

О развитии и использовании международной земной системы отсчета ITRS и ее отсчетной основы ITRF в фундаментальных и прикладных исследованиях

© В. С. Вдовин, Г. М. Стеблов

ИТПЗ РАН, г. Москва, Россия

Реферат

В статье представлены промежуточные результаты исследования в области использования Международной земной системы отсчета ITRS и ее первичной отсчетной основы ITRF в геодинاميке. Задачами исследования являются краткий анализ общего состояния ITRS/ITRF, использования ITRS/ITRF в РФ, роли в развитии ITRS/ITRF стандарта ИСО ISO 19161-1:2020, а также обзор деятельности ИТПЗ РАН по развитию ITRS/ITRF в РФ. В качестве основного метода исследования использован системный анализ. В статье описаны: взаимосвязь ITRS/ITRF и IERS, география и принадлежность центров IERS, решения ITRF, карты станций ITRF, использование ITRS/ITRF в качестве геодезической основы для исследований современных движений земной коры и исследований в области космической геодезии и вращения Земли, использование ITRS/ITRF в экономике развитых стран на примере ЕС, юридический статус ITRS/ITRF в РФ.

Дан краткий обзор стандарта ISO 19161-1:2020. В частности отмечено, что стандарт отнесен к важному документу, который назван краеугольным камнем для профессионалов в области географических информационных систем, геодезии и смежных дисциплин. Он представляет собой всеобъемлющую основу для понимания и внедрения ITRS, гарантирующую соответствие геодезических координат потребителя мировым стандартам. Внедрение стандарта даст множество преимуществ организациям и специалистам, работающим с географической информацией, которая включает следующие составляющие: глобальная согласованность (придерживаясь этого стандарта, потребитель обеспечивает соответствие своих геодезических данных международной практике, повышая надежность и точность своих данных), совместимость (стандарт обеспечивает совместимость различных систем и технологий, упрощая обмен данными и их интеграцию на разных платформах), точность (ITRS обеспечивает высокий уровень точности и аккуратности, что важно для приложений, требующих точного позиционирования и навигации), перспективность (по мере развития технологий стандарт ISO 19161-1:2020 гарантирует, что геодезические данные потребителя будут актуальными и соответствовать последним достижениям).

Представлены деятельность и планы ИТПЗ РАН по развитию ITRS/ITRF в РФ. Сделаны выводы о значении систем ITRS/ITRF в мировой экономике, об их международном контексте и нормативном обеспечении, о деятельности ИТПЗ РАН: по развитию ITRS/ITRF в РФ, по перспективам дальнейшего развития ITRS/ITRF в РФ.

Ключевые слова: IERS, ITRS, ITRF, геодинاميка, стандарт ИСО, ISO 19161-1:2020.

Контакт для связи: Вдовин Владимир Степанович (vdo-vladimir@yandex.ru).

Для цитирования: Вдовин В. С., Стеблов Г. М. О развитии и использовании международной земной системы отсчета ITRS и ее отсчетной основы ITRF в фундаментальных и прикладных исследованиях // Труды ИПА РАН. 2025. Вып. 75. С. 3–11.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.75.3-11>

On the Development and Application of the International Terrestrial Reference System (ITRS) and its Reference Frame (ITRF) in Fundamental and Applied Research

V. S. Vdovin, G. M. Steblov

Institute of Earthquake Prediction and Mathematical Geophysics of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

Abstract

The article presents the interim results of a study focused on the use of the International Terrestrial Reference System ITRS and its primary reference framework ITRF in geodynamics. The objectives of the study include a brief analysis of the overall state of ITRS/ITRF, their application within the Russian Federation, the role of the ISO 19161-1:2020 standard in the development of ITRS/ITRF, as well as an overview of the activities conducted by the ITPZ RAS advancing ITRS/ITRF in Russia. System analysis is employed as the primary research method. The article describes the relationship between ITRS/ITRF and IERS, including the geographical distribution and affiliation of IERS centers, ITRF solutions, maps of ITRF stations, and the use of ITRS/ITRF as a geodetic basis for researching Earth's crust movements,

space geodesy, and Earth rotation. It also examines the application of ITRS/ITRF in the economies of developed countries, with the EU as a case study, and discusses the legal status of ITRS/ITRF in the Russian Federation.

