото автора, 2022)

Далее экскурсия направляется в Петропавловскую крепость. Крепость была заложена 27 мая 1703г. и этот день принято считать днем основания Санкт-Петербурга. К памятникам геодезического наследия, находящимся на территории Петропавловской крепости, можно отнести шпиль собора Петра и Павла, а также метки наводнений Санкт-Петербурга, установленные в Невских воротах крепости.



Рис. 3. Выкопировка с Плана тригонометрической съемки между Санкт-Петербургом и Нарвой (примерно 1811 год)

Шпиль собора использовался как точка планового геодезического обоснования в триангуляциях Ф.Ф. Шуберта, Паснера-Теннера (Рис. 3) и др. В 1925г. при выполнении аэрофотосъемочных работ ОСОАВИАХИМОМ, он послужил точкой обоснования для триангуляции при создании топографических планов Ленинграда масштаба 1:2000. Шпиль Петропавловского собора также вошел и в Каталог координат плановых сетей сгущения Санкт-Петербурга, подготовленный ООО «НПП «Бента» в 2015г. [3].

Высотные отметки меток наводнений, установленных в Невских воротах занесены в каталог высот нивелирных пунктов Санкт-Петербурга.

Самыми катастрофическими из наводнений были:

➤ Наводнение 10 сентября 1777 - вода в Неве поднялась на 321 сантиметр выше ординара (Фото 9).

В этот день случилось первое в городской истории катастрофическое наводнение. Оно привело к большим разрушениям и немалым жертвам. По подсчетам самой Екатерины Великой, погибли тысячи людей.

➤ Наводнение 7 ноября 1824 года - уровень воды в Неве поднялся примерно на 421 сантиметр выше ординара (Фото 10).



Фото 9. Доска с метками наводнения 1752 и 1777 гг., установленная в Невских воротах (Фото автора, 2022)



Фото 10. Доска с меткой наводнения 1824 года, установленная в Невских воротах Петропавловской крепости (Фото – автора, 2022).

Уровень воды в Неве тогда поднялся примерно на 4 метра 21 сантиметр выше ординара и устойчиво сохранялся на этой отметке долгое время. По официальным данным погибло около 5000 человек. Велики были и разрушения.

➤ Наводнение 23 сентября 1924 года - вода поднялась на 380 сантиметров выше ординара.

Это третий по счету и второй по рейтингу удар водной стихии в городской истории катастроф. Наводнение принесло огромные материальные потери. Особенно большой урон был причинен коммунальному хозяйству города.

В Санкт-Петербурге сохранилось около 70 меток наводнений. Конечно же, больше всего из них относятся к наводнениям 1824 и 1924 годов. Одна из меток установлена на Летнем дворце Петра I, расположенном в Летнем саду (Фото 12, 13).



Фото 11. Летний дворец Петра I.



Фото 12. Метка наводнения 1824 года на здании Летнего дворца Петра I.

Литература

1. Бауер Ф.В. План Столичнаго Города Святаго Петра с показанием возвышения воды от бывшего в 1777м году сентября 10го дня наводнения на плане под номерами синею краскою означенными. СПб.: ГМИ СПб. Фонд графики истории города. Шифр: I-A-548-K.
2. Альбом выдающихся объектов города Санкт-Петербурга, включенных в сеть сгущения определенных в МСК-64 и МСК-78. ООО «НПП «Бента». 2015. - С. 63. – 123 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА МЕТОДАМИ ГНСС

Фаилова Д.Ш.¹, Рахимбердиева М.Р.²

¹ Астрономический Институт Академии наук Узбекистана

² Национальный Университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Применение Глобальной Навигационной Спутниковой Системы (ГНСС) для исследования современных движений тектонических плит стало важным этапом в развитии космической геодезии. Современные ГНСС-технологии позволяют определять 3D-координаты с высокой точностью, фиксируя даже незначительные смещения, которые необходимы для создания детализированных моделей кинематики плит. С расширением пространственного охвата и улучшением точности геодезических сетей на поверхности Земли, выявляются расхождения между данными, полученными методами космической геодезии, и традиционными геологическими моделями. Эти несоответствия стимулируют дальнейшие исследования и совершенствование моделей, учитывающих как крупномасштабные, так и локальные деформационные процессы. С этой точки зрения актуальной является задача проведения мониторинга скоростей постояннодействующих пунктов для исследования кинематики геологических плит и регионов с развитой инфраструктурой, таких как Южный Узбекистан. Целью данного исследования является построение карты горизонтальных движений земной коры Южного Узбекистана с использованием анализа GPS и сравнение горизонтальных скоростей пунктов с глобальными тектоническими моделями GEODVEL2010, NNR-MORVEL56, NUVEL-1A.

Территория Южного Узбекистана характеризуется сложным геолого-геофизическим строением, где выявлены крупные месторождения нефти, газа и других полезных ископаемых. На этой территории, в городе Китаб, в 1990-х годах была установлена первая ГНСС-станция для изучения геодинамики Земли (KIT3, KITG, KIVC). Сегодня государственная спутниковая геодезическая сеть продолжает развиваться и постепенно переходит в режим постоянного мониторинга. На сегодняшний день насчитывается около 50 постояннодействующих станций CORS (Continuously Operating Reference Stations), расположенные по всему Узбекистану и 12 из них расположены на исследуемой области (рис.1) [1].

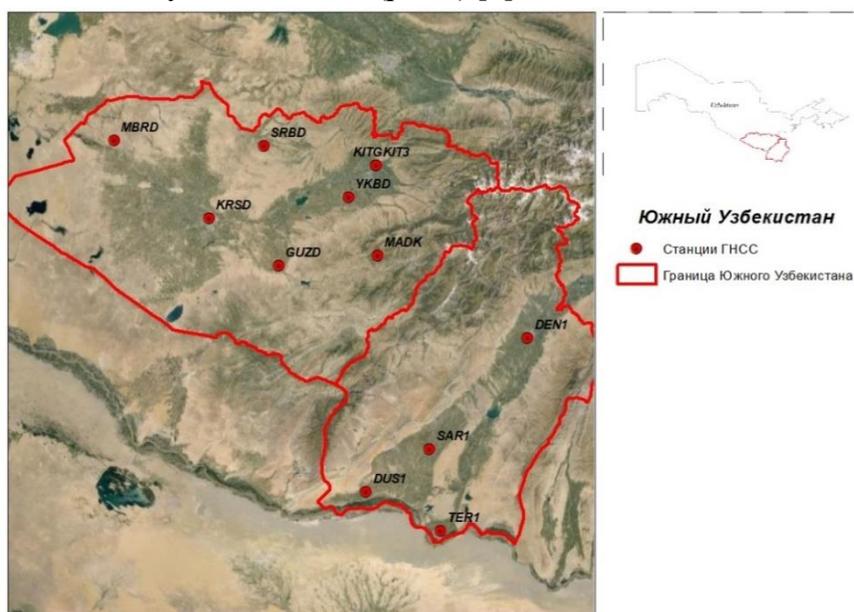


Рис. 1. ГНСС станции Южного Узбекистана

Более ранние исследования Южного Узбекистана показали активацию современных движений земной коры, значения которых составляет 12-14 мм в год [2].

Исходными данными для оценки горизонтальных скоростей движения станций в исследуемом регионе являлись результаты GPS-наблюдений (RINEX-файлы) за период 2018-2023 гг. Обработка измерений выполнена в программном обеспечении GAMIT/GLOBK Массачусетского технологического института на основе метода наименьших квадратов согласно рекомендациям и стандартам международной службы вращения Земли и подробно описана в работе [3]. Для получения устойчивого решения координат и скоростей и точной привязки региональных измерений к международной опорной системе координат ITRF2014, кроме международных пунктов (KITG, KIT3, TASH) в обработку были включены еще 12 станций международной службы ГНСС для геодинамики IGS (The International Geodetic Service) (BADG, NOVМ, PODG, KRTV, NYDE, CHUM, POL2, ARTU, TEHN ISBA MOBN SEKC). Горизонтальные скорости опорных станций сравнивались с тремя глобальными тектоническими моделями плит (GEODVEL 2010, NNR-MORVEL56 и NUVEL-1A.) GEODVEL 2010 представляет собой модель тектонических плит, полученную путем объединения индивидуальных решений аналитических центров четырех космических геодезических методов: DORIS, GNSS, SLR и VLBI [4]. Модель NNR-MORVEL56 представляет собой набор угловых скоростей, описывающих движения 56 плит относительно системы отсчета без чистого вращения. Данная модель получена на основе модели MORVEL с 25 пластинами, которая покрывала 97,2% поверхности Земли, путем включения еще 31 дополнительных плит [5]. NUVEL-1A является классической международной стандартной моделью ITRF, созданная на основе геологических и геомагнитных данных за последние 3 млн лет [6]. Значения горизонтальных скоростей пунктов по моделям оценивались с помощью онлайн калькулятора UNAVCO (<https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>).

Результаты вычисления горизонтальных скоростей пунктов в программе GLOBK и их сравнение с глобальными тектоническими моделями представлены в таблице 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Глобальные тектонические модели

Пункт	GPS		NUVEL-1A		MORVEL56		GEODVEL 2010	
	V _□ мм/г							
DEN1	4.97	26.52	-0.04	25.98	1.60	24.71	2.71	27.73
TER1	6.6	26.44	0.12	25.96	1.76	24.67	2.87	27.74
SAR1	5.47	26.26	0.14	25.97	1.78	24.68	2.89	27.73
MADK	5.53	26.97	0.24	25.98	1.88	24.70	2.98	27.69
KITG	4.36	27	0.24	25.98	1.88	24.70	2.98	27.67
KIT3	4.36	27	0.24	25.98	1.88	24.70	2.98	27.67
DUS1	5.37	27.56	0.26	25.97	1.90	24.67	3.00	27.72
YKBD	5.07	26.72	0.29	25.98	1.93	24.70	3.03	27.67
GUZD	2.92	25.56	0.42	25.98	2.06	24.68	3.16	27.67
SRBD	4.17	27.31	0.45	25.98	2.09	24.69	3.18	27.64
KRSD	5.34	29	0.56	25.98	2.19	24.68	3.28	27.64
MBRD	5.16	26.2	0.73	25.97	2.36	24.67	3.45	27.60

В данной работе проведена обработка и вычисление горизонтальных скоростей пунктов в Южном Узбекистане. Вектора скоростей пунктов направлены на северо-восток со скоростью от 25мм/год до 29 мм/год (рис.2). Результаты обработки ГНСС-измерений показали хорошее согласование с моделью GEODVEL 2010. Полученные данные подтвердили совпадение направлений движения тектонических плит и величин горизонтальных смещений по долготной компоненте. Однако по широтной компоненте были выявлены расхождения, которые составляют от 2 мм/год до 4 мм/год. Эти различия требуют дальнейшего анализа и могут указывать на локальные деформационные процессы или необходимость уточнения существующих моделей.

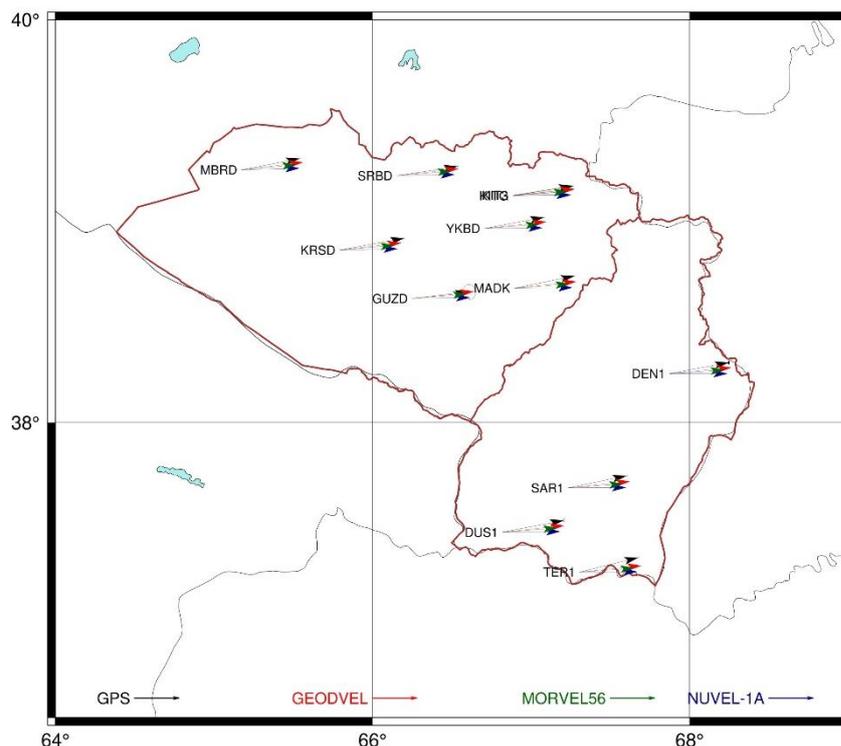


Рис. 2. Горизонтальные скорости пунктов по тектоническим моделям и по GPS данным

Литература

1. Fazilova D., Makhmudov M., Magdiev K.H. Analysis of Crustal Movements in the Angren-Almalyk Mining Industrial Area Using GNSS Data // International Journal of Geoinformatics. 2023, 19(11), pp. 12–19
2. Алимухамедов И.М. Современная активность земной коры Южного Узбекистана и её сейсмичность: автореф. дис. ... к.г.-м.н. □Ташкент: Институт Сейсмологии, 2011. □ 19 с.
3. Rakhimberdieva M., Makhmudov M., Fazilova D., and Magdiev Kh. Processing of GNSS data in Gamit/Globk: on the example of the reference stations of the Uzbekistan network // E3S Web of Conferences 386, 04005 (2023). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338604005>
4. Argus D., Gordon R., Heflin M., Ma C., Eanes R., Willis P., Peltier W. and Owen S. The angular velocities of the plates and the velocity of the Earth's centre from space geodesy. - Geophys. J., 2010. - Int 18 pp 1-48 (Don Argus kindly provided us with the GEODVEL NNR angular velocities).
5. Argus D., Gordon R and DeMets C. Geologically current motion of 56 plates relative to the no-net-rotation reference frame Geochemistry. - Geophysics, Geosystems, 2011. - 12 No 11 p 13 (NNR-MORVEL56)
6. Argus, D.F. and Gordon, R.G., 1991. A model of current plate velocities without grid rotation incorporating the NUVEL-1 plate motion model. Geophys. Res. Lett. 18 (11), 2039–2042.

