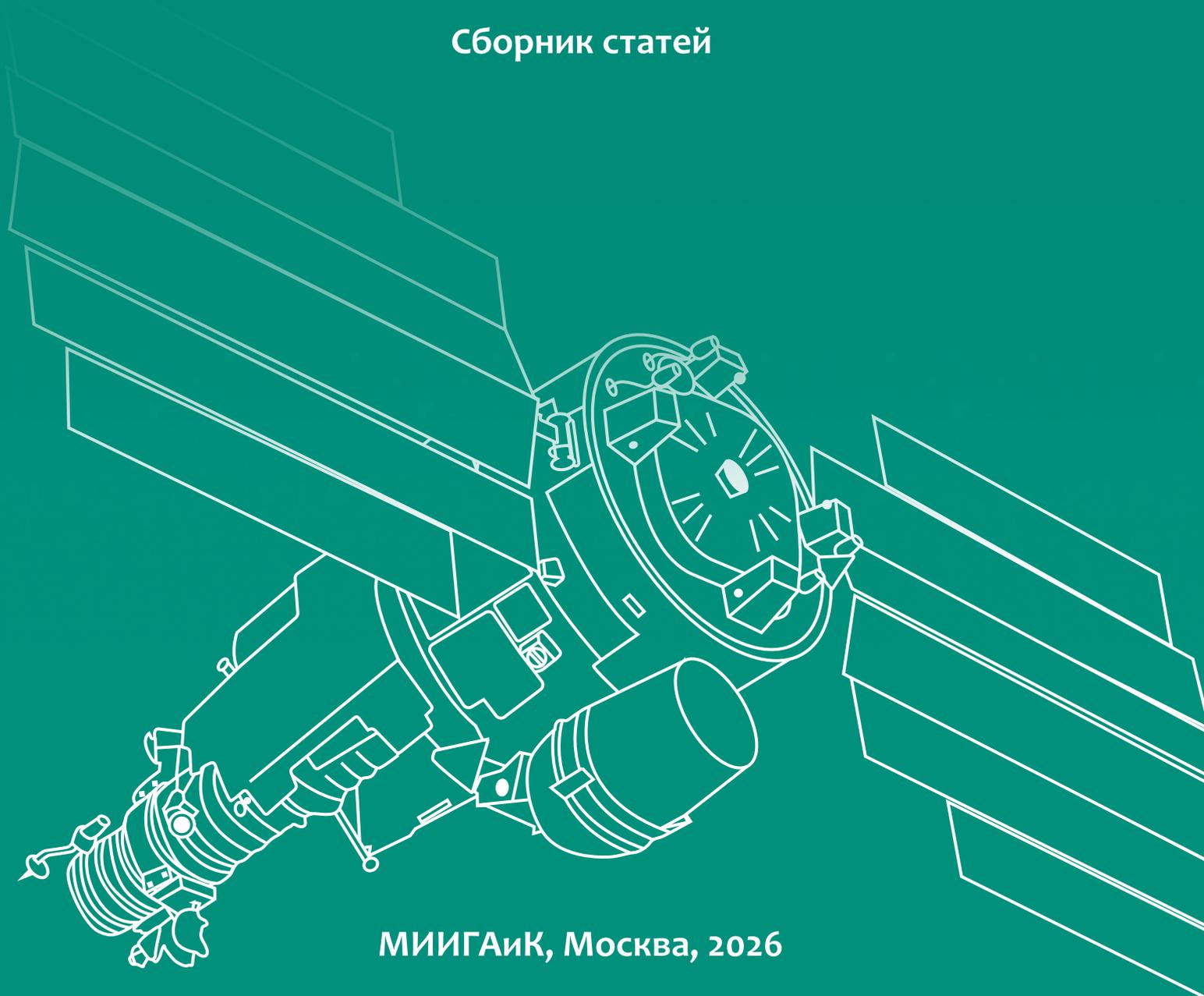


**МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СТУДЕНЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ НАУКИ СНН-2025**

**7-11 апреля 2025**

**Сборник статей**



**МИИГАиК, Москва, 2026**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ (МИИГАиК)

# ВЕСТНИК МИИГАиК

Выпуск 3

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ НАУКИ СНН-2025

Москва, 7 – 11 апреля 2025 г.

80-ая научно-техническая конференция студентов,  
аспирантов и молодых ученых

**Сборник статей**

МИИГАиК, Москва, 2026

УДК 001.1  
ББК 72  
В38

В38 Вестник МИИГАиК, выпуск 3. Сборник научных статей по материалам 80-ой научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках Международной Студенческой Недели Науки СНН-2025, Москва, 7-11 апреля 2025 г. // М.: МИИГАиК, 2026. – 634 с.

IBSN 978-5-91188-084-2

Сборник научных статей по материалам 80-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей 7-11 апреля 2025 года в рамках Международной Студенческой Недели Науки СНН-2025 в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК). Конференция включала в себя 15 научных секций, а также тематические круглые столы по приоритетным направлениям исследований. Участники конференции представили результаты индивидуальных исследований, выполненных на кафедрах и в лабораториях, а также результаты коллективных исследований, выполненных в рамках междисциплинарных проектов и экспедиций. Было заслушано около 300 докладов студентов, аспирантов и молодых ученых из 26 российских и 8 зарубежных университетов. В сборник вошли статьи на русском языке, рекомендованные экспертами к публикации.

Материалы, представленные в сборнике, могут быть интересны студентам, аспирантам и специалистам в области геодезии и дистанционного зондирования, картографии, землеустройства и кадастра, геоинформационных технологий и др.

Ответственный редактор – к.б.н. Кузнецова Г.Д., Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК).