A brief overview of the ISO 19161-1:2020 standard is provided. It is emphasized that this standard is regarded as a vital document — considered a cornerstone for professionals working in geographic information systems, geodesy, and related fields. It offers a comprehensive framework for understanding and implementing ITRS, ensuring that geodetic coordinates meet international standards. The implementation of the standard will provide many benefits to organizations and specialists working with geographic information, including: global consistency (ensuring geodetic data conforms to international practices, thereby increasing reliability and accuracy), compatibility (facilitating interoperability among various systems and technologies, which simplifies data exchange and integration across platforms), precision and accuracy (maintaining high levels of positional accuracy essential for applications such as navigation and Earth monitoring), future readiness (as technology evolves, ISO 19161-1:2020 guarantees that geodetic data remains relevant and aligned with the latest advancements).

The activities and future plans of the ITPZ RAS regarding the development of ITRS/ITRF in Russia are also presented. The conclusions highlight the crucial role of ITRS/ITRF systems in the global economy, their international contextualization, and the importance of regulatory support. Additionally, the report discusses the ongoing efforts by ITPZ RAS to develop ITRS/ITRF in Russia and explores prospects for their further advancement.

Keywords: IERS, ITRS, ITRF, geodynamics, standard ISO 19161-1:2020.

Contacts: Vladimir S. Vdovin (vdo-vladimir@yandex.ru).

For citation: Vdovin V. S., Steblov G. M. On the development and application of the International Terrestrial Reference System (ITRS) and its Reference Frame (ITRF) in fundamental and applied research // Transactions of IAA RAS. 2025. Vol. 75. P. 3–11.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.75.3-11>

Введение

В статье представлены промежуточные результаты исследования в области использования Международной земной системы отсчета ITRS (International Terrestrial Reference System) и ее первичной отсчетной основы ITRF (International Terrestrial Reference Frame, Международной земной отсчетной основы) в геодинاميке. Исследование проводилось для решения ряда задач в рамках государственного задания ИТПЗ РАН на 2024–2026 гг. ITRS/ITRF созданы и управляются Международной службой вращения Земли и систем отсчета IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) ([IERS](#)). ITRS/ITRF с начала их создания IERS в 80-х годах XX века и в процессе их дальнейшего поддержания/развития до настоящего времени широко используются в фундаментальных и прикладных исследованиях, а также в области геодезии, навигации и многих др.

В России в фундаментальных исследованиях ITRS/ITRF используются и развиваются по двум основным направлениям ([Вдовин, 2025](#)):

— геодинамические исследования, выполняемые в ИТПЗ РАН, ИФЗ РАН, ГЦ РАН, ФИЦ ЕГС РАН, ИНАСАН и некоторых других учреждениях науки РАН, т.е. ITRS/ITRF являются геодезической основой для исследований современных движений земной коры и многих смежных фундаментальных исследований;

— исследования в области космической геодезии и вращения Земли, выполняемые в ИПА РАН, когда ITRS/ITRF являются геодезической основой для определения приливных деформаций Земли, исследования динамики земного ядра, определения параметров связи системы координат, реализуемой ГЛОНАСС с ITRF.

До последнего времени использование ITRS/ITRF, в отличие от государственных систем координат ПЗ-90.11 и ГСК-2011, не регламентировалось. Это было вполне приемлемо для фундаментальной науки, но в реальных секторах экономики приводило к определенным осложнениям. Принципиальным отличием ITRS/ITRF от ПЗ-90.11 и ГСК-2011 является то, что ITRS/ITRF являются динамическими системами, а ПЗ-90.11 и ГСК-2011 — статическими.

В 2022 г. ситуация по нормативному обеспечению использования ITRS/ITRF в РФ изменилась в лучшую сторону, когда в российском сегменте Интернет на информационных ресурсах различных поисковых систем в 2020 г. появились сведения о выпуске международного стандарта ИСО ISO 19161-1 ([ISO](#)) по ITRS/ITRF. Авторам стало ясно, что использование стандарта ISO 19161-1 в рамках национального правового поля может дать мощный импульс дальнейшему применению ITRS/ITRF в РФ как в фундаментальных исследованиях, так и в прикладных науках и отраслевой деятельности. С этой поры перспектива повышения качества использования ITRS/ITRF в РФ авторам стала более понятной.

Научное обоснование указанной перспективы для прикладных научных и практических задач в области навигации было дано в работе И. А. Аникеевой ([Аникеева и др., 2023](#)), а для фундаментальных научных задач в области геодинاميки — в публикации Г. М. Стеблова ([Стеблов, 2024](#)).

Взаимосвязь ITRS/ITRF и IERS

Как было отмечено во введении, ITRS/ITRF созданы, поддерживаются и развиваются IERS. Конкретной структурой, управляющей ITRS/ITRF,

является центр продукции IERS (PC IERS) «Terrestrial Reference», имеющий также второе название «IERS ITRS Centre».