ПРИМЕНЕНИЕ GNSS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК ЛЕСНОЙ, ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН ВОСТОКА РУССКОЙ РАВНИНЫ, ПРЕОБРАЗОВАННЫХ БОБРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

А.Г. Шарифуллин, А.В. Гусаров, О.А. Лаврова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Ключевые слова: *Castor fiber L.*, малые реки, Среднее Поволжье, ГНСС

Введение

Неудовлетворительное состояние малых рек, особенно изменение их водного режима, усиление интенсивности и частоты засух и наводнений, а также ухудшение качества воды в них, вызывает растущую тревогу по перспективам устойчивого развития наиболее населенной Европейской части России в условиях изменения климата и продолжающегося негативного влияния человека [1]. Активное освоение евразийским бобром (*Castor fiber L.*) территории Русской равнины позволяет в ряде случаев противостоять последствиям изменения климата и антропогенного воздействия, прежде всего на малых реках и повышает устойчивость пойменно-русловых ландшафтов в их долинах [2].

Основная строительная деятельность бобров включает сооружение плотин, жилищ и нор, троп, каналов, что оказывает влияние, прежде всего, на гидрологические, геоморфологические и гидрохимические процессы, происходящие в руслах и на поймах рек. Строительство плотин приводит к созданию прудов и последующему регулированию водного режима малых рек. При этом пруды улавливают значительную часть наносов [3], уменьшают, в целом, развитие русловых деформаций [3] и приводят к повышению уровня грунтовых вод на приречных территориях [4], а также к изменению растительности [5]. Бобровые плотины способствуют изменению продольного профиля реки: образуется ступенчатый профиль с участками малого уклона (пруды) и перепадов (плотины) [6].

Для оценки влияния деятельности бобра на изменчивость стока воды, наносов и связанных с ними загрязняющих веществ, а также трансформации пойменно-руслового комплексов малых рек необходимо прежде всего провести картографирование бобровых плотин и связанных с ними прудов вдоль малых рек и выявить связь с морфолого-морфологическими характеристиками этих комплексов. Поэтому на первом этапе выполняются геодезические работы, которые включают в себя крупномасштабную топографическую съемку естественного русла и бобровых прудов, занимающих нередко не только русло, но и часть пойм рек. Высокоточные глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) позволяют оперативно и с достаточно высокой точностью определять геодезические координаты объектов и их высотные отметки. В последние годы данный метод активно используется для получения координат бобровых поселений/хаток [7] и совместно с эхолотом для батиметрической съемки прудов [8]. Существуют единичные работы, посвященные оценке последствий деятельности бобров на реках современными геодезическими методами. В настоящей работе впервые на примере малых рек востока Русской равнины представлены результаты съемки днища долин, полученных с помощью ГНСС-оборудования, для оценки влияния бобровой деятельности.

Территория и объекты исследования

Геодезические работы были проведены в летне-осенний период 2022-2024 гг. на 14 малых реках лесной, лесостепной и степной зон востока Русской равнины (рис. 1). Выбор

данных рек обусловлен тем, что они интенсивно подвержены бобровой деятельности и являются типичными в геоморфологическом отношении для местности, где они расположены. Длина рек изменяется от 2,7 км до 16,6 км (табл.1), площадь бассейнов – от 3,1 до 86,9 км². Исследуемые реки различаются протяженностью, уклонами русел, составом приповерхностных пород (почв) и степенью распаханности их бассейнов. В долинах рек морфологически выражена небольшими фрагментами низкая (до 0,5-0,7 м от отметки русла) и высокая поймы (до 1,5 м), более крупными фрагментами – первая надпойменная терраса (до 4-5 м). В настоящее время поймы рек в результате активной деятельности бобров (рис. 2) сильно зарастают ивой и лишь отдельные участки используются как пастбище.

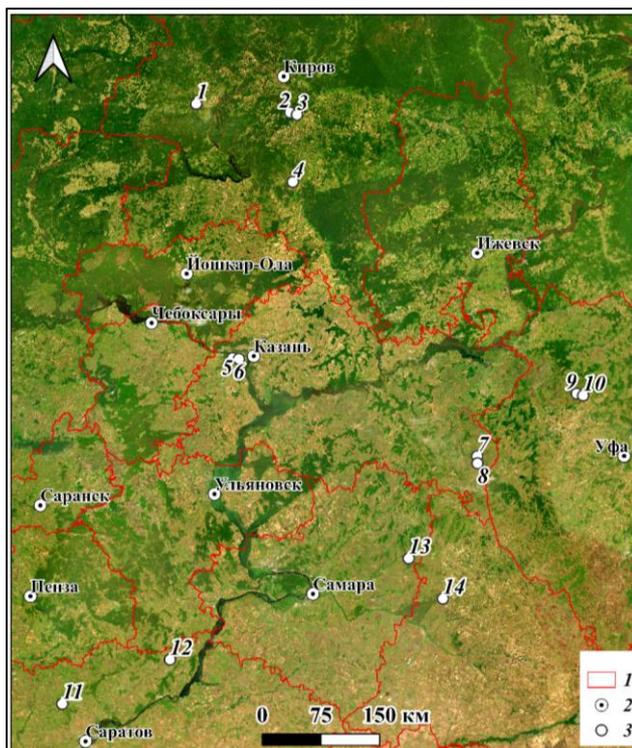


Рис. 1. Расположение изученных малых рек
1 – граница регионов, 2 – административные центры субъектов РФ, 3 – исследуемые реки (см. табл. 1)

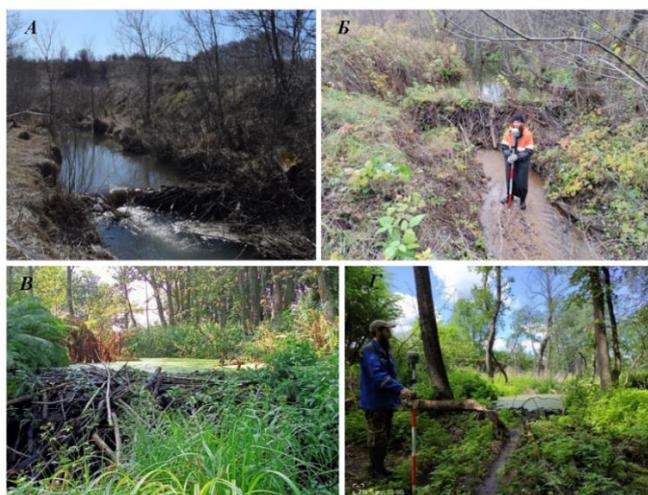


Рис. 2. Вид на русла изученных малых рек
(А – Морквашинка, Б – Салаяз, В – Бродовка, Г – Ягодная)

Таблица 1

Характеристики исследованных малых рек

№	Реки	Характеристики					
		L , км	F , км ²	ΔH , м	α , %	Lit	Ant, %
1	Ацвеж	5,1*	29,9	9,8	0,19	П, Г, А	19
2	Песчанка	6,1	9,2	33,6	0,55	П	3
3	Бродовка	12,5	34,5	50,7	0,41	С, Щ, П	31
4	Кусер	7,5	13,2	159,3	2,13	П, С, Щ	0
5	Морквашка	7,8	20,4	154,4	1,98	С, И	3
6	Морквашинка	16,6	86,9	152,1	0,92	С, И	20
7	Каракашлы	6,9	19,7	136,6	1,98	С, И	43
8	Заумят	4,3	6,9	167,9	3,90	С, И	32
9	Салаяз	7,7	22,6	66,0	0,86	С, И	42
10	Айгильдинка	2,7	3,1	59,3	2,20	С, П, И	22
11	Жилой Ключ	14,4*	48,8	147,3	1,02	М, Ме, Г	33
12	Ягодная	5,3	10,6	102,4	1,93	П, С	35
13	Малая Ёга	8,0	19,3	116,3	1,45	Г, А, П	77
14	Пьянка	10,4	35,1	84,5	0,81	П, Г, А	76

L – длина реки от истока (включая сухую долину (балку) в верховье) до устья; F – площадь бассейна реки; ΔH – падение реки; α – уклон реки; Lit – преобладающие горные породы на поверхности бассейна реки (П – песок, Г – глина, А – алевролит, С – суглинок, Щ – щебень, И – известняк, М – мел, Ме – мергель); Ant – доля культивируемых (за исключением заброшенных) земель в общей площади бассейна реки. * – длина обследованного участка русла реки.

Методика исследования

Полевые работы

Съемка днища долин малых рек осуществлялась с использованием метода спутникового позиционирования (ГНСС-приемник). Основными преимуществами спутникового позиционирования являются всепогодность, глобальность, оперативность, точность и эффективность. Однако в местах с высокой густой растительностью качество ГНСС измерений зачастую существенно ухудшается из-за проблемы «многолучевости» и частого прерывания сигнала от навигационного спутника до антенны ГНСС-приемника. В качестве оборудования для данного типа съемки был выбран ГНСС-приемник нового поколения Trimble R12i. Главной особенностью данного прибора является инерциальная система компенсации наклона, которая позволяет принять за точку отсчета наконечник вехи, что позволяет получить координаты труднодоступных, опасных или частично закрытых объектов. Становится необязательным условие выставлять приемник по уровню, что повышает скорость и производительность полевых работ. Кроме того, современное аппаратное и микропрограммное обеспечение этого приемника (технология ProPoint) позволяет получать высокоточные положения в сложных условиях, присущих и для малых рек.

Съемка долины реки проводилась в режиме «Radio RTK», главной особенностью которого является использование двух приемников, один из которых – Trimble R10 – "базовая станция", а второй – Trimble R12 (на отдельных реках Trimble R10) – "ровер". Базовая станция

во время съемки использовалась как стационарное устройство для непрерывного обеспечения мобильного ровера информацией об измерениях и коррекции для постобработки и высокоточного позиционирования в реальном времени. В целом для детальной съёмки русла требовалось установка 2-4 базовых станций (в зависимости от длины реки) в верхнем и среднем течениях реки.

В начале работы, на открытой площадке рядом с местом проведения работ, базовый приемник Trimble R10 устанавливается на штативе, а мобильный приемник Trimble R12 крепится на вехе. В программе Trimble Access контроллера Trimble TSC5 создается задание с указанием параметров съемки, радиосвязи и системы координат проекта. Поправки передаются по радиоканалу с частотой 433 МГц (по умолчанию). Встроенные в базовые приемники радиомодемы зачастую имеют мощность до 4-5 Вт и оснащены компактными (до 30 см) антеннами для работы на коротких расстояниях до 2-х километров. Для увеличения дальности съемки в режиме RTK-radio применяют внешние радиомодемы мощностью до 35-40 Вт с отдельным блоком питания и более крупными антеннами (до нескольких метров). При работе в радио режиме при удалении от базовой станции не более 2-х км, стандартное отклонение полученных координат составило в среднем до 15 мм в плане и до 20 мм по высоте.