Рецензенты: В.В. Ознамец, доктор наук, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК); Д.А. Шаповалов, доктор наук, профессор, Государственный университет по землеустройству (ГУЗ)

Подробнее об СНН-2025 и ее итогах:



УДК 001.1  
ББК 72

IBSN 978-5-91188-084-2

© Коллектив авторов, 2025  
© МИИГАиК, 2025

## Оглавление

А.А. Алексеева, А.А. Сорокина Комбинированное использование оптического теодолита и лазерной рулетки при выполнении линейно-угловых измерений .....	7
Ф.А. Бабаян Проблемы правового регулирования юридической ответственности за нарушения земельного законодательства .....	18
А.Р. Байорис, А.В. Ершов, А.В. Дубровский Роль трехмерного моделирования в экологических исследованиях городской среды .....	24
А.Р. Байорис, А.В. Ершов, А.В. Дубровский Совершенствование кадастровой системы на основе трехмерного моделирования.....	32
А.М. Бахтиярова, Е.Д. Моисеева, Д.В. Климова, Д.М. Никулин Термозащитное покрытие для БАС .....	43
А.Д. Башкиров, С.А. Атаманов Проблематика оценки градостроительного потенциала развития территории.....	49
В.В. Беленко, В.В. Горькова Световое загрязнение как геоэкологический процесс: причины, последствия и методы регулирувания.....	63
Н.А. Бирюков Задача семантической сегментации геополей в контексте распознавания различных классов объектов на земной поверхности на аэрокосмических изображениях с использованием нейронных сетей .....	78
Л.Т. Борисов, Р.В. Загретдинов Применение архивных ГНСС измерений для решения задач геодезии и земельного кадастра .....	90
А.Е. Бушагин Разработка методики определения смещения земной поверхности на основе дифференциальной радиолокационной интерферометрии для территорий с сейсмической активностью на примере землетрясения в Тибетском автономном районе в Китае 7 января 2025 года .....	102
А.Н. Введенский Корреляционный анализ характеристик городской среды и уровня преступности на примере города Подольск .....	113
А.М. Воронкова, А.В. Чикмяков, Я.В. Мясников Применение Wi-Fi видеокамеры в качестве устройства для снятия отсчетов .....	127

А.М. Воронкова, А.В. Чикмяков	
Основные концепции спутниковой альтиметрии .....	133
П.М. Гаврилина	
Анализ процедуры выполнения комплексных кадастровых работ на федеральном, региональном и муниципальном уровне .....	142
М.А. Гадалова, В.С. Федоров	
Исследование динамики деформаций перекрытий большепролетных инженерных сооружений ...	150
М.М. Гамова	
Оценка и картографирование зон затопления средствами Q-GIS на основе фрактальных показателей речной сети .....	157
Д.Н. Глебова	
Использование современных технологий трехмерного моделирования в изучении географической номенклатуры в вузах .....	168
Е.В. Горбачева, П.М. Гаврилина	
Анализ учета недвижимости и регистрация прав в странах БРИКС.....	178
Е.В. Горбачева	
Систематизация проблем в стратегическом анализе развития территорий на примере Приморского края.....	187
В.А. Гриднева	
Влияние выбора стохастической модели на результаты уравнивания спутниковой сети в зависимости от влияния на измерения внешних факторов .....	193
В.Г. Донковцев	
Единая электронная картографическая основа как механизм цифровой трансформации и повышения качества данных земельно-информационных систем .....	203
А.В. Журавлев	
Использование фьючерсных контрактов для управления ценовыми рисками при покупке недвижимости .....	213
Б.Г. Иргит, М.А. Губанищева	
Технология подготовки проекта границ территории объекта культурного наследия .....	223
Квизера Памфил	
Особенности создания геодезических сетей на средневысоких предгорных территориях .....	229
Д.А. Муравина, П.Ф. Кожин	
Интеграция геодезических данных в проектирование инфраструктуры: влияние методов уравнивания на точность проектирования остановочных пунктов и объектов транспортной инфраструктуры .....	240

Е.А. Копченко, А.А. Романова, А.Д. Цветкова	
Современные программное обеспечение для создания цифровых моделей объектов недвижимости на основе данных трехмерного лазерного сканирования.....	251
А.А. Корева, Н.Г. Благовидова	
Архитектурно-градостроительное наследие в планировочной структуре центральной части города Орла и предложение методов преемственности.....	256
М. С. Корнеева, Д. С. Смирнова	
Национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства» как механизм устойчивого развития территорий .....	270
А.К. Кошель	
Интеграция почвоведческих данных в кадастровую оценку земель ООПТ: сравнительный анализ методик .....	276
К.В. Кривошеев	
Сравнение результатов измерений горизонтальных смещений ограждающей конструкции котлована, полученных электронным тахеометром и скважинным инклинометром .....	285
И.А. Клыпин, К.Ф. Куликов	
Особенности определения систематической погрешности работы компенсатора наклона цифрового нивелира на эталонном экзаменаторе .....	296
К.Ф. Куликов, И.А. Клыпин	
К вопросу о применении перевернутой рейки при выполнении работ по геометрическому нивелированию .....	302
И.А. Марченков	
Технические особенности при использовании беспилотных воздушных судов в роли опорных геодезических пунктов.....	310
М.А. Машкина	
Статистические индексы комплексного экономического развития регионов.....	318
А.С. Минеева, Д.Б. Никольский	
Оценка возможности использования метода DInSAR для определения смещений на территории полуострова Крым .....	329
С.В. Мишина	
Принципы формирования спортивно-образовательных кластеров в малых городах России.....	341
П.В. Молоков, Т.Н. Скрыпицына	
Опыт использования различных цифровых камер для создания трехмерных моделей на примере Музея-Заповедника «Тарханы» .....	351
Нгендаменья Эварист	
Мировой опыт реабилитации земель под объектами горной добычи и карьерами.....	370

