



Как долго продлится текущее ускорение вращения Земли? Прогноз 2024 г. и первый год наблюдений

З. М. Малкин¹

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Поступила в редакцию 1 октября 2025 / Принята к публикации 31 октября 2025

Аннотация

В последние годы наблюдается значительное ускорение вращение Земли, проявившееся в росте разницы между всемирным и координированным временем UT1–UTC, что, по мнению некоторых авторов, может привести к необходимости впервые в истории ввести в шкалу UTC отрицательную дополнительную секунду. В 2024 г. автор на основе анализа имеющихся данных о вращении Земли и двух прогнозов всемирного времени высказал предположение, что в течение двух–трех лет вращение Земли, скорее всего, вернется к замедлению. В настоящей работе проведено сравнение этих прогнозов с наблюдаемыми вариациями всемирного времени после года, прошедшего после публикации этих прогнозов. Это сравнение показало, что пока прогноз, сданный в режиме регулярной службы оправдывается на уровне средних многолетних ошибок прогнозов всемирного времени, в то время как прогноз, основанный на модели долговременных вариаций всемирного времени показал лучшее согласие с наблюдениями.

ключевые слова: Вращение Земли, скорость вращения Земли, всемирное время, шкалы времени

Введение

В последнее время, начиная примерно с 2020 г., наблюдается значительное ускорение вращения Земли вокруг своей оси по сравнению со предыдущими десятилетиями. Это, кроме прочих последствий, приводит к аномальному поведению шкалы всемирного времени, которое выражается в росте разности между всемирным и координированным временем UT1–UTC. По мнению некоторых авторов, это может привести к необходимости впервые в истории ввести в шкалу UTC отрицательную дополнительную секунду уже к концу 2020-х гг., что, в свою очередь, вызовет серьезные проблемы в системах хранения и синхронизации времени по всему миру.

С другой стороны, в работе Малкин (2024) на основе анализа и прогноза данных о вращении Земли и всемирном времени, публикуемых Международной службой вращения Земли и опорных систем отсчета (International Earth Rotation and Reference Systems Service, IERS), автор предположил, что тенденция к ускорению вращения Земли, наблюдаемая в течение предыдущих четырех лет, скорее всего вернется к замедлению в течение двух–трех лет, т.е. в 2026–2027 гг.

Поскольку любой прогноз это только гипотеза, которая подлежит проверке будущими наблюдениями, интересно посмотреть, как оправдываются прогнозы всемирного времени по прошествии первого года после публикации (Малкин, 2024). В настоящей работе проводится такое сравнение прогнозных и наблюдаемых вариаций всемирного времени за период, прошедший с июля 2024 г., т. е. с даты прогнозов, опубликованных автором в Малкин (2024).