ITRS определена входящими в IERS структурами: IAU (International Astronomical Union, Международный астрономический союз), IAG (International Association of Geodesy, Международная ассоциация геодезии) / IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics, Международный геодезический и геофизический союз) со следующими условиями:

1. Она является геоцентрической, центр масс определяется для всей Земли, включая океаны и атмосферу.

2. Единицей измерения длины является метр (СИ). Этот масштаб соответствует временной координате TCG (Temps-coordonnée géocentrique, Геостационарное время: стандарт времени, предназначенный для использования в качестве независимой переменной времени для всех расчетов, связанных с прецессией, нутацией, Луной и ИСЗ) для геоцентрической локальной системы координат, что согласуется с решениями IAU и IUGG от 1991 г. Это получено с помощью соответствующего релятивистского моделирования.

3. Ее ориентация была первоначально задана ориентацией ВИН (Bureau International de l'Heure, International Time Bureau, Международное бюро времени) на эпоху 1984.0.

4. Изменение ориентации во времени обеспечивается за счет использования условия NNR (No-Net-Rotation, отсутствие общего вращения литосферы в целом по всей Земле).

Детальный анализ IERS ITRS Centre не входит в задачу данного исследования, и с его структурой, задачами и деятельностью можно познакомиться в первоисточнике ([IERS](#)) и во многих других источниках. Однако география и принадлежность всех центров IERS, включая IERS ITRS Centre, представляют интерес для данного исследования.

География и принадлежность центров IERS

Анализ географии и принадлежности центров IERS по источнику ([IERS](#)) показывает, что все центры IERS сосредоточены в двух государствах мира: в Европейском Союзе (ЕС) (Франция, Германия) и в США. Это сосредоточение показывает высокий уровень интеграции развития как IERS в целом, так и ITRS/ITRF в частности, двумя западными государствами.

Совокупность всех технологий геодезического характера, сосредоточенных в IERS, названы автором данной статьи «мировой геодезией» ([Вдовин, 2024](#)), и в указанной работе можно найти детальный анализ деятельности IERS.

Решения ITRF

Решения ITRF сведены в таблицу по источнику ([IERS](#)).

Карты станций ITRF

Для сравнения по источнику ([IERS](#)) были проанализированы первая и последняя карты станций ITRF94 и ITRF2020-u2023, а также карта опорных станций, использованных для окончательного уравнивания ITRF2020-u2023 с учетом трехлетних данных после уравнивания ITRF2020.

Анализ показал, что количество станций, принимавших участие в решении ITRF2020-u2023 по сравнению с ITRF94, увеличилось:

— ~ в 9.5 раза по станциям ГНСС (с ~200 до ~1905). Есть информация, что в действительности в решении ITRF2020-u2023 принимало участие ~15 000 станций ГНСС, которые были задействованы разными центрами с разными весами измерений;

— незначительно по станциям VLBI, DORIS, SLR, но со значительным увеличением качества измерений по указанным выше критериям;

— незначительно по станциям VLBI, DORIS, SLR, размещенным в РФ и Китае, но при этом практически все станции РФ были выбраны в качестве опорных.

Можно также сделать следующие выводы: с позиции развития информационных технологий РФ отстает от Запада по уровню инфраструктуры мировой геодезии, а с позиции системного анализа отдельные страны Запада практически управляют мировой геодезией, искусственно отстранив от этого процесса не только РФ и Китай, но и всех других участников развития мировой геодезии.

ITRS/ITRF — геодезическая основа для исследований современных движений земной коры и исследований в области космической геодезии и вращения Земли

Во введении со ссылкой на работы ([Вдовин, Аникеева, 2025](#); [Стеблов, 2024](#)) было отмечено, что в РФ ITRS/ITRF являются геодезической основой для исследований современных движений земной коры и исследований в области космической геодезии и вращения Земли. В статье ([Стеблов, 2024](#)) рассматриваются аспекты геодинамических исследований на территории Северной Евразии за последние три десятилетия с акцентом на использование космических технологий в геодезии и геодинамике. Основное внимание уделяется системе ГНСС как наиболее распространенному и эффективному инструменту для геодинамических исследований благодаря компактности и относительной легкости монтажа наземной измерительной