Нгуен Динь Куан	
Картографическая оценка обеспеченности зелеными насаждениями населения крупного города	383
Нгуен Тхи Чам	
Предложения по решению научных проблем мониторинга земель в городских поселениях Ханоя, Вьетнам	390
Г.А. Новойдарский, Е.А. Шуранов, Д.В. Рубашка, М.И. Панкратов, Д.А. Золаторёв	
Создание геодезической разбивочной основы на территории Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) с установкой пунктов принудительного центрирования	398
П Н.С. Полицинский	
ространственный анализ распределения случаев туберкулёза и ВИЧ в Ленинградской области в масштабе агломерации	409
А.А. Проскурина	
Понятие и практика ведения дежурных планов градостроительной информации	418
И.В. Раева, Е.Д. Подрядчикова	
Повышение достоверности государственной кадастровой оценки в городах с использованием методов искусственного интеллекта	425
Р.С. Рамазанов	
Безопасность DevSecOps: актуальные проблемы интеграции контроля безопасности на всех этапах разработки программного обеспечения	437
И.М. Рябов, Ю.Д. Боголюбова	
Московский метрополитен как культурное наследие	444
И.М. Рябов, Ю.Д. Боголюбова	
Сводчатые конструкции бесстолпных храмов Псковской земли XIV-XV веков	458
И.М. Рябов, Ю.Д. Боголюбова, Ю.Д. Хохлова	
Видеореконструкция усадьбы Тарханы во времена М.Ю. Лермонтова	470
В.А. Семенова, К.Е. Киселевская	
Оценка состояния земель под объектами нефтегазового комплекса по вегетационным индексам (на примере Бованенковского месторождения)	480
А.А. Сорокина	
Оценка состояния геодезической сети в районе работ, предполагаемом к активному использованию	490
Р.В. Султангареев	
Национальный проект «Экология» как механизм устойчивого развития территорий	498
Е.А. Сумакова	
Искусственные земельные участки как фактор развития территорий	509

А.М. Тимошина	
Преобразование промышленных зон города Переславль-Залесский. Территория фабрики «Красное Эхо».....	517
П. К. Федорин	
Опыт консервации каменного архитектурного наследия в профессиональной и добровольческой практике.....	533
Н.Х. Утегалиева	
Организация государственного мониторинга земель в Республике Казахстан .....	552
А.В. Федерягина	
К вопросу о мониторинге и подходах, применяемым для реабилитации почв г. Москвы.....	561
М.Б. Ходжамухамедова	
Разработка и внедрение инновационной технологии эко-раковины для повышения эффективности использования водных ресурсов в бытовых условиях .....	566
А.В. Чикмяков, А.М. Воронкова, Я.В. Мясников	
Стенд для компарирования линейных шкал .....	573
Р.Р. Шакиров, А.М. Луговской	
Растения лесостепи как геоиндикаторы трансформации климата.....	578
Д.А. Шалимов	
Картографирование изменений геоэкологических условий в окрестностях Ямальской воронки по данным дистанционного зондирования .....	585
Н.В. Шамов	
Особо охраняемые зелёные территории – эволюция ООПТ или их крах?.....	596
В.В. Голубев, Ю.А. Штам, Я.С. Ельников	
Метод сжатия и растяжения для моделирования произвольного закона распределения случайной величины .....	601
Я.А. Юсов, В.В. Михольская	
Понятие недвижимости: сходства и различия экономического и юридического аспектов .....	610
Н.С. Яковлев, А.М. Луговской	
Оценка воздействия микроклиматических особенностей городских тепловых островов на структуру локальных геосистем .....	620
М.А. Исаева	
Автоматизация расчета индекса стабилизации урбанизированных территорий через разработку программного модуля .....	627

## Применение архивных ГНСС измерений для решения задач геодезии и земельного кадастра

Л.Т. Борисов<sup>1\*</sup>, Р.В. Загретдинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

\*borisov-leonid-444@mail.ru

**Ключевые слова** земельный кадастр, спутниковая геодезия, ГНСС измерения, спутниковые геодезические сети, PPP

**Аннотация** В настоящее время часто обсуждается вопрос о законности использования пунктов опорной межевой сети (ОМС) в качестве исходных при проведении кадастровых работ. В своих приказах, Росреестр ссылается на некачественную связь этих пунктов с государственной геодезической системой координат (ГСК-2011). В данной статье рассмотрена методика обработки архивных ГНСС измерений, проводившихся при создании ОМС 2-го класса (ОМС-2) в Республике Татарстан (2003-2006 гг.). Уравнивание каркасных ГНСС сетей ОМС-2 РТ выполнялось для каждого района в отдельном проекте. В этой связи проведение кадастровых работ в «коридоре» границ двух районов зачастую приводит к значительным ошибкам относительного положения соседних ОМС (проблема «несогласованности»). Описанная в публикации методика обработки основана на определении по архивным ГНСС измерениям высокоточных глобальных геоцентрических координат пунктов каркасных сетей. Приведение координат пунктов спутниковых каркасных сетей к единой геоцентрической системе отсчёта на фиксированную эпоху позволяет избежать ошибок «несогласованности», а также может снять вопрос о легитимности использования пунктов ОМС при проведении кадастровых работ.

### 1 Введение

С быстрым развитием земельно-имущественных отношений в Республике Татарстан на рубеже XXI века специалистам в области геодезии требовалась опорная межевая сеть в каждом населённом пункте, относительно которой будут проводиться тахеометрические съёмки для решения задач государственного земельного кадастра, мониторинга земель, а также межевание земельных участков. В 2003-2006 гг. в республике проводились работы по созданию опорной межевой сети 2-го класса, в результате которых было заложено около

15 000 пунктов. Координаты и высоты пунктов определялись спутниковым методом в местной системе координат 16-го региона (МСК-16) со средней точностью взаимного положения 2-3 см.