Камеральная обработка

Полевые измерения (вектора RTK и файлы статики на базовых станциях), полученные с помощью ГНСС оборудования в ходе топографической съемки, были загружены в ПО Trimble Business Center (TBC), где проводилась их обработка (редактирование, привязка временных базовых станций, уравнивание, определение плановых координат и высотных отметок пикетов). При этом средняя погрешность определения координат после уравнивания составила 2 см в плане и 3 см по высоте. TBC позволяет представлять результаты съемок в разных системах координат, таких как UTM широко используемая в научных проектах или в местных системах координат (МСК). Координаты опорных пунктов проекта для последующего сравнения съемок, выполненных в разные периоды времени, необходимо привязывать или к единой глобальной геоцентрической системе координат (в нашем случае ITRF 2014) или к государственной геодезической сети. Привязка к ITRF легко выполняется при помощи бесплатного сервиса Trimble-RTX PP. Для этого достаточно через указанный сайт загрузить файл статических ГНСС измерений продолжительностью не менее часа или выполнить эту процедуру в ПО TBC. В процессе обработки ГНСС измерений рекомендуется переходить от системы геодезических высот (относительно поверхности глобального эллипсоида) к системе ортометрических высот (относительно поверхности геоида). В нашем случае для такого перехода использовалась глобальная модель геоида EGM2008. В ПО QGIS для каждой отснятой в полевых условиях отметки русла/уреза воды и плотины определялось расстояние от устья исследуемых рек, длина, высота и ширина плотины, а также площадь поверхности, глубина и объем воды в отдельных прудах. Кроме этого, в Excel были построены продольные профили малых рек, определена плотность бобровых плотин вдоль них, а также общие и частные уклоны русел рек.

3. Результаты

Всего в ходе проведения геодезических работ на 14 исследуемых реках лесной, лесостепной и степной зон востока Русской равнины было выявлено 423 бобровых плотины (табл. 2). Наибольшая их плотность определена для реки Ягодная (Предволжье Саратовской области; степная зона) – 8.3 единиц на километр длины; меньше всего – на реке Кусер

(Кировская область; юг лесной зоны) – всего 0,4 единицы на километр длины. В среднем, на малых реках юга лесной зоны рассматриваемого региона плотность бобровых прудов (1,9 ед./км) более чем вдвое меньше, чем в лесостепной и степной зонах (4,8 ед./км).

Таблица 2

Количество и плотность плотин на малых исследуемых реках Русской равнины
(N – количество бобровых плотин, D – плотность бобровых плотин)

№	Реки	N , ед.	D , ед./км	№	Реки	N , ед.	D , ед./км
1	Ацвеж	8	1,6	8	Заумят	19	4,4
2	Песчанка	22	3,6	9	Салаяз	56	7,3
3	Бродовка	22	1,8	10	Айгильдинка	11	4,1
4	Кусер	3	0,4	11	Жилой Ключ	18	1,3
5	Морквашка	40	5,1	12	Ягодная	44	8,3
6	Морквашинка	56	3,7	13	Малая Ёга	51	6,4
7	Каракашлы	23	3,3	14	Бьянка	45	4,3

Выявленные бобровые плотины и пруды расположены на участках рек с преобладающими уклонами русла менее 3%, за исключением реки Салаяз (Республика Башкортостан), где отмечена бобровая плотина с прудом на уклонах более 3%. По всей видимости, можно предположить, что уклонный рубеж в 3% является критической величиной размещения бобровых сооружений на изученных малых реках на начальных этапах расселения данных животных в регионе.

Наибольшая средняя высота бобровых плотин приурочена к рекам северной оконечности Приволжской возвышенности (Морквашка и Морквашинка) (табл. 3). Наибольшая средняя длина бобровых плотин выявлена на реке Кусер (Кировская область). Что касается длины бобровых прудов, то наибольшее значение также наблюдается на малых исследованных реках бассейна реки Вятка (Кировская область).

Таблица 3

Морфометрические характеристики бобровых плотин и прудов малых исследуемых малых рек Русской равнины (l – длина плотин, h – высота плотин, d – длина прудов)

№	Реки	l , м	h , м	d , м	№	Реки	l , м	h , м	d , м
1	Ацвеж	8,0	0,6	213	8	Заумят	8,8	1,0	34
2	Песчанка	8,7	0,5	57	9	Салаяз	7,1	0,7	82
3	Бродовка	8,6	0,6	154	10	Айгильдинка	10,0	0,9	43
4	Кусер	14,7	0,7	57	11	Жилой Ключ	10,1	0,4	95
5	Морквашка	7,1	0,8	49	12	Ягодная	6,6	0,6	30
6	Морквашинка	7,9	1,0	86	13	Малая Ёга	7,5	0,6	48
7	Каракашлы	6,4	0,7	44	14	Бьянка	7,1	0,8	73

По результатам детальной съемки дна одного из бобровых прудов на реке Морквашинка (рис. 3) была рассчитана средняя глубина, которая составили 0,54 м; диапазон изменения глубин – 0,1-1,0 м. Наибольшие глубины характерны для нижней половины пруда. Этот же участок характеризуется довольно крутыми (35-40°) берегами и подводным береговым склоном. В верхней же половине пруда отмечаются меньшие глубины (до 0,6 м) и более пологие берега (5-10°). Схожая картина наблюдается и на других исследуемых прудах

реки. Наибольшие глубины (до 1,0-1,5 м) в изученном пруде характерны для приплотинной его части, а также в плёссовых участках подпруженного русла; наименьшие глубины отмечены в самой верхней части пруда, а также на перекатных участках русла реки – 0,2-0,3 м. Площадь прудов на исследуемой части реки изменяются от 225 до 1253 м², объем воды в прудах колеблется от 457 до 1169 м³, что сопоставимо с объемами воды в бобровых прудах малых рек Северной и Южной Америки [9].

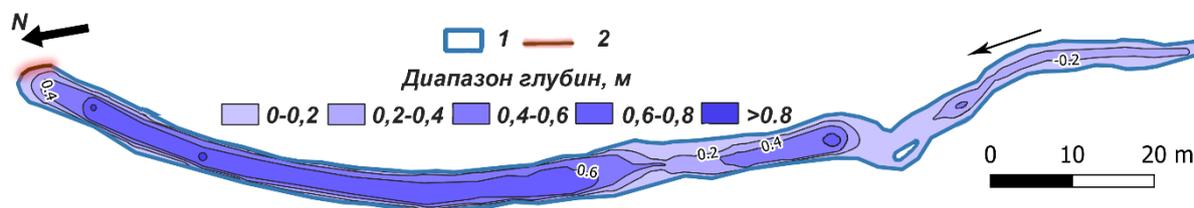


Рис. 3. Фрагмент батиметрической карты одного из прудов на р. Морквашинка (север Предволжья Республики Татарстан)
1 – береговая линия, 2 – бобровая плотина

Заключение

Представленные результаты демонстрируют успешную применимость современных геодезических методов для оценки малых рек, трансформированных бобровой деятельностью. Съёмка рек и приречных территорий с использованием ГНСС оборудования позволяет получить достаточно точные плановые и высотные отметки русла, поймы, а также характеристик бобровых плотин и прудов. Полученные результаты носят предварительный характер. В перспективе планируется расширение исследований применимости изложенных методов в контексте общей оценки влияния бобровой деятельности на малые реки в разных природных зонах Европейской части России.

Благодарности: Авторы выражают благодарность М.Ю. Караванову, Р.В. Загретдинову и А.А. Загретдинову за предоставленное геодезическое оборудование и консультации в проведении топографической съёмки с помощью ГНСС оборудования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-10087, <https://rscf.ru/project/22-77-10087/>.

Литература

1. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. 114 с.
2. Dittbrenner, B.J., Pollock, M.M., Schilling, J.W., Olden, J.D., Lawler, J.J., Torgersen, C.E. Modeling intrinsic potential for beaver (*Castor canadensis*) habitat to inform restoration and climate change adaptation. // PLoS One. 2018 Vol. 13. P. 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192538>.
3. Butler D.R., Malanson G.P. The geomorphic influences of beaver dams and failures of beaver dams // Geomorphology. 2005. Vol. 71. P. 48-60. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.08.016>
4. Westbrook, C. J., Cooper, D. J., B.W. Baker. Beaver dams and overbank floods influence groundwater–surface water interactions of a Rocky Mountain riparian area // Water Resources Research. 2006. Vol. 42. P. 1-12. <https://doi.org/10.1029/2005WR004560>.

5. Nazarov, N.G.; Prokhorov, V.E.; Sharifullin, A.G.; Gusarov, A.V.; Lisetskii, F.N. The influence of Eurasian beaver (*Castor fiber* L.) activity on the transformation and functioning of riparian phytocoenoses in the southern boreal zone (European Russia) // *Earth*. 2023, Vol. 4. P. 384–397. <https://doi.org/10.3390/earth4020021>
6. Gurnell, A.M. The hydrogeomorphological effects of beaver dam-building activity // *Progress in Physical Geography*. 1998. Vol. 22, P. 167–189. <https://doi.org/10.1177/03091333980220020>
7. Graham, H. A., Puttock, A., Chant, J., Elliott, M., Campbell-Palmer, R., Anderson, K., & Brazier, R. E. Monitoring, modelling and managing beaver (*Castor fiber*) populations in the River Otter catchment, Great Britain // *Ecological Solutions and Evidence*. 2022. Vol. 3, P. e12168. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12168>
8. Bradbury, G., Puttock, A., Coxon, G., Clarke, S., Brazier, R.E. Testing a novel sonar-based approach for measuring water depth and monitoring sediment storage in beaver ponds // *River Research and Applications*. 2023. Vol. 39. P. 266–273. <https://doi.org/10.1002/rra.4082>
9. Karran, D.J., Westbrook, C.J., Wheaton, J.M., Johnston, C.A., Bedard-Haughn, A. Rapid surface-water volume estimations in beaver ponds // *Hydrology and Earth System Sciences*, 2017. Vol. 21, P. 1039–1050.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПУНКТА ФАГС ОКТВ НА ТЕРРИТОРИИ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМ. В.П.ЭНГЕЛЬГАРДА

Загретдинов Р.В.¹, Бахтияров В.Ф.², Загретдинов А.А.¹

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет

² ООО «НПК ГЕОПОЛИГОН КФУ»

Постоянно действующие базовые ГНСС станции ФАГС и IGS являются основой для формирования современной координатно-временной инфраструктуры РФ. На сегодняшний день из 17 станций сети IGS на территории Российской Федерации функционирует только 6 станций. Число пунктов ФАГС за последние годы существенно увеличилось и достигло сотни (рис. 1). В перспективе до 2030 года планируется создать в общей сложности 300 пунктов ФАГС [1]. Планируемые пункты ФАГС предлагается разделить на следующие категории:

- столицы регионов РФ
- крупные города/городские агломерации с населением более 100 тыс.
- пункты вблизи береговой линии
- зона постледникового поднятия
- пункты вблизи геологических разломов
- пункты в отдалённых территориях, повышающие равномерное покрытие станциями территорию страны

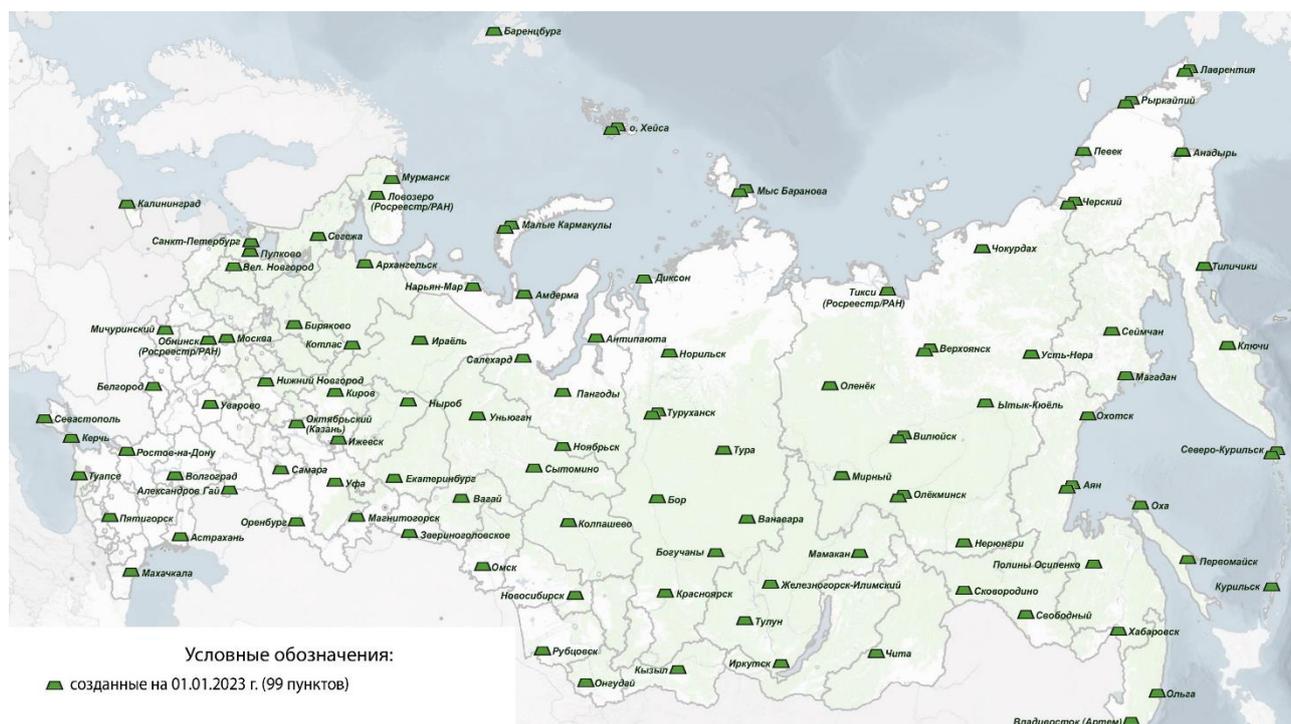


Рис. 1. Расположение пунктов ФАГС РФ на начало 2023 года (Лапшин А.Ю. Развитие федеральной сети геодезических станций, КВНО-2023)

В конце 2022-го года был запущен в эксплуатацию пункт ФАГС ОКТВ, расположенный на территории Астрономической обсерватории имени В.П. Энгельгарда Казанского (Приволжского) федерального университета (АОЭ КФУ) (рис. 2). Исполнителем госконтракта являлось Средневожское аэрогеодезическое предприятие ППК «РОСКАДАСТР». Пункт заложен в грунте по типу 187 правил по закреплению пунктов

спутниковых геодезических сетей для районов с сезонным промерзанием грунтов. Такой тип пунктов достаточно распространен на территории нашей страны, поскольку выходов скальных пород у нас в стране не много, а закладка пунктов на крышах зданий не всегда возможна.