Таблица

Решения ITRF

Основа: Данные VLBI, SLR, GPS, DORIS Особенности: Первая версия с комбинацией нескольких геодезических техник Точность: ~1–3 см	ITRF94
Улучшения: Улучшенная обработка данных, особенно SLR и VLBI Особенности: Включены новые станции Точность: ~1–2 см	ITRF96
Улучшения: Более точная комбинация данных Особенности: Учтены нелинейные движения станций Точность: ~1 см	ITRF97
Улучшения: Впервые использованы долгосрочные решения техник (VLBI, SLR, GPS, DORIS) Особенности: Учтены постгляциальные поднятия Точность: ~1 см (лучше в GPS)	ITRF2000
Улучшения: Учтены нелинейные движения станций и сезонные колебания Особенности: Первое использование времени как параметра Точность: ~1 мм/год (скорости)	ITRF2005
Улучшения: Больше станций, улучшенные модели (океанские нагрузки, атмосферные) Особенности: Лучшая согласованность с GGOS (Global Geodetic Observing System) Точность: <1 мм/год	ITRF2008
Улучшения: Больше данных (особенно SLR), улучшенная модель земных приливов Особенности: Лучшая стабильность шкалы Точность: ~0.5 мм/год	ITRF2014
Улучшения: Больше станций (особенно GNSS), улучшенные модели (атмосфера, океан) Особенности: Учтены землетрясения (сейсмические смещения) Точность: ~0.3 мм/год	ITRF2020
Улучшения: Коррекции ошибок, новые данные особенно после 2020) Особенности: Улучшенная точность для GNSS и VLBI Точность: ~0.2–0.3 мм/год	ITRF2020-u2023

Примечание. В таблице показано, что за 30 лет было получено 9 решений ITRF, и каждое очередное решение лучше прежнего по таким критериям как «точность», «состав исходных данных», «объем исходных данных», «количество участников решения». Стоит отметить, что начиная с ITRF2005 точность ITRF субсантиметрового уровня стала оцениваться не в координатах, а в скоростях.

аппаратуры, а также возможности ее автономной работы. Подчеркивается значимость высокоточных ГНСС-определений для мониторинга малых по величине геодинимических смещений земной поверхности, что требует миллиметровой точности измерений. Рассматриваются вопросы развития прецизионной координатной основы геодинимического назначения и поддержания ее согласованности в долгосрочной перспективе с опорой на международную земную отсчетную основу ITRF, а также проблемы и перспективы высокоточных спутниковых геодезических измерений и геодинимических исследований в контексте текущего сокращения взаимодействия с международными центрами геодезических данных. Предложены пути решения возникших проблем на основе создания системы субконтинентального масштаба, реализующей уравнивание первичной измерительной информации

ГНСС с учетом геодинимических явлений. Возможности используемой сети ГНСС для решения задач геодезии и геодинимики продемонстрированы на примере анализа тектонической жесткости древних платформ Северной Евразии и воздействия движений смежных плит и вариаций этих движений в прошлые геологические эпохи на современную геодинимическую обстановку этих платформ.

Роль ITRS/ITRF в исследованиях в области космической геодезии и вращения Земли показана в работе (Гаязов и др., 2023). В этой работе отмечено, что ITRS/ITRF в рамках исследований на базе РСДБ-комплекса «Квazar-КВО» являются геодезической основой для определения приливных деформаций Земли, исследования динамики земного ядра, определения параметров связи системы координат, реализуемой ГЛОНАСС, с ITRF.

Использование ITRS/ITRF в экономике развитых стран

Использование ITRS/ITRF в экономике развитых стран покажем на примере ЕС с акцентом на информационную составляющую.

Для использования и развития ITRS/ITRF в ЕС с учетом геодинимических и других особенностей европейского континента в 1987 г. решением Генеральной ассамблеи IUGG создана и эффективно функционирует Региональная подкомиссия SC 1.3а «Отсчетные основы для Европы» EUREF (Regional Reference Frame Sub-Commission for Europe) ([EUREF](#)), входящая в состав Подкомиссии SC 1.3 «Региональные отсчетные основы» (Regional Reference Frames) Комиссии 1 «Отсчетные основы» (Reference Frame) IAG.

EUREF создана на основе добровольного соглашения научных организаций и национальных геодезических/географических ведомств стран-участниц, которые проявили готовность заменить свои устаревшие национальные геодезические системы координат на единую европейскую систему координат и объединить свои национальные сети опорных станций в общую европейскую сеть.

Целью EUREF является создание, поддержание и развитие Европейской земной системы отсчета ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) — европейского аналога ITRS — и согласованной с ней Постоянно действующей сети опорных станций EPN ([EUREF Permanent Network](#)) — европейского аналога ITRF.