*e-mail:malkin@gaoran.ru

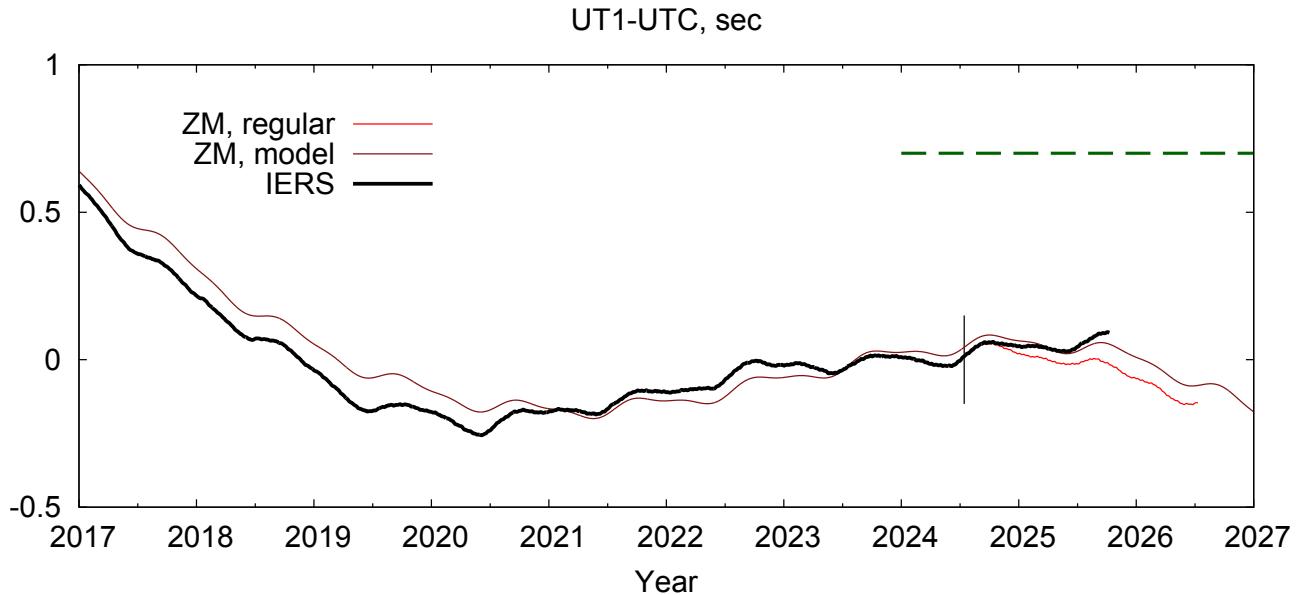


Рис. 1: Окончательные значения UT1–UTC IERS и прогнозы автора: регулярный (ZM, regular) и модельный (ZM, model). Вертикальный штрих на графике соответствует дате вычисления прогноза, приведенного в работе Малкин (2024) (11 июля 2024 г.). Пунктирная линия на уровне 0.7 с показывает примерное пороговое значение величины UT1–UTC для принятия решения о введении дополнительной отрицательной секунды. На графике приведены данные за время, прошедшее с момента введения последней дополнительной секунды в начале 2017 г.

1 Сравнение прогноза и наблюдений

В работе Малкин (2024) было предложено два прогноза всемирного времени UTC–UT1: двухлетний регулярный прогноз в режиме службы определения параметров вращения Земли (ПВЗ), вычисленный немного модифицированным методом, изначально предложенным в (Malkin, Skurikhina, 1996), и параметрическая модель, состоящая из полинома четвертой степени и четырех гармонических составляющих с периодами 18.613, 12, 1 и 0.5 г. Формально говоря, эта модель может быть экстраполирована на любой интервал дат, но практически её, скорее всего, можно использовать только на ближайшие несколько лет. Модель не проходит через последнюю точку ряда наблюдений и поэтому не годится для краткосрочного прогноза в режиме службы, но предположительно лучше описывает долговременное поведение всемирного времени.

Сравнение прогнозов UT1–UTC с наблюдениями представлено на рис. 1, на котором видно, что замедление вращения Земли, наблюдавшееся в течение нескольких десятилетий с 1962 г. (момента введения UTC), около 2020 г. сменилось ускорением. При этом скорость вращения Земли возрастила неравномерно: она быстро увеличивалась в течение примерно трехлетнего периода 2020–2022 гг., после чего рост скорости вращения Земли замедлился примерно вдвое.

На рис. 2 показаны отклонения прогнозов автора от окончательных данных IERS (абсолютные значения) и усредненные за пять лет ошибки прогнозов IERS, сделанных в 2020–2024 гг. Для последних приведены две оценки ошибок прогнозов. Оценка RMSE (среднеквадратическая ошибка) традиционно используется в IERS (Dick, Thaller, 2023), оценка MAE (средняя абсолютная ошибка) чаще используется в работах по сравнению методов и результатов прогнозов ПВЗ (Śliwińska-Bronowicz *et al.* 2024). IERS публикует прогнозы длиной до одного года.

Приведенные на рис. 2 данные показывают, что регулярный прогноз всемирного времени автора от 11 июля 2024 г., опубликованный в Малкин (2024), возможно, получился не очень удачным, хотя его отклонение от окончательных данных IERS остаётся на уровне средних ошибок прогнозов IERS, сделанных в 2020–2024 гг. Для сравнения там же использован прогноз автора от 13 июля 2023 г., который оказался намного более точным для длины прогноза более полугода, что являет-