Рис. 2. Пункт ФАГС ОКТВ (Приемник, монумент с антенной и метеостанция)

Качество и количество принимаемых на пункте ГНСС сигналов обычно оценивается параметрами сигнал-шум и многолучевость. Для пункта ФАГС ОКТВ эти параметры имеют очень хорошие значения и представлены на рисунке 3. При угле отсечки в 10 градусов практически отсутствуют препятствия для прохождения ГНСС сигналов.

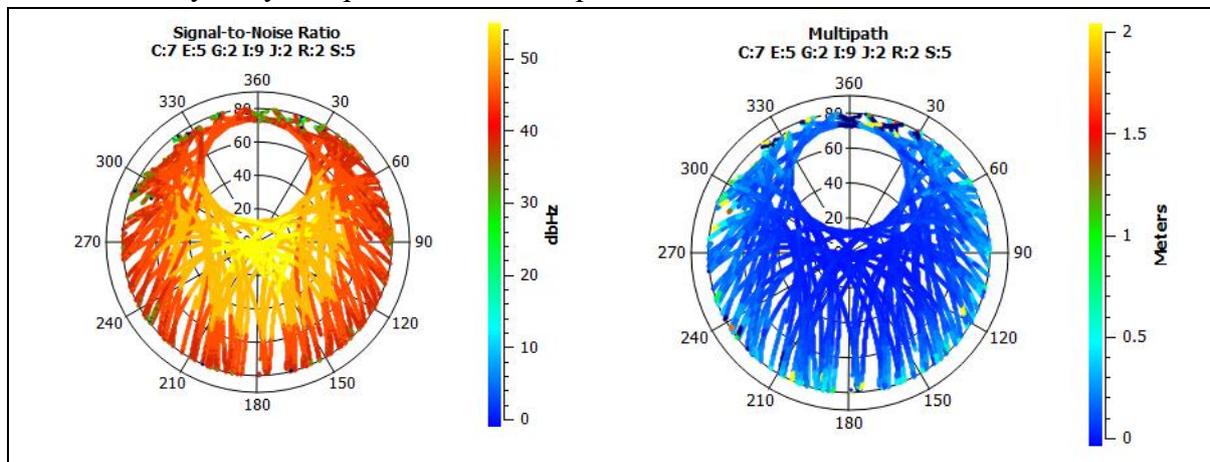


Рис. 3. Параметры сигнал-шум и многолучевость для пункта ФАГС ОКТВ

Большим достоинством расположения пункта ФАГС ОКТВ на территории Астрономической обсерватории имени В.П. Энгельгардта Казанского (Приволжского) федерального университета является наличие на ней линейного базиса, включающего в себя семь туров, заложенных в 2010 году по типу 187 так же как и пункт ОКТВ (рис. 4). Туры 2 и 3 линейного базиса использовались в качестве контрольных при привязке пункта ФАГС ОКТВ. Периодические высокоточные геодезические наблюдения (спутниковые, дальномерные и нивелирные) на пунктах базиса позволили оценить их относительные смещения друг относительно друга на протяжении десятилетнего периода наблюдений (рис. 4). Так пункт 1 имел достаточно большие относительные смещения относительно пункта 2 базиса на протяжении первых трех лет после закладки, составившие до 10 мм как в плане, так и по высоте (рис. 5). Вероятной причиной таких значительных смещений можно считать изменение уровня грунтовых вод вблизи пункта 1 и наличием к западу от него в 55 метрах небольшого пруда.

На территории АОЭ располагается зенит-телескоп ЗТЛ-180 длительное время (1957–2006 гг.) активно участвовавший в широтных наблюдениях по программам ГСВЧ. Наличие в одном месте пункта ГНСС измерений и зенит-телескопа позволяют исследовать как изменения астрономической широты, определяемые традиционными астрометрическими методами, так и изменения со временем геодезических координат, устанавливаемые путем ГНСС позиционирования [2].

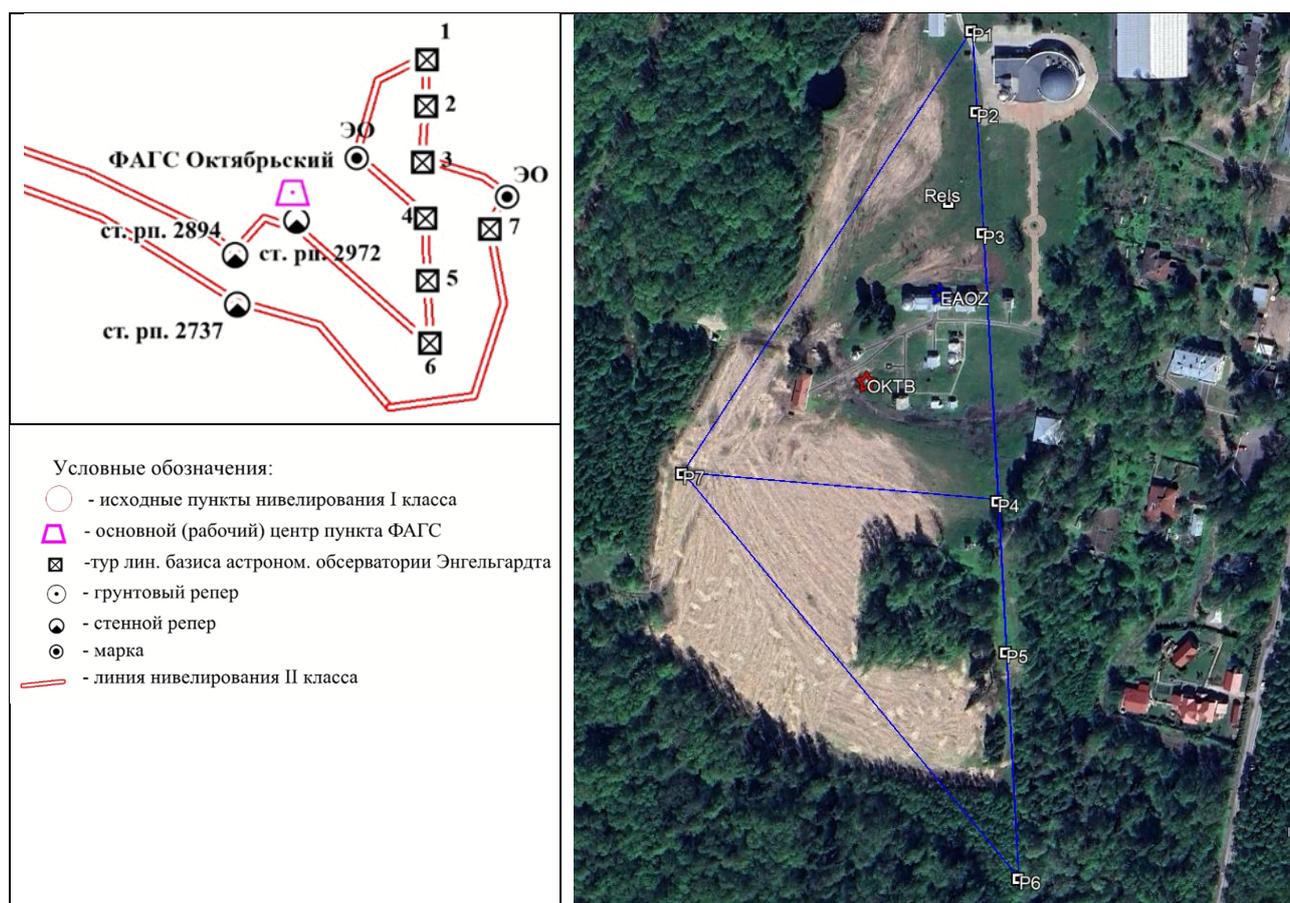


Рис. 4. Расположение реперов, марок, туров линейного базиса АОЭ КПФУ и пунктов постоянно действующих ГНСС станций ФАГС и ФСГС



Рис. 5. Закладка и наблюдения на турах линейного базиса АОЭ КПФУ в 2010 году

Обработка ГНСС измерений, полученных на пункте ФАГС ОКТВ, проводилась программным пакетом с использованием Bernese GNSS software версии 5.2 преимущественно ежесуточно в онлайн режиме [3]. На рисунке 6 представлены результаты обработки измерений с октября 2022 г. по июль 2024 г. Длительный перерыв измерений весной 2023 г. связан с повреждением кабеля антенны при производстве земляных работ по укладке силовых кабелей вблизи здания метеорологического отдела. На всех трех графиках в январе 2024 г. хорошо просматриваются значительные изменения как плановых (до 2-х см.), так и высотной компоненты (до 4-х см.).

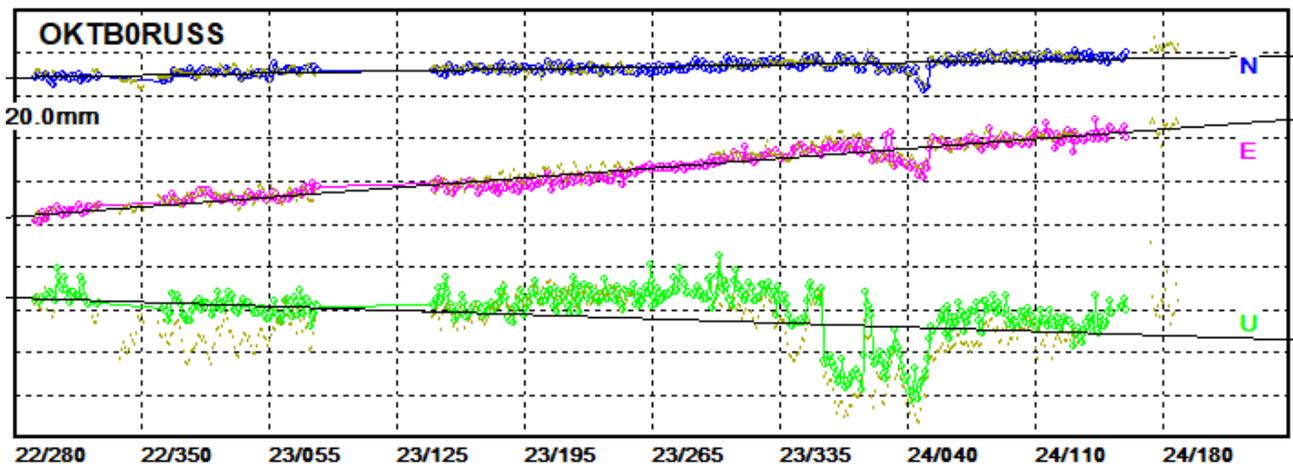


Рис. 6. Временные ряды изменения плановых и высотной компоненты пункта ФАГС ОКТВ (Bernese 5.2)

Аналогичные вариации в координатах в этот же период времени наблюдаются и после обработки измерений популярным онлайн сервисом Trimble RTX-PP фирмы Тримбл (рис. 7), так же использующим при обработке ГНСС измерений технологию Precise Point Positioning (PPP) [4]. Результаты обработки фазовым дифференциальным методом положений пункта ОКТВ относительно пункта ЕАОЗ, расположенного на расстоянии в 66 метрах, представлены на рисунке 8. Здесь так же в январе-феврале 2024 г. наблюдается смещение по расстоянию (до 15 мм) и по высоте (до 20 мм) пункта ОКТВ относительно пункта ЕАОЗ.