Организация работ по созданию ОМС-2 в РТ выполнялась специалистами компании «Республиканский центр мониторинга и землеустройства». Во время спутниковых измерений использовались двухчастотные GPS приёмники марки THALES ZMax GPS и программное обеспечение (ПО) для обработки — THALES NAVIGATION «GNSS Studio». План работ по реализации проекта осуществлялся в два этапа. На первом этапе на территорию каждого муниципального района создавалась каркасная спутниковая сеть, включавшая временные базовые станции (ВБС) опирающиеся на несколько пунктов государственной геодезической сети (ГГС). Средняя продолжительность измерений на пунктах ВБС составляла 9-10 часов, на пунктах ГГС – около 1 часа. Затем проводилось уравнивание каркасных сетей с определением координат ВБС относительно ГГС в МСК-16. Второй этап заключался в определении координат опорных межевых знаков (ОМЗ) относительно ВБС, путём обработки пятнадцатидвадцатиминутных ГНСС измерений на пунктах ОМС<sup>1</sup>.

Опорная межевая сеть Республики Татарстан послужила хорошей основой для проведения последующих масштабных кадастровых работ и межевания свыше миллиона земельных участков. За состоянием ОМС РТ следит Управление Росреестра по Республике Татарстан и было выявлено, что значительная часть пунктов утрачена или повреждена<sup>2</sup>. В последнее время встал вопрос и о легитимности использования пунктов ОМС. 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)<sup>3</sup>. 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<sup>4</sup>. Из приведённых выше нормативно-правовых документов следует, что пункты опорной межевой сети не следует использовать как исходные при проведении кадастровых работ.

В условиях, когда уже миллионы земельных участков имеют привязку к ОМС сетям и в то же время сохраняется потребность в традиционных геодезических методах измерений,

---

<sup>1</sup> Техническое задание на выполнение работ по сгущению опорной межевой сети в Республике Татарстан, 2003 г.

<sup>2</sup> Восстанавливать пункт геодезической сети придется за свой счет: пресс-служба Управления Росреестра по Республике Татарстан от 13.08.2012. – Текст: электронный // Официальный сайт управления Росреестра по Республике Татарстан

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> 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.

на наш взгляд необходимо разработать технологию проведения кадастровых работ с использованием существующих опорно-межевых сетей. Это можно сделать, построив матрицы деформаций и переобработав сохранившиеся архивные ГНСС измерения.

Основная проблема при создании ОМС-2 в Республике Татарстан заключалась в том, что уравнивание каждого района происходило в отдельном проекте. Внутри каждого района координаты опорно-межевых знаков удовлетворяют требуемой точности их определения в сетях ОМС 2-го класса. Однако при проведении кадастровых работ на территории границ двух районов считается нецелесообразным использовать пункты ОМС, поскольку могут возникнуть значительные ошибки относительного положения соседних ОМС. Данная проблема вызвана тем, что взаимное уравнивание ОМС в соседних районах не проводилось.

В настоящее время при проведении кадастровых работ специалистами используются сети постоянно действующих базовых станций (ПДБС). Данные сети зачастую входят в ГССН и имеют надёжную связь с геоцентрической системой координат, в том числе и с ГСК-2011. Однако для контроля своих измерений, кадастровые инженеры зачастую используют существующие пункты ОМС, что противоречит нормативным документам в области кадастра. По рекомендации Росреестра, наиболее верным решением является выполнение калибровки на пунктах ГГС в районе выполнения работ, но они в свою очередь могут иметь значительные деформации, как это указывалось в исследовании [1]. В этой связи возникает вопрос о неоднозначности методики выполнения кадастровых работ.

Целью нашего исследования является разработка современной методики проведения кадастровых работ с применением сетей ПДБС и существующих сетей ОМС для контроля качества измерений. Основная задача – повторная обработка измерений проектов по созданию ОМС-2 РТ и определение геоцентрических координат пунктов каркасных ГНСС сетей в отсчётной основе ITRF2014 на эпоху 2010.0. Установление связи с глобальной геоцентрической системой отсчёта позволяет исключить ошибки относительного положения соседних ОМС и разрешит использование пунктов опорной межевой сети для проведения кадастровых работ.

## **2 Материалы и методы**

Республика Татарстан насчитывает 43 муниципальных района, в каждом из которых было заложено от 200 до 500 опорно-межевых знаков в зависимости от площади района и количества населённых пунктов. Межевые знаки оформлялись в соответствии с требованиями «Инструкция по Межеванию земель» 1996 г.



**Рис. 1.** Один из типов опорно-межевых знаков в Республике Татарстан  
**Fig. 1.** One of the types of boundary markers in the Republic of Tatarstan

На рисунке 1 представлены фотографии опорно-межевых знаков в Республике Татарстан. Данные пункты имеют тип центра – БГР рекомендуемый для использования в сельской местности. Верх знака возвышается над уровнем земли на 40-50 см. Как правило, глубина заложения такого пункта ОМС была не меньше 1 м. с квадратным бетонным якорем. ОМЗ маркировались курганом с окопкой радиусом 1 м. В иных случаях они могли располагаться под опорами ЛЭП.<sup>5</sup> Особое внимание уделяется нумерации пунктов ОМС в республике. Рассмотрим приведённые на рисунке 1 два опорно-межевых знака с номерами 16270087 и 16200101.

Система нумерации ОМЗ в Татарстане:

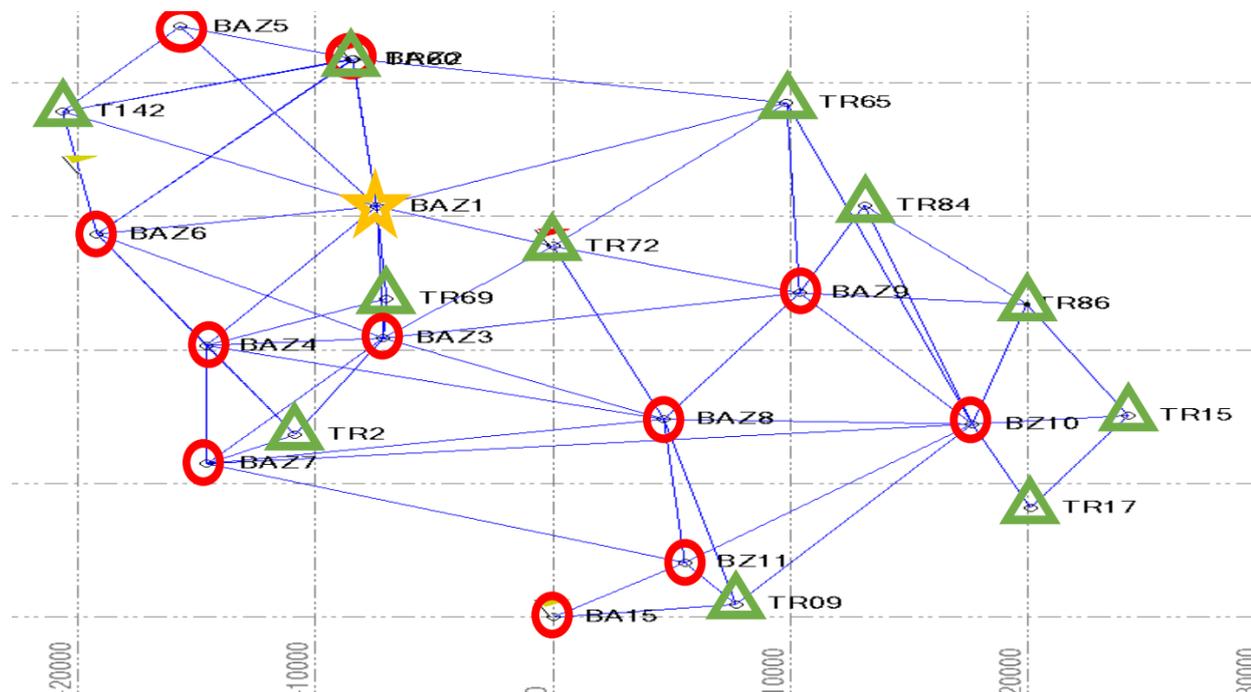
- 1) Первые две цифры означают номер региона Республики Татарстан;
- 2) Вторые две цифры порядковый номер муниципального района в республике;
- 3) Последние четыре цифры обозначают номер пункта.

Пункты опорно-межевой сети в Республике Татарстан имеют глубину заложения до 1 метра, в то время как среднее значение глубины промерзания грунта в регионе составляет 1.8 м. Согласно назначению, ОМЗ должны обеспечивать государственный земельный кадастр. Небольшая глубина заложения ОМЗ объясняется тем, что к пунктам не предъявляется высокая стабильность по высоте.

Архивные данные в виде файлов измерений стандартного формата приёмника и проектов были предоставлены компанией ООО «Республиканский центр мониторинга и землеустройства». На начальном этапе нами были выбраны 5 районов в окрестности городе Казань. Было создано 4 проекта с названиями соответствующих районов: «Высокая гора», «Верхний Услон», «Зеленодольск», «Лаишево + Пестрецы». На рисунке 2 приведена предварительная схема расположения пунктов каркасной ГНСС сети для проекта «Высокая гора». В нашем исследовании компьютерная обработка проводилась в ПО «Survey Office»

<sup>5</sup> Инструкция по межеванию земель: утверждена Роскомземом 08.04.1996. – 20 с.

(Spectra Geospatial). Данная программа способна обрабатывать сырые ГНСС измерения с приёмников марки Thales.



**Рис. 2.** Каркасная ГНСС сеть на проект «Высокая гора». Условные обозначения: «зелёный треугольник» – пункты триангуляции, «красный круг» – временные базовые станции (ВБС), «жёлтая звезда» – временная базовая станции с наиболее продолжительными измерениями

**Fig. 2.** GNSS frame network for the «Vysokaya gora» project. Legend: green triangle – triangulation points, red circle – temporary base station (TBS), yellow star – temporary base station with the longest measurements

Первый этап обработки заключался в повторном построении каркасных сетей в ПО «Survey Office». В него входили импорт файлов измерений, обработка базовых линий и отбраковка грубых и дублирующих векторов. В ходе импорта данных мы столкнулись с проблемой несоответствия значений высот антенн, введённых непосредственно в полевых условиях, с журналами спутниковых наблюдений. На сегодняшний день сохранились только электронные отчеты измерений, выгруженные из проектов по созданию ОМС-2 в РТ программы «GNSS Studio». Большая часть векторов прошла критерий принятия, установленный программой по умолчанию (0.100 м + 1.0 мм/км в плане, 0.200 м + 1.0 мм/км по высоте, при значениях ошибок больше указанных вектора не принимались в обработку). Путём отбраковки грубых и дублирующих векторов для каждого проекта удалось достичь относительной точности сети до 3 мм/км.

Для определения геоцентрических координат пунктов каркасных ГНСС сетей на стандартную эпоху ITRF мы выбирали файлы ВБС с наиболее длительным сеансом наблюдений. Файлы измерений стандартного формата приёмника конвертировались в RINEX формат версии 2.11 поскольку при создании ОМС-2 РТ измерения выполнялись только с использованием спутников GPS. Данный процесс необходимо было выполнить для того, чтобы в будущем получить высокоточные геоцентрические координаты через различные

онлайн-сервисы и программы обработки методом Precise Point Positioning (PPP). Высокоточный абсолютный метод определения координат, он же PPP, основан на применении только одного приёмника. За счёт точных эфемерид и поправок к часам спутников удаётся достичь точности от нескольких дециметров до нескольких сантиметров [2]. В ходе работы, нами использовались такие онлайн-сервисы и программы как:

1. The Bernese GNSS Software (разработчик – Астрономический институт университета Берна (AIUB), Швейцария);
2. CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning, разработчик – Канадская геодезическая служба (CGS), Канада);
3. OPUS (Online Positioning User Service, разработчик – Национальная геодезическая служба (NGS), США);
4. AUSPOS (Online GPS Processing Service, разработчик – Geoscience Australia, Австралия).