Задачи EUREF — содействовать и координировать деятельность стран-участниц, которая финансируется и управляется на национальных уровнях. Ключевым инструментом для поддержки ETRS89 является EPN, которая охватывает весь европейский континент. Функционирование EPN организовано по принципам, заложенным в ITRF. Важно отметить, что взносы в EPN формируются более чем 100 европейскими ведомствами/университетами на добровольной основе, и EPN работает в соответствии с четко определенными международными стандартами и руководящими принципами, которые принимаются участниками. Эти руководящие принципы гарантируют долгосрочное качество продуктов EPN.

EUREF плотно взаимодействует с некоммерческой ассоциацией, представляющей национальные картографические и кадастровые ведомства Европы, EuroGeographics ([EuroGeographics](#)), и на основе разработанной EuroGeographics программы INSPIRE (D2.8.I.1 Спецификация данных о системах координат). ETRS89/EPN являются основой для данных о геолокации на

территории Европы как на национальном, так и на международном уровне.

EUREF также работает над Европейской высотной опорной системой EVRS (European Vertical Reference System), Европейской объединенной геодезической сетью ECGN (European Combined Geodetic Network), Европейской объединенной высотной сетью EUVN (European United Vertical Network), Единой европейской сетью нивелирования UELN (Unified European Levelling Network), Моделью поля скоростей ETRS89 (ETRS89 velocity field model).

Кроме того, EUREF сотрудничает со следующими внешними организациями: Международной службой ГНСС IGS (International GNSS Service), Сетью европейских метеорологических служб EUMETNET (Network of European Meteorological Service), Консорциумом Центрально-Европейской геодинимической эталонной сети GPS CEGRN (Central European GPS Geodynamic Reference Network Consortium), Европейской системой определения местоположения EUPOS (European Position Determination System).

Юридический статус ITRS/ITRF в РФ

До 2020 года

На законодательном уровне

В ФЗ № 431-ФЗ ([ФЗ № 431-ФЗ](#)) ITRS упоминается как международная система координат, использование которой предусмотрено международными договорами РФ.

На уровне международных правовых актов

С самого начала своего создания (1994 г.) ITRS/ITRF были рекомендованы ИКАО в Руководстве ([WGS-1984](#)) для использования в геодезической съемке точек, представляющих интерес для аэронавигации, при недостаточной точности Мировой геодезической системы WGS-84, принятой в международной гражданской авиации в качестве эталонной. Согласно правилам ИКАО Руководство ([WGS-1984](#)) для всех стран-участниц ИКАО, включая РФ, имеет рекомендательный характер. Следует отметить, что в конце XX в. РФ добилась в ИКАО признания того, что система координат ПЗ-90 может быть использована наравне с WGS-84.

На уровне подзаконных нормативно-правовых актов федерального уровня

В Постановлении Правительства РФ от 24.11.2016 № 1240 ([Постановление Правительства РФ № 1240](#)) ITRS отнесена к международной системе координат в силу ст. 7, п. 5 ФЗ № 431-ФЗ.

В ГОСТ Р 8.699-2010 ([ГОСТ Р 8.699-2010](#)) ITRS/ITRF включены в метрологическую эталонную базу ГЛОНАСС.

На уровне нормативно-правовых актов отраслевых уровней

В гражданской авиации согласно Методическим рекомендациям от 04.04.2003 № КР-14-р ([Методические рекомендации № КР-14-р](#)) для создания опорной сети используется ITRF, а согласно Методическим рекомендациям от 04.07.2011 № ИЛ-70-р ([Методические рекомендации № ИЛ-70-р](#)) и Методическим рекомендациям от 10.01.2012 № ИЛ-1-р ([Методические рекомендации № ИЛ-1-р](#)) для целей геодезической съемки аэронавигационных ориентиров и препятствий рекомендуется использовать, в том числе, систему координат ITRS. При этом отмечено, что практическим воплощением ITRS является ITRF.

На железнодорожном транспорте согласно Своду правил от 2015 г. [[СП 233.1326000.2015](#)] ITRF2008 рекомендовано принимать за основу при создании местной железнодорожной системы координат. При этом геодезическую привязку базовых станций (БС) рекомендовано осуществлять к пунктам высокоточных спутниковых сетей, определенных в ITRF2008 с использованием СПО типа BERNESE, GIPSY или GAMIT: ФАГС (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть), ВГС (высокоточная геодезическая сеть), IGS и др. Доступ к измерительной спутниковой информации с исходных пунктов рекомендовано осуществлять по каналам Интернет по адресу <http://igsceb.jpl.nasa.gov>, а к координатам исходных пунктов также по каналам Интернет с сетевого ресурса IGS по адресу <http://itrf.eng.ign.ru>.