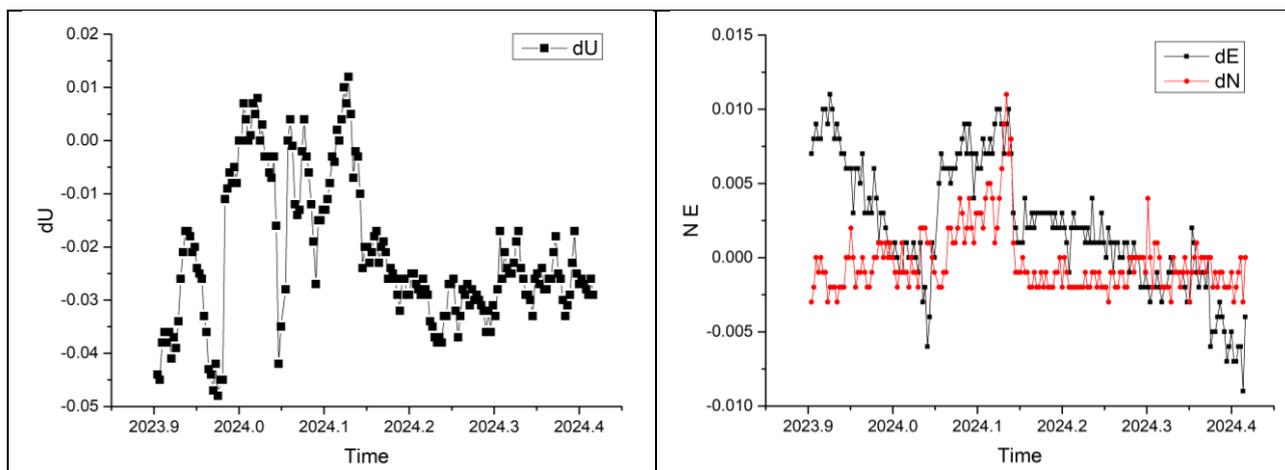


Рис. 7. Временные ряды изменения плановых и высотной компоненты пункта ФАГС ОКТВ (Trimble RTX-PP)

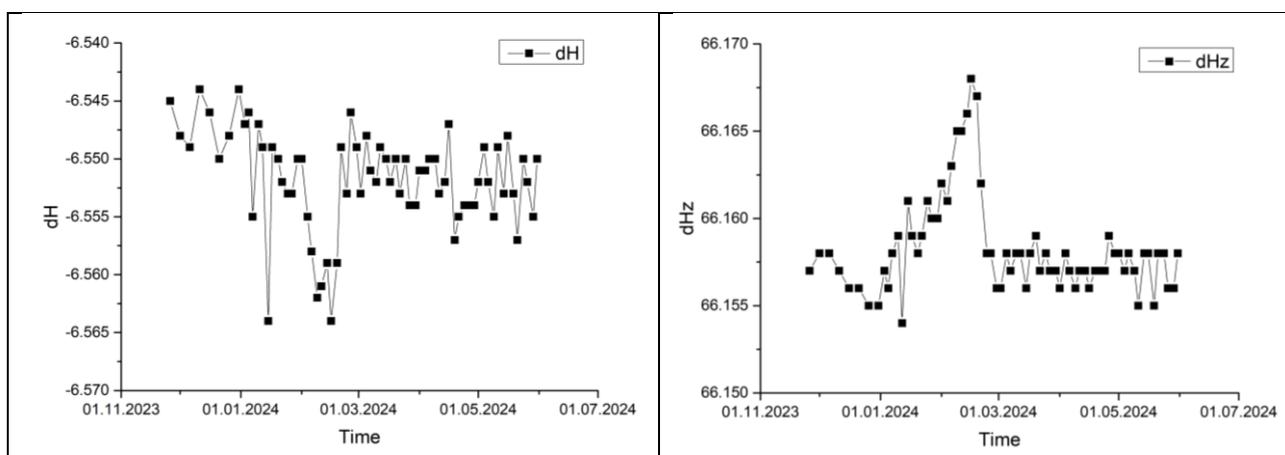


Рис. 8. Временные ряды изменения плановых и высотной компоненты пункта ФАГС ОКТВ (Trimble Business Center)

Полученные временные ряды, охватившие полтора года наблюдений на пункте ОКТВ, позволили достаточно надежно определить компоненты вектора глобальной скорости этого пункта. Сравнение с аналогичными параметрами для пункта сети IGS KZN2 и пункта федеральной сети геодезических станций (ФСГС) ЕАОЗ демонстрирует их хорошее согласие друг с другом (табл. 1).

Таблица 1

Компоненты вектора скорости и погрешности их определения

Название пункта	dN (мм/год)	mdN	dE (мм/год)	mdE
KZN2	6.7	0.30	23.6	0.31
ЕАОЗ	7.2	0.14	22.5	0.18
ОКТВ	5.0	0.27	23.6	0.40

Таким образом три различных подхода для определения пространственного поведения пункта ОКТВ позволяют нам утверждать, что в начале 2024-го года имело место смещение фазового центра антенны на величину до 2-х сантиметров. Причина такого смещения скорее всего не связана с нестабильностью и смещением пилона, на котором установлена антенна

ГНСС приемника, поскольку фазовый центр вернулся к прежнему пространственному положению (рис. 7-8). Повторное высокоточное геометрическое нивелирование репера на пилоне пункта летом 2024 года не выявило его осадок относительно контрольных пунктов по сравнению с результатами нивелирования 2022 года, проводившегося СВАГП. На наш взгляд, причиной такого смещения могли стать имевшие место в январе 2024 года сверхинтенсивные, чрезвычайно обильные снежные осадки, имевшие место в это время в Казани и окрестностях. Такие осадки могли привести к значительному налипанию снега на купол антенны и значительному изменению подстилающей поверхности вблизи пункта.

Выражаем благодарность Центру геодезии, картографии и ИПД ППК «РОСКАДАСТР» за предоставленный доступ к архивам ГНСС измерений пункта ФАГС ОКТВ.

Литература

1. Лапшин А.Ю., Попадъев В.В. К новой реализации государственной геодезической системы отсчёта координат, «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки». С. 64, Материалы конференции 16—18 октября, 2023, Сочи, Россия
2. Мубаракшина Р.Р., Лапаева В.В., Кашеев Р.А., Загретдинов Р.В., Нефедьев Ю.А., Андреев А.О. Анализ широтных наблюдений и данных спутниковых навигационных систем с целью определения геодинамических параметров, *Астрономический журнал*, 2021, Т. 98, № 3, стр. 255-264
3. Бахтиаров В. Ф., Загретдинов Р.В. О геодинимике постоянно действующих стационарных станций ГНСС на территории РФ // М.: Геопрофи – 2021. - № 1. - С. 34–37
4. Ken Doucet, Michael Herwig, Adrian Kipka, Philip Kreikenbohm, Herbert Landau, Rodrigo Leandro, Matthias Moessmer, Christian Pagels Introducing Ambiguity Resolution in Webhosted Global Multi-GNSS Precise Positioning with Trimble RTX-PP, White paper, Trimble TerraSat GmbH, Germany

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИВНЫХ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

Борисов Л.Т., Загретдинов Р.В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В данной статье рассматриваются проблемы использования пунктов опорных межевых сетей (ОМС) в качестве исходных для проведения кадастровых работ в Республике Татарстан, в том числе проблема «несогласованности» между собой ОМС соседних районов. В 2003-2006 гг. в Татарстане был реализован масштабный проект по созданию ОМС-2. Всего в республике было заложено около 15 000 пунктов ОМС. Координаты были определены ГНСС методом в местной системе 16-го региона (МСК-16) со средней точностью 2-3 см.

Компания ООО «Республиканский центр мониторинга и землеустройства», которая проводила работы по реализации проекта создания ОМС-2, обрабатывала каждый район в отдельном проекте с использованием программного обеспечения (ПО) THALES NAVIGATION «GNSS Solution». Спутниковые измерения преимущественно выполнялись приёмниками марки THALES ZMax GPS. На первом этапе на каждый район создавалась своя каркасная сеть, включавшая ГНСС измерения на пунктах временных базовых станций (ВБС) со средней продолжительностью 9 ч. и пунктах государственной геодезической сети (ГГС) с длительностью около 1 часа. Затем проводилось уравнивание полученных сетей с определением координат ВБС относительно пунктов ГГС. На втором этапе выполнялось определение координат пунктов ОМС в МСК-16 относительно ВБС. На протяжении двух десятилетий построенные ОМС активно использовались для проведения кадастровых работ и послужили основой для межевания миллионов земельных участков. Однако в последнее время законность использования ОМС вызывает много вопросов. Так, согласно поручению Росреестра «О недопустимости предоставления сведений о координатах пунктов ГГС из ГФДЗ» от 15.10.2021 №19-7741-АШ/21, основой Единого государственного реестра недвижимости являются пункты ГГС, а также геодезические сети специального назначения (ГССН). В письме Управления Росреестра по Пермскому краю от 08.04.2022 №Исх-2.1-24/192-2022 указано, что на данный момент ведутся работы по уточнению координат пунктов ГГС. Также говорится, что использование пунктов ОМС при выполнении кадастровых работ не рекомендуется в связи с неудовлетворительным качеством их связи с ГСК-2011.

Исходя из этого можно полагать, что пункты опорной межевой сети при проведении кадастровых работ не следует брать за основу. Однако, если построить детальную сетку деформации МСК относительно ГСК-2011 на территории РТ, то пункты ОМС можно будет использовать для решения кадастровых задач.

В Республике Татарстан внутри каждого района ОМС были уравнены, координаты опорных межевых знаков (ОМЗ) удовлетворяли требуемой точности их определения в сетях ОМС-2. Несмотря на это, выполнение геодезических работ в «коридоре» границ соседних районов с использованием пунктов ОМС может привести к значительным ошибкам относительного положения пунктов ОМС соседних районов. Это происходит по причине того, что взаимное уравнивание соседних ОМС не проводилось.

Для разрешения данной проблемы основной задачей является проведение повторной обработки измерений проектов по созданию ОМС-2 и определение геоцентрических координат пунктов каркасных ГНСС сетей в системе отсчёта ITRF 2014, пересчитанных на эпоху 1 января 2010 года. На начальном этапе нами были выбраны 5 районов в окрестности

г. Казань и созданы 4 проекта: «Верхний Услон», «Высокая гора», «Зеленодольск», «Лаишево и Пестрецы». Территориальное расположение этих проектов представлено на рисунке 1.

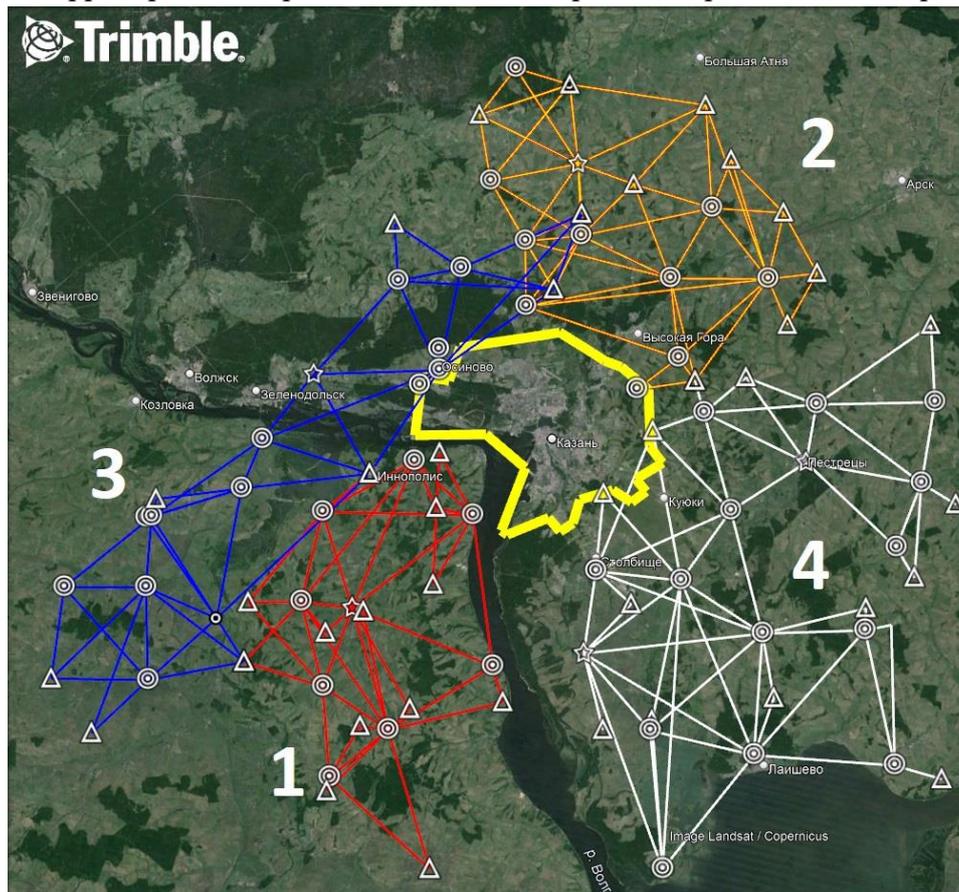


Рис. 1. Обработанные каркасные ГНСС сети в окрестностях Казани. Условные обозначения: «треугольник» - пункты триангуляции, «круг» - временные базовые станции, «звезда» - самые длительные временные базовые станции на район.