Стоит отметить, что среди перечисленных онлайн-сервисов и программ обработки только Bernese и CSRS-PPP используют PPP алгоритмы. Американский (OPUS) и австралийский (AUSPOS) сервисы применяют сетевой метод обработки, основанный на вычислении дифференциальных разностей относительно ближайших базовых станций, входящих в международную сеть IGS. Ранее нами был проведен подробный анализ перечисленных онлайн-сервисов и программы Bernese [3].

Геоцентрические координаты, полученные в результате обработки от выбранных служб рассчитываются на эпоху наблюдений. Для того, чтобы привести координаты к единой стандартной эпохе ITRF2014 (1 января 2010 г.), мы воспользовались группой формул 1:

$$\begin{aligned} X_t &= X_{t_{набл.}} + V_x * \Delta t \\ Y_t &= Y_{t_{набл.}} + V_y * \Delta t \\ Z_t &= Z_{t_{набл.}} + V_z * \Delta t \end{aligned} \quad (1)$$

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,

$\Delta t$  – разность эпох 2010.0 и эпохи наблюдений.

За компоненты скоростей движения пункта были выбраны данные с измерений базовой станции сети IGS KZN<sub>2</sub>, расположенной на здании городской астрономической обсерватории Казанского федерального университета. Наблюдения на KZN<sub>2</sub> ведутся с 2012 года и ежедневно обрабатываются в автоматическом режиме, что позволило определить надежные значения скоростей для этой станции.

Дальнейшая обработка архивных ГНСС измерений проводилась в два этапа: выполнение свободного и несвободного уравнивания спутниковых каркасных сетей.

Свободное уравнивание каркасных сетей необходимое для получения оценки точности взаимного положения пунктов, выполнялось с одним опорным пунктом, в частности, временной базовой станции, имеющей наибольшую длительность измерений. В каждом проекте опорной ВБС присваивались геоцентрические координаты, пересчитанные на стандартную эпоху.

Несвободное уравнивание каркасных сетей проводилось с несколькими исходными пунктами, в качестве которых служили пункты ГГС. Данный вид уравнивания необходим для получения искомым геоцентрических координат пунктов каркасных сетей. При выполнении стандартного уравнивания несвободных сетей, как правило, задаётся датум (например, СК-42) в виде семи параметров преобразования, в результате которого определение координат происходит на всей поверхности референц-эллипсоида. Однако при таком подходе геоцентрические координаты точек имеют значительные отклонения. В нашей работе несвободное уравнивание каркасных сетей выполнялось по методу «Калибровка»<sup>6</sup>. В расчётах калибровки используется картографическая проекция Гаусса-Крюгера, которая в свою очередь хорошо подходит для работы на ограниченной по площади территории. Для опорной межевой сети точность определения координат характерных точек в населённых пунктах составляет не более 0.10 м<sup>7</sup>.

**Таблица 1.** Исключение пунктов ГГС из обработки  
**Table 1.** Exclusion of GGN points from processing

Название проекта	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
«Лаишево + Пестрецы»	13	9	10
Итого	45	37	37

В нашей работе калибровки выполнялись на каждый район с точностью не хуже 0.10 м в плане, что соответствует требованиям инструкций. Для высотной компоненты было

<sup>6</sup> Калибровка – это процесс уравнивания, в результате которого по вычисленным параметрам можно перейти от общеземных систем отсчёта к местным системам координат с минимальными погрешностями.

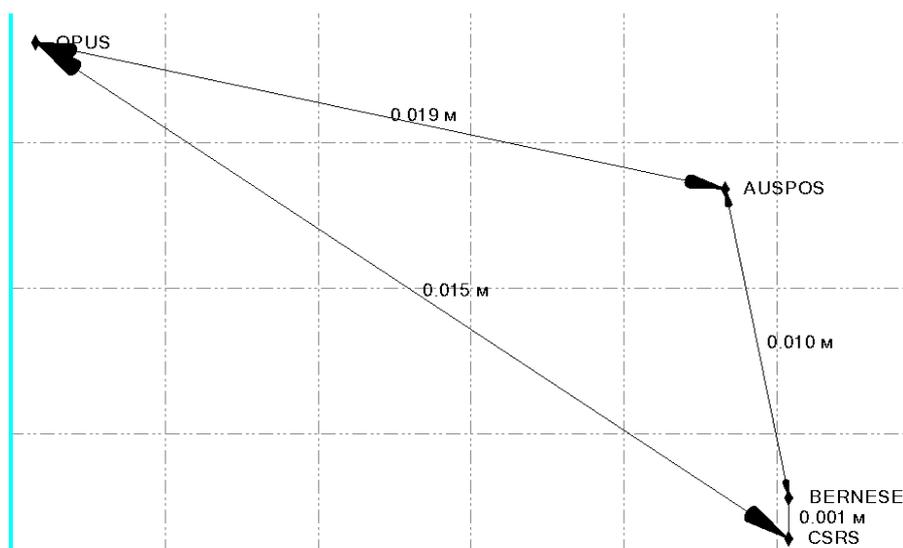
<sup>7</sup> Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методом определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места: приложение N 1 к приказу Росреестра от 23 октября 2020 г. N П/0393 // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. – 2020. – 16 с.

выбрано значение не хуже 0.15 м, так как для пунктов ОМС не предусматривается высокая стабильность по высоте.

По результатам калибровки на каждый из районов, были исключены пункты, имеющие значительные ошибки. В таблице 1 приведено итоговое количество пунктов ГГС, используемых в процессе несвободного уравнивания каркасных сетей.

### 3 Результаты и обсуждение

На рисунке 3 приведён результат сравнения пересчитанных геоцентрических координат длительных ВБС от онлайн-сервисов и программы обработки Bernese. Как видно из рисунка, американский (OPUS) и австралийский (AUSPOS) сервисы отличаются от Bernese и CSRS-PPP более чем на 1 см. По нашим предположениям, это связано с тем, что первые два сервиса используют именно сетевой (относительный) метод определения местоположения. Вполне вероятно, что совпадение решений Bernese и CSRS-PPP связано с использованием одной и той же реализации ITRF. В результате пересчёта осреднённые значения геоцентрических координат ВБС использовались как исходные на этапе уравнивания свободных каркасных сетей.