В Росатоме согласно Своду правил СП 151.13330.2012 ([Свод правил СП 151.13330.2012](#)) сеть GPS/ГЛОНАСС на геодинамическом полигоне на площадке строительства и эксплуатации АЭС должна содержать пункты постоянного наблюдения, привязанные к ближайшим пунктам постоянного наблюдения (ФАГС, ВГС, СГС-1 или IGS). При этом отметим, что координаты пунктов IGS вычисляются международной службой IERS в системе ITRF на текущую эпоху.

После 2020 года

На уровне международных правовых актов

В 2020 г. ITRS/ITRF приняты в качестве стандарта ИСО ISO 19161-1:2020 ([ISO 19161-1:2020](#)). Не позже 2025 г. информация о стандарте ISO 19161-1:2020 опубликована в Электронном магазине стандартов Российского института стандартизации ([ISO 19161-1:2020 | Электронный магазин стандартов](#)). Кроме того, информация о стандарте ИСО ISO 19161-1:2020

в нарастающем темпе публикуется во многих других зарубежных и российских источниках.

На уровне подзаконных нормативно-правовых актов федерального уровня

Согласно ГОСТ Р 59562-2021 [[ГОСТ Р 59562-2021](#)] пункты IGS, наряду с пунктами ФАГС, ВГС, СГС, могут входить в обеспечение района аэрофототопографической съемки; координаты и высоты пунктов съемочного обоснования вычисляются в принятой в Российской Федерации государственной системе координат и/или, когда это необходимо, в ITRF; применение ITRF допускается при выполнении спутниковых определений методом PPP.

Согласно ГОСТ Р 70846.16-2024 [[ГОСТ Р 70846.16-2024](#)] координаты пунктов в ГСК-2011 получены из обработки измерений за полные 2010–2011 гг. в системе опорных пунктов ITRF2008, приведенных на эпоху 2011.0; отмечено, что в геодезической науке для универсального определения положения точек на Земле применяется ITRS, которая существует в виде нескольких реализаций, называемых ITRF; региональные и национальные системы координат могут быть определены как привязанные к местной тектонической плите, при этом их определение задается версией ITRF на выбранную эпоху системы координат, когда они совпадают.

Краткий обзор стандарта ISO 19161-1:2020

Согласно опубликованной в ([ISO 19161-1:2020](#)) и на сетевом ресурсе Магазина европейских стандартов ([BS ISO 19161-1:2020](#)) обзорной информации о стандарте ISO 19161-1:2020, указанный стандарт можно охарактеризовать следующим образом.

В стандарте представлена основная информация и требования, связанные с ITRS, ее определением, реализациями и способами доступа к этим реализациям и их использования.

Стандарт описывает:

- ITRS в соответствии с определениями и терминологией, принятыми IUGG, IAG и IAU;
- различные категории реализаций ITRS: ее основную реализацию, называемую ITRF, другие существующие реализации систем отсчета, математически связанные с ITRS, и реализации, согласованные с ITRF, такие как системы отсчета для ГНСС;

Стандарт классифицирует процедуры для реализации ITRS. В рамках описанных процедур важным для нашего исследования требованием стандарта является требование по использованию программного обеспечения научного назначения.

Стандарт отнесен к важному документу, который назван краеугольным камнем для про-

фессионалов в области географических информационных систем (ГИС), геодезии и смежных дисциплин. Он представляет собой всеобъемлющую основу для понимания и внедрения ITRS, гарантирующую соответствие геодезических координат потребителя мировым стандартам.

Внедрение стандарта даст множество преимуществ организациям и специалистам, работающим с географической информацией:

1) глобальная согласованность: придерживаясь этого стандарта, потребитель обеспечивает соответствие своих геодезических данных международной практике, повышая надежность и точность своих данных;

2) совместимость: стандарт обеспечивает совместимость различных систем и технологий, упрощая обмен данными и их интеграцию на разных платформах;

3) точность: ITRS обеспечивает высокий уровень точности и аккуратности, что важно для приложений, требующих точного позиционирования и навигации;

4) перспективность: по мере развития технологий стандарт ISO 19161-1:2020 гарантирует, что геодезические данные потребителя будут актуальными и соответствовать последним достижениям.