На первом этапе было построено 4 каркасные сети (рис. 1) на 5 районов и выполнена предварительная обработка ГНСС измерений. Стоит отметить, что в обработке использовались файлы сырых спутниковых измерений. На этапе импорта данных было обнаружено, что не все значения высот антенн были введены верно. Некоторые из них отличались от значений из электронного журнала измерений. По завершении обработки базовых линий все векторы прошли критерий принятия установленной программой по умолчанию (0.100 м + 1.0 мм/км в плане, 0.200 м + 1.0 мм/км по высоте). Ведомость «Замыкание полигонов» выдавала неудовлетворительную точность для каждой сети, максимальные относительные ошибки могли достигать от 8 до 11 мм/км. Во избежание некачественных сетей грубые и дублирующие векторы исключались из обработки. В результате была достигнута точность до 3 мм/км для каждой сети.

Для того чтобы привести геоцентрические координаты пунктов каркасных сетей к единой эпохе ITRF, необходимо было выбрать в каждом проекте файл ГНСС измерений с самым длительным периодом наблюдений и конвертировать его в RINEX формат. Это выполнялось с целью получения в будущем высокоточных ITRF координат через различные сервисы пересчёта методом Precise Point Positioning (PPP), суть которого заключается в обработке RINEX файлов измерений и получении геоцентрических координат на

соответствующую эпоху (наблюдения или фиксированную). При этом все наклонные высоты антенн были пересчитаны в вертикальные по формуле 1:

$$H_{arp} = \sqrt{H_{slant}^2 - R^2} - d \quad (1)$$

где H_{arp} – вертикальное значение высоты антенны (antenna reference point),
 H_{slant} – значение наклонной высоты антенны из электронного журнала наблюдений,
 R – радиус антенны TNA800961+REC (спец. кодировка антенны приёмника ZMax GPS)
 d – расстояние от низа приёмника до фазового центра антенны TNA800961+REC.

Подготовленные RINEX файлы загружались на сайты сервисов обработки методом PPP, и на выходе были получены геоцентрические координаты, посчитанные на эпоху наблюдений. В работе использовались такие сервисы, как:

1. AUSPOS – Австралийский онлайн-сервис обработки данных GPS (<https://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos>);
2. OPUS – Американская служба онлайн-позиционирования пользователей (<https://geodesy.noaa.gov/OPUS/>);
3. CSRS PPP – Канадский сервис точного позиционирования (<https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/geodetic-reference-systems/data/10923>);
4. The Bernese GNSS Software – программное обеспечение по обработке ГНСС измерений от Бернского университета.

На рисунке 2 приведён пример один из результатов обработки PPP от службы «AUSPOS».



3 Computed Coordinates, ITRF2014

All coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2014 reference frame. All the given ITRF2014 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

3.1 Cartesian, ITRF2014

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	ITRF2014 @
LAIS	2364109.882	2738354.032	5235389.312	05/07/2005
GLSV	3512888.946	2068979.884	4888903.212	05/07/2005
KIRU	2251420.782	862817.224	5885476.714	05/07/2005
METS	2892570.776	1311843.452	5512634.138	05/07/2005
NSSP	3478646.613	3418805.847	4097987.247	05/07/2005
POLV	3411557.339	2348463.993	4834396.888	05/07/2005
UZHL	3907587.448	1602428.694	4763783.756	05/07/2005

Рис. 2. Результат обработки от австралийской службы AUSPOS

Затем полученные геоцентрические координаты ВБС, имевших самые длительные измерения были пересчитаны на эпоху 1 января 2010 года с использованием формул 2:

$$\begin{aligned} X_t &= X_{t_{набл.}} + V_x * \Delta t \\ Y_t &= Y_{t_{набл.}} + V_y * \Delta t \\ Z_t &= Z_{t_{набл.}} + V_z * \Delta t \end{aligned} \quad (2)$$

где X_t, Y_t, Z_t – координаты на пересчитанную эпоху,

$X_{t_{набл.}}, Y_{t_{набл.}}, Z_{t_{набл.}}$ – координаты на эпоху наблюдений,

V_x, V_y, V_z – компоненты скорости движения пункта (нами для всех пунктов использовалась скорость станции сети IGS KZN2, расположенной в Казани),

Δt – разность эпох 2010.0 и эпохи наблюдений.

Пересчитанные на стандартную эпоху координаты пунктов самых длительных ВБС на необходимую эпоху были импортированы в новый проект ПО Spectra Geospatial Survey Office, где выполнялось сравнение результатов полученных с помощью использованных нами сервисов. Оказалось, что координаты сервисов OPUS, AUSPOS, CSRS PPP имели расхождения не более 1 см по всем трем компонентам, а «Bernese GNSS» 1.5 см. В результате усреднения координат точек полученных с помощью он-лайн сервисов были получены глобальные геоцентрические и геодезические координаты пунктов самых длительных ВБС на каждый из выбранных проектов.

Заключительным этапом обработки было выполнение свободного и жёсткого уравнивания с целью определения искомым координат и их оценки точности. На примере проекта «Лаишево и Пестрецы» мы решили опробовать методику свободного уравнивания с двумя опорными пунктами. Для этого было создано три варианта проекта: первый – каркасная ГНСС сеть на данный район с опорным пунктом базовой станции в 11 ч., второй – та же сеть, но с опорным пунктом базовой станции в 14 ч., третий вариант содержал в себе уже две опорные базовые станции, описанные выше. Результаты уравнивания показали, что точность третьего варианта оказалась выше, чем у «одиннадцатичасового» и «четырнадцатичасового» (см. таблицу №1). В дальнейшем было принято решение использовать этот вариант как основу для данного района.

Таблица 1

Минимальные и максимальные ошибки уравненных плоских координат проекта «Лаишево + Пестрецы»

	Север X Ошибка, м.	Восток Y Ошибка, м.	Отметка Ошибка, м.
	Проект «одиннадцатичасовой»		
Min	0,006	0,004	0,023
Max	0,036	0,025	0,094
	Проект «четырнадцатичасовой»		
Min	0,008	0,005	0,028
Max	0,037	0,024	0,088
	Проект общий		
Min	0,006	0,004	0,021
Max	0,035	0,024	0,079

Для того чтобы грамотно выполнить жёсткое уравнивание (опорными пунктами выступают пункты ГГС), необходимо правильно исключать пункты, имеющие расхождения по каталожным и вычисленным координатам не более 10-15 см., из обработки. В работе использовались 45 пунктов ГГС, из них 8 (18%) были исключены в плане и столько же по высоте (см. таблицу №2). Всего 21 пункт ГГС из каталога имел высоту с сантиметровой точностью и 24 с дециметровой.

Таблица 2

Количество пунктов ГГС, участвовавших в обработке

Название района	Общее количество пунктов ГГС в каркасной сети	Количество пунктов, используемых в плане	Количество пунктов, используемых по высоте
«Верхний Услон»	13	10	13
«Высокая Гора»	11	11	8
«Зеленодольск»	8	7	6
«Лаишевский + Пестречинский»	13	9	10
	45	37	37

В ходе проделанной работы были определены геоцентрические координаты пунктов каркасных сетей в окрестности г. Казани со средней точностью 2-4 см при свободном уравнивании, 5-10 см при жёстком. Отработан алгоритм обработки каркасных ГНСС сетей, который можно будет распространить на переобработку архивных ГНСС измерений других районов РТ.

Подводя итог, необходимо отметить, что, несмотря на проведение в последнее время уточнения координат пунктов ГГС и рекомендации не использовать ОМС, необходимо разработать такую методику обработки, которая позволит применять пункты опорных межевых сетей в кадастровых работах с минимальными погрешностями. Создание детальной сетки деформации на территорию Республики Татарстан, приведение пунктов каркасных сетей к единой глобальной системе координат позволит в дальнейшем избежать ошибок «несогласованности» использования региональных ОМС.

Литература

1. Борисов Л. Т. – Геоцентрическая привязка геодезических пунктов Республики Татарстан: выпускная квалификационная работа по спец. «Геодезия и дистанционное зондирование»: 21.03.03 / Борисов Леонид Тимурович; К(П)ФУ. – Казань, 2024. – 48 с.
2. О недопустимости предоставления сведений о координатах пунктов ГГС из ГФДЗ: поручение Росреестра № 19-7741-АШ/21 от 15 октября 2021 г. / Росреестр. - 2021. – 4 с.
3. О прекращении предоставления сведений о пунктах ОМС из ГФДЗ: письмо Управления Росреестра по Пермскому краю № Исх-2.1-24/192-2022 от 8 апреля 2022 г. / Управление Росреестра по Пермскому краю. - 2022. – 2 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

Султанов В.А.¹, Вареник В.А.², Беляков А.Р.²

1 Казанский (Приволжский) федеральный университет

2 МАОУ «Лицей №131» Вахитовского района города Казани

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся незаменимыми инструментами в различных отраслях, включая геодезию и картографию. Их способность быстро и эффективно собирать данные о местности с высокой точностью способствует созданию детализированных карт и моделей. Однако, объемы данных, собираемые БПЛА, часто требуют сложной обработки и анализа. Традиционные методы могут быть медленными и трудоемкими, что создает потребность в новых технологиях для обработки этих данных. Искусственный интеллект (ИИ) предлагает революционные решения для оптимизации этих процессов, делая их быстрее и точнее.

Проблемы обработки данных с БПЛА

1. Объем данных и сложность анализа

БПЛА собирают огромное количество данных, включая изображения высокого разрешения, видео, данные лидара и другие типы сенсорной информации. Эти данные могут занимать сотни гигабайтов, что создает проблемы хранения, обработки и анализа. Традиционные методы, основанные на ручной работе и простых алгоритмах, часто не справляются с такими объемами и сложностью. Это приводит к долгим срокам обработки и высоким затратам.

2. Нехватка квалифицированных специалистов

Еще одной проблемой является нехватка квалифицированных специалистов, способных интерпретировать данные и создавать точные карты и модели. Обучение таких специалистов требует значительных ресурсов, а их доступность может быть ограничена, особенно в удаленных или развивающихся регионах, как Сибирь и Дальний Восток.

3. Обеспечение точности и надежности данных

В геодезии и картографии точность данных имеет первостепенное значение. Ошибки в обработке могут привести к значительным последствиям, например, в строительстве инфраструктуры или управлении природными ресурсами. Однако, обработка данных вручную часто сопровождается субъективными ошибками и вариациями в результате, например, не полная обработка и допущение мелких ошибок, приводящих к проблемам.

Решения с использованием искусственного интеллекта

ИИ предлагает несколько ключевых решений для преодоления вышеперечисленных проблем. Благодаря своей способности обучаться на больших объемах данных и адаптироваться к различным условиям, ИИ может значительно улучшить процессы обработки и анализа данных.

1. Автоматическая классификация и сегментация данных

Использование алгоритмов машинного обучения позволяет ИИ автоматически классифицировать объекты на изображениях, собранных с БПЛА. Например, ИИ может различать различные типы ландшафтов (лес, вода, урбанизированные зоны) или

идентифицировать конкретные объекты (дома, дороги, мосты). Это достигается с помощью глубоких нейронных сетей, которые обучаются на больших наборах данных и становятся способны различать объекты с высокой точностью.

Примером может служить использование свёрточных нейронных сетей (CNN) для анализа изображений и выделения объектов. Эти сети могут быть обучены для автоматической сегментации изображений, разделяя их на разные категории, что значительно ускоряет процесс создания карт.

2. Анализ временных изменений и мониторинг

ИИ также эффективен в задаче мониторинга изменений на местности. Сравнение данных, полученных в разное время, позволяет выявлять изменения, такие как развитие инфраструктуры, изменения в природных зонах или последствия катастроф. Например, рекуррентные нейронные сети (RNN) и модели на основе Transformer могут быть использованы для анализа временных рядов данных, что позволяет обнаруживать даже малейшие изменения с высокой степенью точности.

Эти методы особенно полезны в задачах мониторинга окружающей среды, где необходимо регулярно отслеживать состояние экосистем, уровни воды или изменения в растительности.