**Рис. 3.** Результат сравнения решений от онлайн-сервисов и программы Bernese

**Fig. 3.** Comparison of solution from online services and the Bernese software

В таблице 2 представлены результаты уравнивания свободных каркасных ГНСС сетей. Проект «Верхний Услон» имеет наибольшие ошибки определения геоцентрических координат среди остальных. По нашей информации, это связано с наличием грубых ошибок, допущенных в ходе выполнения полевых работ. В таблицах 3 и 4 приведены результаты уравнивания несвободных каркасных ГНСС сетей до и после исключения несогласованных пунктов соответственно. Проект «Зеленодольск» имеет наибольшие ошибки определения геоцентрических координат среди всех остальных.

**Таблица 2.** Оценка точности глобальных геоцентрических координат по результатам уравнивания свободных сетей

**Table 2.** Assessment of the accuracy of global geocentric coordinates based on the results of free network adjustment

	Х Ошибка, м.	У Ошибка, м.	Z Ошибка, м.	3D Ошибка, м.
Проект «Верхний Услон»				
Min	0.009	0.010	0.019	0.023
Max	0.056	0.072	0.151	0.176
Проект «Высокая гора»				
Min	0.007	0.008	0.013	0.017
Max	0.021	0.020	0.039	0.049
Проект «Зеленодольск»				
Min	0.017	0.021	0.037	0.046
Max	0.044	0.048	0.086	0.108
Проект «Лаишево + Пестрецы»				
Min	0.009	0.010	0.018	0.023
Max	0.038	0.040	0.069	0.087

**Таблицы 3.** Оценка точности глобальных геоцентрических координат пунктов по результатам несвободного уравнивания каркасных сетей до исключения пунктов

**Table 3.** Assessment of the accuracy of global geocentric coordinates of points based on the results of constrained adjustment of framework networks before exclusion of points

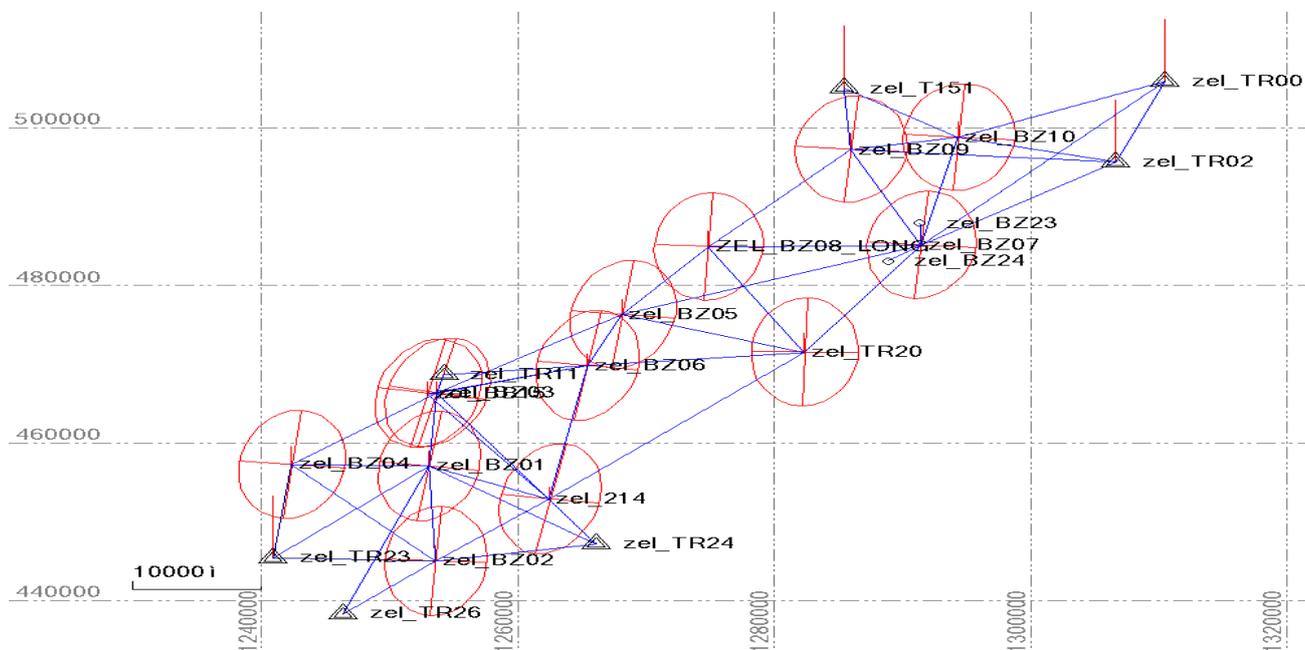
	Х Ошибка, м.	У Ошибка, м.	Z Ошибка, м.	3D Ошибка, м.
Проект «Верхний Услон»				
Min	0.040	0.044	0.079	0.098
Max	0.094	0.101	0.173	0.221
Проект «Высокая гора»				
Min	0.042	0.047	0.082	0.104
Max	0.091	0.100	0.177	0.221
Проект «Зеленодольск»				
Min	0.087	0.096	0.162	0.207
Max	0.233	0.238	0.437	0.550
Проект «Лаишево + Пестрецы»				
Min	0.043	0.049	0.089	0.113
Max	0.091	0.102	0.180	0.226

**Таблицы 4.** Оценка точности глобальных геоцентрических координат пунктов по результатам несвободного уравнивания каркасных сетей после исключения пунктов

**Table 4.** Assessment of the accuracy of global geocentric coordinates of points based on the results of constrained adjustment of framework networks after exclusion of points

	Х Ошибка, м.	У Ошибка, м.	Z Ошибка, м.	3D Ошибка, м.
Проект «Верхний Услон»				
Min	0.026	0.029	0.051	0.064
Max	0.062	0.067	0.113	0.145
Проект «Высокая гора»				
Min	0.036	0.039	0.066	0.092
Max	0.068	0.075	0.135	0.167
Проект «Зеленодольск»				
Min	0.058	0.063	0.104	0.135
Max	0.144	0.147	0.269	0.338
Проект «Лаишево + Пестрецы»				
Min	0.020	0.023	0.041	0.052
Max	0.044	0.050	0.087	0.109

На рисунке 4 изображена вытянутая каркасная сеть на данный район. В среднем расстояние от крайних диагональных пунктов достигает 90 км. По нашему мнению, интересным фактором является физико-географическая характеристика района. Каркасная сеть на Зеленодольский район располагается по обеим берегам большой реки Волги. Значительная вытянутость каркасной сети не позволяет произвести только одну калибровку.