Применение стандарта ISO 19161-1:2020 возможно в широком спектре областей и отраслей, включая:

1) ГИС: повышение точности и надежности пространственных данных, используемых для составления карт, анализа и принятия решений;

2) геодезию: обеспечение единой системы координат для измерения и понимания формы, ориентации и гравитационного поля Земли;

3) спутниковую навигацию: обеспечение точного позиционирования и навигации для GPS и других спутниковых систем;

4) наблюдение за Землей: поддержка интеграции и анализа данных, полученных с помощью технологий дистанционного зондирования;

5) мониторинг окружающей среды: использование в отслеживании и анализе изменений / явлений в окружающей среде.

Кому следует использовать стандарт?

Этот стандарт необходим для различных специалистов и организаций, в том числе:

1) специалистам по ГИС: обеспечивает точность и согласованность пространственных данных в различных проектах и приложениях;

2) геодезистам и картографам: обеспечивает использование надежной системы координат для картографирования и геодезических работ;

3) исследователям и ученым: обеспечивает поддержку исследований и разработок, требующих точных геодезических данных;

4) в государственных учреждениях: способствует внедрению стандартизированных геодезических систем для национальных и региональных проектов;

5) компаниям частного сектора: обеспечивает повышение качества и надежности геопространственной продукции и услуг.

Деятельность и планы ИТПЗ РАН по развитию ITRS/ITRF в РФ

В 2025 г. в ИТПЗ РАН стандарт ISO 19161-1:2020 переведен на русский язык и от ИТПЗ РАН в адрес Росстандарта было направлено письмо о рассмотрении официальной регистрации стандарта ISO 19161-1:2020. В письме отмечено, что использование в РФ стандарта ISO 19161-1:2020 как стандарта прямого действия существенно повысит эффективность фундаментальных и прикладных исследований и решения практических задач в областях геодинамики, геодезии, навигации и многих других отраслях экономики.

В зависимости от сроков официальной регистрации стандарта ISO 19161-1:2020 в Росстандарте планируется провести работы по созданию сети БС РАН геодинамического назначения как вторичной реализации ITRS.

С учетом требования стандарта ISO 19161-1:2020 использовать для его реализации программное обеспечение научного назначения, в ИТПЗ РАН в рамках деятельности по импортозамещению на базе СПО GAMIT, являющимся программным средством с открытым исходным текстом ([ГОСТ Р 71436-2024](#)), в установленном ГОСТ Р 71436-2024 порядке разработано и зарегистрировано в Роспатенте СПО МИГ (Мониторинг и геодинамика) ([Описание Программы для ЭВМ МИГ](#)). Далее планируется проведение мероприятий по регистрации СПО МИГ в Минцифры в «Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» и его дальнейшее совершенствование.

Учитывая, что СПО МИГ имеет узконаправленное предназначение для использования в фундаментальных исследованиях, для решения широкого круга прикладных задач на базе СПО МИГ целесообразна разработка многозадачного СПО в рамках ОКР профильного федерального проекта РФ. В зависимости от результатов регистрации СПО МИГ в Минцифры планируется принятие решения по разработке заявки на такую ОКР.

Заключение

1. *Значение ITRS/ITRF*: ITRS/ITRF являются динамическими системами, что отличает их от статических национальных систем координат, таких как ПЗ-90.11 и ГСК-2011. ITRS/ITRF обеспечивают высокую точность наблюдений и служат основой для исследований современных движений земной коры, космической геодезии, параметров вращения Земли и других фундаментальных задач.

2. *Международный контекст*: развитие ITRS/ITRF контролируется ограниченным кругом стран (ЕС и США), что создает определенные вызовы для других государств, включая Россию и Китай. Это подчеркивает необходимость развития собственных технологий и инфраструктуры для обеспечения независимости в данной сфере.

3. *Нормативное обеспечение*: принятие международного стандарта ISO 19161-1:2020 открывает новые возможности для использования ITRS/ITRF в России. Официальная регистрация этого стандарта в Росстандарте может способствовать его внедрению в национальные исследования и практические приложения.

4. *Деятельность ИТПЗ РАН*: Институт предпринимает активные шаги по развитию ITRS/ITRF в России, включая перевод стандарта на русский язык, разработку программного обеспечения (СПО МИГ) и создание сети базовых станций. Эти инициативы направлены на укрепление научного и технологического суверенитета страны.

5. *Перспективы*: дальнейшее развитие ITRS/ITRF в России требует координации между научными учреждениями, государственными органами и отраслевыми организациями. Важными направлениями являются импортозамещение, совершенствование нормативной базы и расширение международного сотрудничества на новых условиях.

Благодарность

Настоящая статья подготовлена по результатам решения ряда задач в рамках выполнения гос. задания ИТПЗ РАН на 2024–2026 гг.