3. Создание трехмерных моделей и анализ рельефа

Использование ИИ для создания 3D моделей местности — это еще одно направление, которое набирает популярность. Данные лидара и фотограмметрии могут быть преобразованы в трехмерные модели с помощью алгоритмов машинного обучения. Эти модели позволяют детально изучать рельеф, анализировать доступные ресурсы и планировать строительство.

Например, генеративные состязательные сети (GAN) могут использоваться для генерации высококачественных 3D моделей на основе данных, собранных с БПЛА. Это позволяет создавать виртуальные реконструкции местности с высокой детализацией, которые могут быть использованы в архитектурном проектировании и инженерии.

Преимущества использования ИИ

1. Скорость и эффективность

ИИ значительно ускоряет обработку данных. Алгоритмы могут анализировать и классифицировать данные в считанные минуты, тогда как на ручную работу могли бы уйти часы или дни. Это особенно важно в условиях, когда время имеет критическое значение, например, при ликвидации последствий стихийных бедствий.

2. Снижение затрат

Автоматизация процессов обработки данных с помощью ИИ позволяет сократить расходы на оплату труда специалистов и оборудования. Кроме того, повышение точности данных снижает риски ошибок, что также ведет к экономии.

3. Улучшение качества данных

ИИ обеспечивает высокую точность и надежность обработки данных, что особенно важно в геодезии и картографии. Это позволяет создавать карты и модели, которые можно использовать для принятия обоснованных решений в различных областях, включая строительство, управление природными ресурсами и городское планирование.

Реальные примеры использования ИИ в обработке данных с БПЛА для геодезии и картографии

Использование искусственного интеллекта в сочетании с данными, полученными с беспилотных летательных аппаратов, уже находит практическое применение в различных проектах по всему миру. Вот несколько конкретных примеров:

1. Проект по мониторингу изменения лесного покрова в Амазонии

Одним из самых известных примеров является проект мониторинга изменения лесного покрова в Амазонском лесу. БПЛА используются для сбора высококачественных аэрофотоснимков, которые затем обрабатываются с помощью ИИ для автоматического распознавания изменений в растительности. Система машинного обучения анализирует изображения, выявляя участки вырубki леса, нелегальной добычи полезных ископаемых и других нарушений. Это помогает не только отслеживать экологические изменения, но и оперативно реагировать на незаконные действия.

2. Создание трехмерных моделей для восстановления после землетрясения в Непале

После разрушительного землетрясения в Непале в 2015 году, БПЛА использовались для сбора данных о состоянии зданий и инфраструктуры. С помощью ИИ были созданы трехмерные модели пострадавших территорий, что позволило точно оценить ущерб и спланировать восстановительные работы. Эти модели использовались как для определения приоритетов восстановления, так и для планирования будущих инфраструктурных проектов, с учетом возможных сейсмических рисков.

3. Мониторинг инфраструктуры и дорожных сетей в Германии

В Германии ИИ применяется для мониторинга состояния дорожной сети и инфраструктуры. БПЛА собирают данные о состоянии дорог, мостов и других объектов, которые затем обрабатываются с использованием ИИ. Алгоритмы машинного обучения анализируют изображения и данные лидара, выявляя трещины, дефекты и другие повреждения. Это позволяет оперативно планировать ремонтные работы и предотвращать аварии.

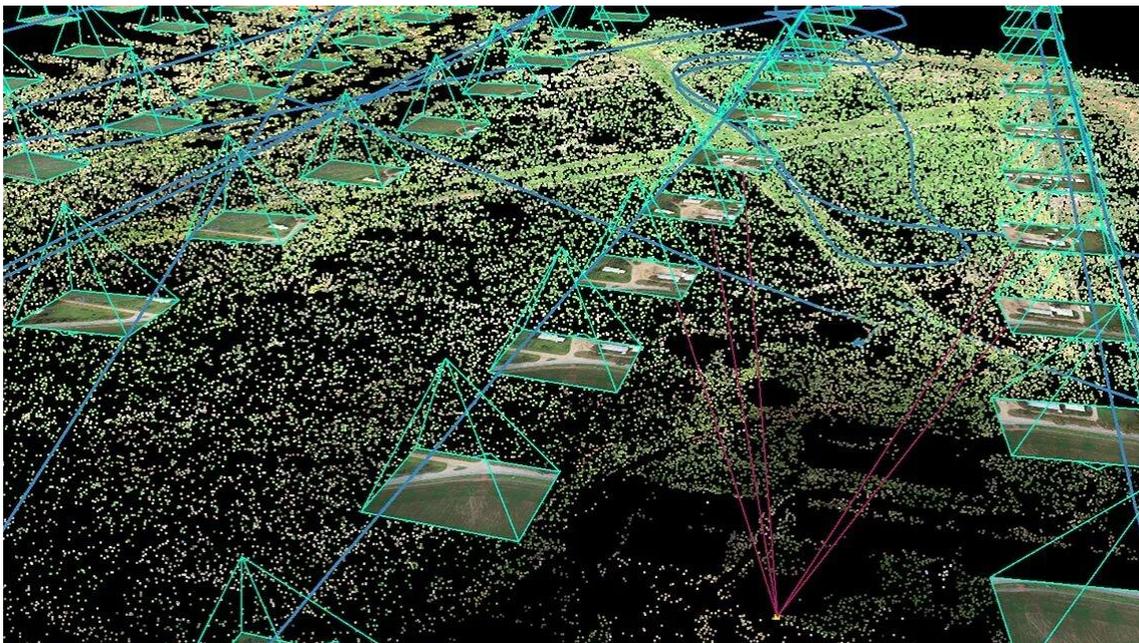
4. Карты затоплений и управление водными ресурсами в Нидерландах

Нидерланды, страна с высоким риском затоплений, активно используют ИИ и БПЛА для управления водными ресурсами. БПЛА собирают данные о текущем состоянии дамб, каналов и других водных объектов. Эти данные обрабатываются с использованием ИИ для создания карт затоплений и моделирования сценариев наводнений. Система машинного обучения помогает предсказывать потенциальные угрозы и принимать превентивные меры для защиты населения и инфраструктуры.

5. Анализ урожайности и управление сельским хозяйством в Австралии

В Австралии ИИ и БПЛА применяются в сельском хозяйстве для мониторинга состояния посевов. БПЛА собирают данные о состоянии почвы, растительности и водного баланса на полях. ИИ анализирует эти данные, помогая фермерам оптимизировать использование удобрений и воды, выявлять заболевания растений и прогнозировать урожайность. Это позволяет значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства и снизить затраты.

Эти примеры демонстрируют, как интеграция ИИ и БПЛА в процессы геодезии и картографии позволяет решать сложные задачи с высокой степенью точности и эффективности. Использование этих технологий способствует улучшению планирования, управления ресурсами и обеспечению безопасности, что делает их незаменимыми инструментами в различных отраслях.



Как создать ИИ для оптимизации обработки данных

Для этого необходимо иметь массивный набор данных, связанных с непосредственным анализом. Это должны быть реальные данные с БПЛА. Также необходимо написать модель, которая обучится на этих данных. Более подробную информацию про создание ИИ можно найти в открытых источниках (например, Wikipedia). Разработкой ИИ занимаются команды программистов (пишут код для модели) и дата-саентистов (готовят данные для обучения).

Заключение

Искусственный интеллект играет ключевую роль в модернизации методов обработки данных, полученных с беспилотных летательных аппаратов, в геодезии и картографии. Его использование позволяет значительно повысить эффективность и точность процессов, что открывает новые возможности для различных отраслей. Внедрение ИИ в эту сферу уже приносит свои плоды, и с развитием технологий можно ожидать дальнейшего улучшения методов обработки данных и расширения их применения.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Минигареев Т.Р., Михайлов В.Ю., Пшеничный П.В., Тагиров Р.Р., Шаймухаметов Р.Р.
Казанский (Приволжский) федеральный университет

Современные методы машинного обучения и искусственного интеллекта предоставляют новые возможности для обработки больших объемов данных и автоматической генерации картографических изображений. Использование этих технологий позволяет улучшить точность и детализацию карт, а также сократить время их создания.

Современные методы создания карт, включают классификацию с использованием машинного обучения, сегментацию изображений, глубокие нейронные сети, пространственно-временной анализ и интеграцию данных из разных источников. Алгоритмы машинного обучения, такие как деревья решений, случайные леса и опорные векторные машины, используются для автоматической классификации типов земной поверхности. Эти методы обучаются на размеченных данных и затем применяются для анализа новых снимков.

Глубокие нейронные сети, такие как свёрточные нейронные сети (CNN) [1], нейронные сети с вариационным автокодировщиком (VAE) [2] и генеративно-состязательные сети (GAN) [3], улучшили возможности автоматической обработки данных ДЗЗ. Свёрточные нейронные сети (CNN) используются для обработки изображений благодаря своей способности автоматически выявлять важные признаки. Они используются для классификации земных поверхностей, выделения объектов, таких как здания или дороги, и создания детализированных карт. Нейронная сеть с вариационным автокодировщиком (VAE) применяются для анализа временных рядов данных. Генеративно-состязательные сети (GAN) используются для создания синтетических изображений, улучшения разрешения снимков и заполнения пропусков в данных.

Применение нейронных сетей в создании картографических изображений приносит следующие преимущества:

- 1) нейронные сети позволяют автоматизировать, такие задачи как классификация и сегментация изображений, что сокращает время создания картографических продуктов;
- 2) нейронные сети, обученные на больших объемах данных, демонстрируют точность в распознавании объектов и классификации типов поверхностей;
- 3) нейронные сети могут эффективно обрабатывать и анализировать большие объемы данных.

Для проведения анализа возможностей нейронных сетей к генерации картографических изображений было выбрано три вида архитектуры нейронных сетей, каждая из которых имеет свою собственную уникальную архитектуру и особенности работы:

- 1) сверточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network, CNN),
- 2) генеративно-состязательная сеть (Generative Adversarial Network GAN),
- 3) нейронная сеть с вариационным автокодировщиком (Variational Autoencoder, VAE).

Создание набора данных для обучения нейронных сетей. Для обучения нейронных сетей, используемых для генерации картографических изображений, был собран набор данных, включающий спутниковые изображения городов. Эти изображения были получены с помощью веб-сборки с сервиса Google Maps. Набор данных представлен в виде объединенной формы спутниковых и картографических изображений, что позволяет моделям обучаться на взаимосвязях между двумя типами данных: фактическими спутниковыми снимками и

соответствующими картографическими представлениями. В набор данных входит 2194 изображения, что обеспечивает разнообразие и объем данных для обучения моделей нейронных сетей. Набор данных был разделен на тренировочный и валидационный поднаборы, что позволяет корректно настраивать и оценивать модели на различных этапах обучения. Каждое изображение в наборе данных имеет размер 1200 на 600 пикселей. Изображение состоит из двух частей: спутникового снимка и картографического изображения, каждая из которых имеет размер 600 на 600 пикселей (рисунок 1). Объединение этих двух видов данных в одно изображение позволяет нейронной сети одновременно анализировать и сопоставлять информацию из обоих источников.

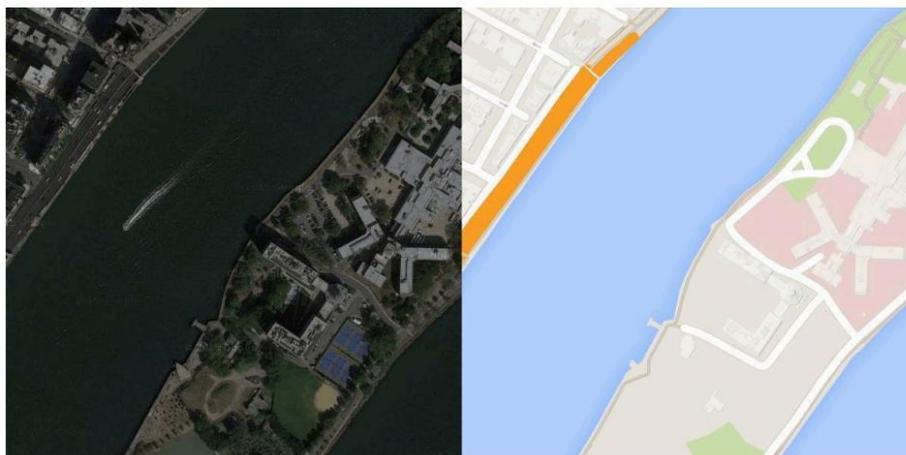


Рис. 1. Пример изображения из набора данных, слева спутниковый

Для подготовки данных используется специальный скрипт. Он считывает каждое изображение из набора данных и разделяет его на две части: спутниковый снимок и картографическое изображение. После этого спутниковые снимки сохраняются в одну папку, а картографические изображения - в другую. Процесс подготовки данных включает в себя чтение изображений, их разделение и сохранение в соответствующие директории, для дальнейшей обработки и использование данных в обучении моделей.