**Рис. 4.** Каркасная ГНСС сеть на проект «Зеленодольск»  
**Fig. 4.** Frame GNSS network for the «Zelenodolsk» project

В результате полученных параметров связи МСК-16 с ITRF2014 (2010.0) было выполнено тестирование разработанной методики в полевых условиях с применением современных постоянно действующих базовых станций. Полевые измерения проводились в марте 2025 г. на территории Зеленодольского района РТ. В режиме реального времени были выполнены спутниковые наблюдения на 5 пунктах ОМС. Предварительные результаты апробации методики показали незначительные отклонения. Координаты пунктов ОМС из каталога и измеренные непосредственно отличались не более чем на 10 см. Представленная в данной статье методика обработки архивных ГНСС измерений основана на привязке к международной глобальной отсчётной основе ITRF. В будущем планируется применить алгоритм обработки на других районах Республики Татарстан и выполнить определение геоцентрических координат уже в ГСК-2011.

#### 4 Выводы

Вопрос о легитимности использования пунктов ОМС является очень важным для всего земельного кадастра. В современных условиях глушения спутниковых сигналов применение ГНСС технологий практически невозможно. В этой связи возникает потребность перехода к традиционным геодезическим методам измерений. Пункты ОМС послужили бы хорошей планово-высотной основой для осуществления последних. Однако сейчас их использование является недопустимым при проведении кадастровых работ. С использованием координат

пунктов ОМС проводилось межевание земельных участков в Республике Татарстан. Прекращение использования пунктов ОМС приведёт к значительным трудностям проведения кадастровых работ. Повторить проект по созданию ОМС-2 в наши дни слишком затратно.

В ходе исследования были повторно обработаны каркасные ГНСС сети на 5 районов вблизи г. Казани. В этих районах определены геоцентрические координаты пунктов ОМС с  $2\sigma$  (95%) 2-4 см. и 5-10 см. при свободном и несвободном уравнивании каркасных опорных межевых сетей соответственно. Предварительные результаты апробации методики показали, что координаты пунктов ОМС незначительно изменились. Для более точной оценки необходимо провести подобные работы в каждом районе.

Архивные ГНСС измерения представляют уникальную ценность для геодезистов. В результате их повторной переобработки можно для обширных территорий выполнить определение параметров перехода от старых систем координат, основанных на СК-42, к новым высокоточным, построить матрицы деформаций МСК-16 относительно ГСК-2011 и создать модель квазигеоида на полученную территорию.

## **Благодарности**

*Выражаю искреннюю благодарность ассистенту кафедры астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета Загретдинову Айдару Анисовичу за помощь в подготовке исходных материалов и литературных источников.*

*Результаты данной работы были представлены на 80-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, в рамках Международной Студенческой Недели Науки СНИ-2025, 7-11 апреля 2025 года, Москва, МИИГАиК.*

## **Библиография**

1. О проблемах геодезического обеспечения кадастра недвижимости / В. В. Алакоз, В. В. Бойков, М. А. Монахова, Е. С. Пересадыко // Геопрофи. Технологии. – 2012. — № 4. С. 11-15.

2. Евстафьев О. В. Способ преобразования координат в ГСК-2011 при высокоточных абсолютных спутниковых определениях в процессе крупномасштабных топографических съёмок // Геодезия и картография. – 2025. — №7. – С.2-11.

DOI: 10.22389/0016-7126-2025- 1021- 7- 2-11

3. Борисов Л.Т. Анализ онлайн-сервисов обработки архивных спутниковых измерений / Л. Т. Борисов, Р. В. Загретдинов // Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем: сборник докладов XIV Международной научно-практической конференции (26-27 августа 2025 г., Казань). — Казань, 2025. — с. 68-74.

# Application of Archived GNSS Measurements for Geodesy and Land Cadaster Tasks

Leonid T. Borisov<sup>1\*</sup>, Renat V. Zagretdinov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russia

\*borisov-leonid-444@mail.ru

**Keywords** land cadaster, satellite geodesy, GNSS measurements, satellite geodetic networks, PPP

**Abstract** Currently, there is much debate about the legality of using reference boundary network (RBN) points as a basis for cadastral work. In its orders, Federal service for state registration, cadaster and cartography refers to the poor connection between these points and the state geodetic coordinate system (GCS-2011). This article discusses the methodology for processing archived GNSS measurements taken during the creation of the 2nd class RBN (RBN-2) in the Republic of Tatarstan (2003-2006). The adjustment of the RBN-2 RT framework GNSS networks was carried out for each district in a separate project. In this regard, cadastral work in the “corridor” between the boundaries of two districts often leads to significant errors in the relative position of neighboring RBN (the problem of “inconsistency”). The processing method described in the publication is based on determining the high-precision global geocentric coordinates of framework network points using archived GNSS measurements. Bringing the coordinates of satellite control network points to a single geocentric reference system for a fixed epoch avoids “inconsistency” errors and can also remove the question of the legitimacy of using RBN points when conducting cadastral work.

*The findings from this study were presented at the 80th Annual Scientific and Technical Conference for Students, Graduate Students, and Young Researchers, which was held from April 7-11, 2025, as part of the International Student Science Week SSW-2025.*