Литература

Аникеева И. А., Андреев В. К., Вдовин В. С., Стеблов Г. М. Методы геодезического обеспечения комплекса высокоточного широкозонного функционального дополнения системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ-КФД) // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2023. Т. 10, Вып. 4. С. 67–71.

Вдовин В. С., Аникеева И. А. Роль современных информационных технологий и системного подхода в фундаментальном и прикладном использовании

международной земной системы отсчета и ее отсчетной основы. URL: <https://iaaras.ru/meetings/kvno2025/abstracts/vdovin/> (дата обращения 04.05.2025).

Вдовин В. С. Тенденции развития мировой геодезии на базе космических технологий // II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Геофорум. Нижний Новгород». Материалы конференции. Россия, Нижний Новгород. 2024.

Гаязов И. С., Курдубов С. Л., Скурихина Е. А. Актуальные вопросы определения ПВЗ по международным и отечественным сериям наблюдений // Десятая Всероссийская конференция с международным участием «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2023), 17–21 апреля 2023 г.

ГОСТ Р 71436-2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1306329302> (дата обращения 04.05.2025).

ГОСТ Р 8.699-2010. Величины, единицы, шкалы измерений, используемые в глобальной навигационной спутниковой системе. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2010.

ГОСТ Р 59562-2021. Съемка аэрофототопографическая. Технические требования. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2021.

ГОСТ Р 70846.16-2024. Национальная система пространственных данных. Пространственная привязка. Системы координат (ISO 19111:2019, NEQ). Издание официальное. М.: Российский институт стандартизации, 2025.

Методические рекомендации по проведению геодезической съемки АНО на гражданских аэродромах и воздушных трассах России (введены в действие распоряжением Минтранса России от 04.04.2003 № КР-14-р).

Методические рекомендации по проведению геодезической съемки аэронавигационных ориентиров и препятствий в общеземных системах координат на вертодромах и посадочных площадках Российской Федерации» (введены в действие распоряжением Минтранса России от 04.07.2011 № ИЛ-70-р).

Методические рекомендации по проведению геодезической съемки аэронавигационных ориентиров и препятствий в общеземных системах координат на аэродромах Российской Федерации, обеспечивающих неточные заходы на посадку» (введены в действие распоряжением Минтранса России от 10.01.2012 № ИЛ-1-р).

Описание Программы для ЭВМ МИГ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itpz-ran.ru/ru/deyatelnost/software/mig/> (дата обращения 04.05.2025).

Постановление Правительства РФ от 24.11.2016 № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы».

Свод правил СП 151.13330.2012. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Часть II. Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей документации и сопровождения строительства. М., 2013.

СП 233.1326000.2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293748/4293748618.pdf> (дата обращения 04.05.2025).

Стеблов Г. М., Шебалин П. Н., Мельник Г. Э. Высокоточные спутниковые геодезические измерения и геодинамические исследования на территории Северной Евразии: состояние и перспективы // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2024. Т. 518. № 1. С. 195–204. Doi: 10.31857/S2686739724090209 EDN:DSYTJG.

ФЗ № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации» от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ с последними изменениями в ред. федерального закона № 317-ФЗ от 08.08.2024.

BS ISO 19161-1:2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.en-standard.eu/bs-iso-19161-1-2020-geographic-information-geodetic-references-international-terrestrial-reference-system-itrs/> (дата обращения 04.05.2025).

EUREF [Электронный ресурс]. URL: <https://www.euref.eu> (дата обращения 04.05.2025).

EUREF Permanent GNSS Network [Электронный ресурс]. URL: <https://epncb.oma.be/> (дата обращения 04.05.2025).

EuroGeographics [Электронный ресурс]. URL: <https://eurogeographics.org/about-us/> (дата обращения 04.05.2025).

IERS [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iers.org/IERS/> (дата обращения 04.05.2025).

ISO 19161-1:2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/70655.html> (дата обращения 04.05.2025).

ISO 19161-1:2020. Электронный магазин стандартов [Электронный ресурс]. URL: <https://nd.gostinfo.ru/document/6485711.aspx> (дата обращения 04.05.2025).

ISO. ISO 19161-1:2020 Geographic information — Geodetic references. Part 1: International terrestrial reference system (ITRS) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/70655.html> (дата обращения 05.03.2025).

WGS-1984 [Электронный ресурс]. URL: <https://ggspb.org/normativnaya-baza/files/rukovodstvo-po-vsemirnnoi-geodezicheskoi-sisteme-1984.pdf> (дата обращения 04.05.2025).