Сверточная нейронная сеть. Архитектура сверточной нейронной сети включает несколько ключевых компонентов. Построенная модель использует несколько сверточных слоев для извлечения признаков из входных изображений. Сверточные слои применяют фильтры для выполнения свертки с входными данными, что позволяет выявить важные признаки, такие как края и текстуры. Эти слои также включают нормализацию и функции активации, чтобы улучшить обучаемость модели и предотвратить переобучение. На этапе загрузки и подготовки данных, данные загружаются из указанных директорий, где хранятся тренировочные изображения и их соответствующие карты. Изображения преобразуются в тензоры для использования в модели. Данные разделяются на тренировочные и валидационные наборы, чтобы можно было корректно настраивать и оценивать модели на различных этапах обучения. На этапе инициализации модели и оптимизатора создается экземпляр модели и перемещается на графический процессор (GPU) для ускорения вычислений. Определяется функция потерь, которая измеряет расхождение между предсказаниями модели и реальными метками данных. Для оптимизации весов модели используется алгоритм Adam [4], который помогает минимизировать функцию потерь и улучшить производительность модели. Вычисляется ошибка реконструкции, которая используется для обратного распространения. Этот процесс включает вычисление градиентов

функции потерь по отношению к весам модели и обновление этих весов в направлении минимизации ошибки. После каждой эпохи обучения модель оценивается на валидационном наборе данных, чтобы контролировать, насколько хорошо она обобщает свои знания на новые данные. Это помогает предотвратить переобучение. На графиках представлены кривые изменения функции потерь (reconstruction loss) в процессе обучения модели. Графики показывают, как уменьшается ошибка реконструкции с увеличением количества итераций, что свидетельствует о прогрессе в обучении модели. Первый график (рисунок 2) показывает, что в начале обучения ошибка высокая, но затем она быстро уменьшается, достигая стабилизации. Это указывает на то, что модель постепенно учится правильно реконструировать изображения. Второй график (рисунок 3) подтверждает аналогичную тенденцию, демонстрируя стабильное снижение ошибки реконструкции по мере обучения.

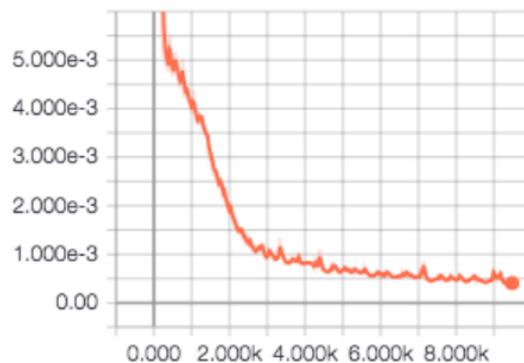


Рис. 2. Ошибка реконструкции на обучающем наборе данных

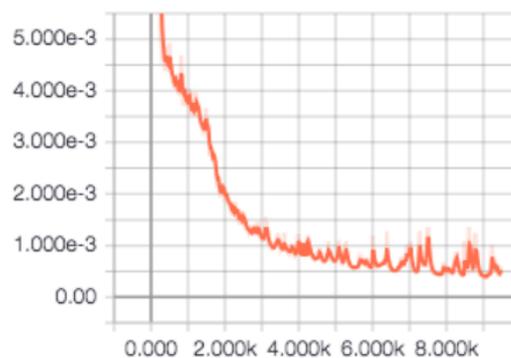


Рис. 3. Ошибка реконструкции на тестовом наборе данных

Генеративно-сопоставительная нейронная сеть. Архитектура генеративно-сопоставительной сети (GAN) включает два основных компонента: генератор и дискриминатор. Генератор принимает на вход случайный шум и преобразует его в изображения. Он состоит из нескольких сверточных слоев, которые поэтапно уменьшают размерность входных данных и извлекают признаки. На выходе используется сигмоидная функция активации, которая нормализует данные в диапазоне $[0, 1]$, соответствующем пиксельным значениям изображений. Дискриминатор, в свою очередь, принимает на вход как реальные, так и сгенерированные изображения, и классифицирует их как "реальные" или "поддельные". Он состоит из нескольких сверточных слоев, которые поэтапно уменьшают размерность входных данных и извлекают признаки. После сверточных слоев данные проходят через полносвязный слой, который выполняет окончательную классификацию. Дискриминатор обучается

различать настоящие изображения от поддельных, тем самым улучшая качество изображений, создаваемых генератором.

В начале обучения ошибка достаточно высока (рисунок 4), что указывает на начальную неточность модели. По мере обучения ошибка постепенно снижается, что свидетельствует о том, что модель улучшает свою способность предсказывать и генерировать изображения, приближаясь к реальным данным.

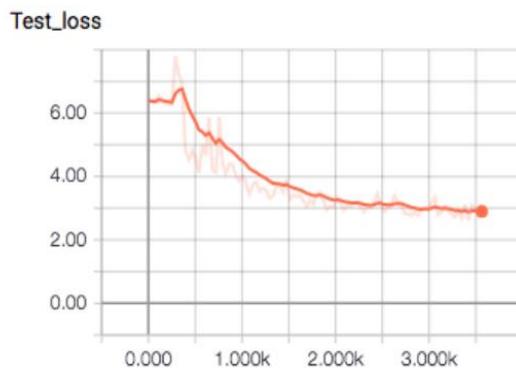


Рис. 4. Изменение тестовой ошибки в процессе обучения модели

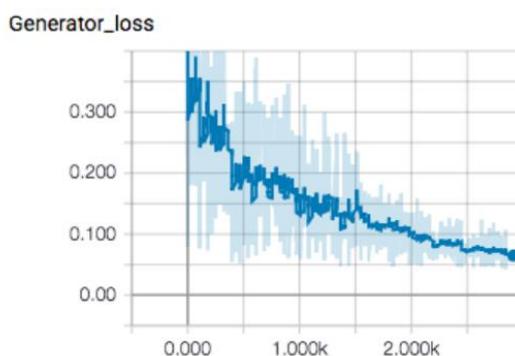


Рис. 5. Точность дискриминатора

Нейронная сеть с вариационным автокодировщиком. Архитектура модели вариационного автокодировщика (VAE) состоит из двух основных компонентов: кодировщика и декодировщика. Кодировщик предназначен для преобразования входных изображений в компактное латентное представление, состоящее из среднего (μ) и логарифма дисперсии (σ). Процесс обучения VAE включает несколько ключевых этапов. Вначале загружаются данные из указанных директорий, где хранятся тренировочные изображения и их соответствующие карты. Эти изображения преобразуются в 32 тензоры, которые затем используются для обучения моделей. Данные разделяются на тренировочные и валидационные наборы, что позволяет корректно настраивать и оценивать модели на различных этапах обучения. Затем создается экземпляр модели VAE, и его параметры инициализируются случайными значениями. После каждой эпохи обучения модель оценивается на валидационном наборе данных (рисунки 6, 7), чтобы контролировать, насколько хорошо она обобщает свои знания на новые данные. Это помогает предотвратить переобучение и улучшить общую производительность модели.

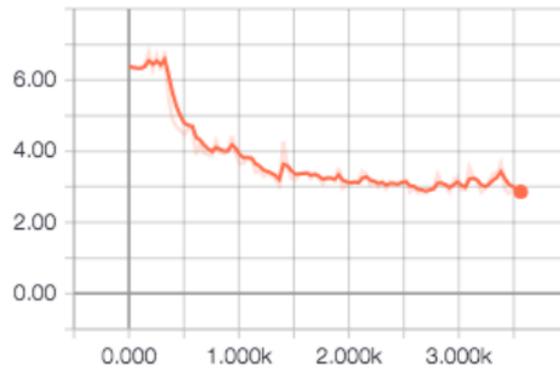


Рис. 6. Изменение тестовой ошибки в процессе обучения модели

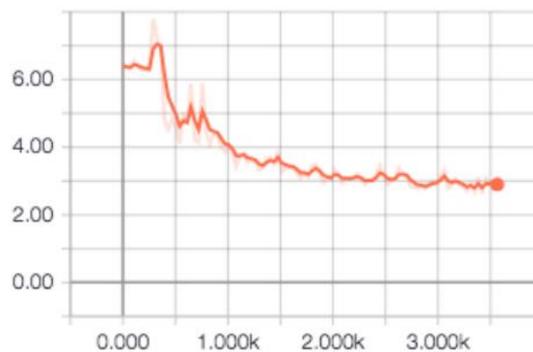


Рис. 7. Изменение ошибки реконструкции в процессе обучения модели

Результаты. CNN показала хорошие результаты в задаче реконструкции картографических изображений. Графики train loss и test loss демонстрируют значительное снижение ошибки в процессе обучения, достигая значений около 0.001. Однако небольшие колебания в конце обучения указывают на необходимость более тщательной настройки гиперпараметров.

GAN продемонстрировала наилучшие результаты среди всех трех архитектур. Средняя точность дискриминатора составила около 80%, средняя ошибка реконструкции - около 0.040, а средняя тестовая ошибка - около 2.0. GAN с learning rate 0.001 показала лучшие результаты по сравнению с learning rate 0.005, что делает эту архитектуру наиболее подходящей для генерации высококачественных картографических изображений.

VAE показала наименее удовлетворительные результаты. Средняя ошибка на тренировочном и тестовом наборах составила около 2.0. Сгенерированные изображения значительно отличались от целевых картографических данных, что указывает на слабую готовность к генерации картографических изображений.

Литература

1. Matusugu, Masakazu; Katsuhiko Mori; Yusuke Mitari; Yuji Kaneda. Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network (англ.) // Neural Networks : journal. - 2003. - Vol. 16, no. 5.- P. 555-559.
2. Goodfellow, Ian J.; Pouget-Abadie, Jean; Mirza, Mehdi; Xu, Bing; Warde-Farley, David; Ozair, Sherjil; Courville, Aaron; Bengio, Yoshua (2014). "Generative Adversarial Networks". arXiv:1406.2661.
3. C. Doersch. Tutorial on Variational Autoencoders. arxiv.org/pdf/1606.05908.
4. Diederik P. Kingma, Jimmy Lei Ba. Adam: A Method for Stochastic Optimization. arxiv.org/pdf/1412.6980.

ЛАЗЕРНЫЙ СКАНЕР TRIMBLE X9

Брюхин С.Г.
PROWAY

Компания Trimble выпустила систему 3D - лазерного сканирования X9 - универсальное решение для захвата реальности, подходящее для геодезических, строительных и инженерных работ. X9 разработан для повышения производительности в большем количестве условий при одновременном использовании технологии Trimble X-Drive для автоматической калибровки прибора, самовыравнивания и лазерного целеуказателя для привязки к местности.

X9 является дальнейшим развитием системы Trimble X7, обеспечивая большую дальность действия, более высокую точность и чувствительность, более короткое время сканирования, улучшая результаты сканирования. Усовершенствованная обработка и высокопроизводительный лазер повышают чувствительность во всех режимах сканирования, позволяя X9 захватывать сложные темные или отражающие поверхности. Новая конструкция центрального блока также улучшает передачу сигнала для повышения качества сканирования.

Также среди отличий сканера X9 от сканера предыдущей модели (X7) – увеличенная дальность (150м против 80м), повышенная угловая точность (16’’ против 21’’), более высокая скорость сканирования (до 1 млн точек/сек по сравнению с 500 тыс. точек/сек), сниженный диапазон шума (1.5 мм на 30м по сравнению с 2.5мм на 30м), а также повышенное качество обработки фотоснимков, формирования панорамных изображений и облака точек в целом.

Система из трех коаксиальных 10-мегапиксельных камер, установленная в центральном блоке сканера, позволяет получать фотографии с разрешением до 3840*2746 пикселей, которые в дальнейшем могут как использоваться для окрашивания непосредственно для окрашивания облаков, так и для получения высококачественных панорам.

X9 предоставляет точные и надежные данные, позволяя уверенно принимать решения как на местах, так и в офисе благодаря регистрации на местах с помощью программного обеспечения Trimble Perspective и FieldLink, сводя к минимуму необходимость целевого развертывания. Встроенная автоматическая калибровка устраняет необходимость в ежегодных посещениях сервисных центров для проведения калибровки.

Кроме того, X9 оснащен системой самовыравнивания с самым широким в отрасли диапазоном компенсации для быстрой и легкой настройки. Системы калибровки и автонивелирования Trimble X9 позволяют ему работать в том числе «вниз головой», что может являться незаменимой функцией при работе на коммуникациях.

Данные X9 могут передаваться непосредственно из программного обеспечения Perspective или FieldLink в офисное программное обеспечение Trimble, включая программное обеспечение для 3D -сканирования Realworks, офисное программное обеспечение Business Center, SketchUp и Tekla, или экспортироваться в стандартные отраслевые форматы для получения результатов, специфичных для конкретного приложения.