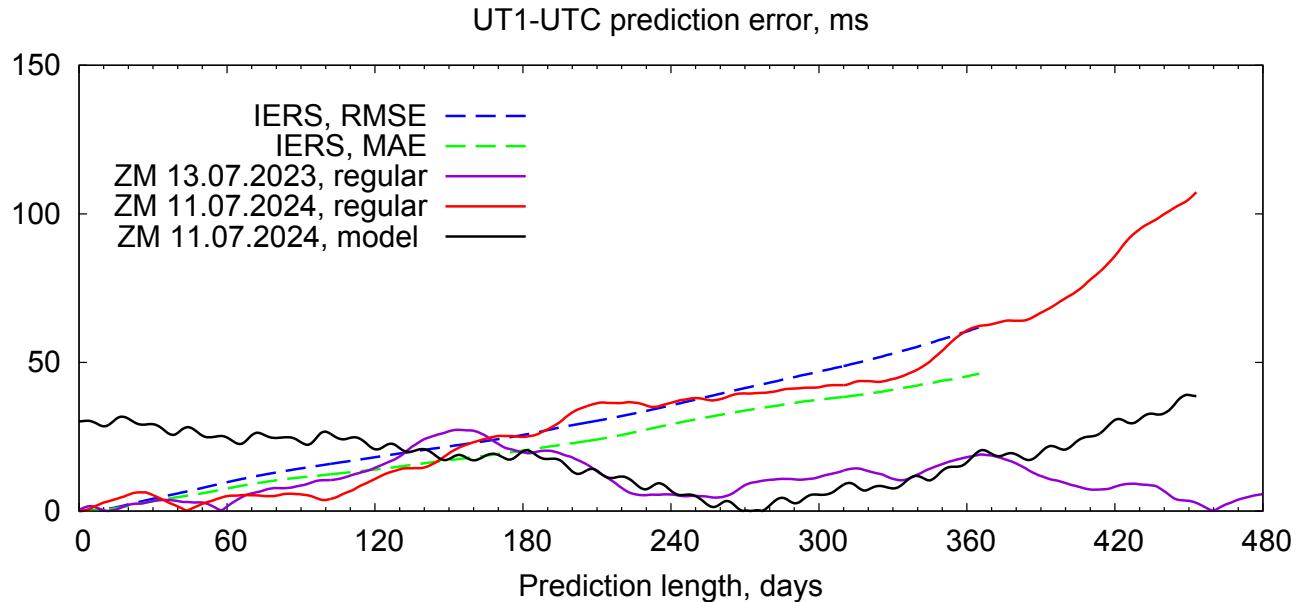


Рис. 2: Абсолютные отклонения прогнозов всемирного времени автора, вычисленных 13 июля 2023 г. и 11 июля 2014 г., от окончательных данных IERS и усредненные за пять лет ошибки прогнозов IERS, вычисленных в 2020–2024 гг.

ся наиболее интересным для обсуждаемого вопроса. Это показывает, что точность предсказания зависит не только (может быть даже не столько) от применяемого метода прогнозирования, но и от физической предсказуемости скорости вращения Земли, включая её стохастическую составляющую, которая не может быть промоделирована с достаточной точностью на современном уровне знаний и, соответственно, предсказана методами, используемыми в службах определения ПВЗ с достаточно высокой точностью на срок более нескольких месяцев. В то же время, опубликованный в Малкин (2024) прогноз автора, основанный на полиномиально-гармонической модели, описывающей долговременное поведение всемирного времени, показывает намного лучшее согласие с наблюдениями.

Собственно говоря, изменения в UT1–UTC обусловлены переменной скоростью вращения Земли, что, в свою очередь, проявляется в вариациях длительности суток (LOD). Последние публикуются IERS и другими центрами анализа данных в виде отклонения наблюдаемой длительности суток от номинального значения 86400 с также обычно называемом LOD. Взаимосвязь UT1–UTC и LOD показана на рис. 3, который наглядно иллюстрирует, что величина UT1–UTC убывает, когда LOD положительно (длительность суток больше номинального значения) и растет при отрицательных значениях LOD (длительность суток меньше номинального значения). В частности, приведенные на рис. 3 данные показывают, что средняя длительность суток в 2023–2025 гг. заметно больше, чем в 2021–2022 гг., что объясняет существенное уменьшение скорости роста UT1–UTC в последние годы, как отмечалось выше.

2 Заключение

В работе Малкин (2024) на основании анализа поведения всемирного времени с 1962 г. и его двухлетнего прогноза было высказано предположение, что наблюдаемое примерно с 2020 г. ускорение вращения Земли должно к 2026–2027 г. смениться замедлением. В настоящей работе проведено сравнение наблюдаемых изменений UT1–UTC за год, прошедший после прогноза автора, сделанного в июле 2024 г. Это сравнение показало, что пока прогноз, сделанный в режиме регулярной службы, оправдывается на уровне средних ошибок прогнозов всемирного времени IERS за последние пять лет. С другой стороны, прогноз, основанный на полиномиально-гармонической модели

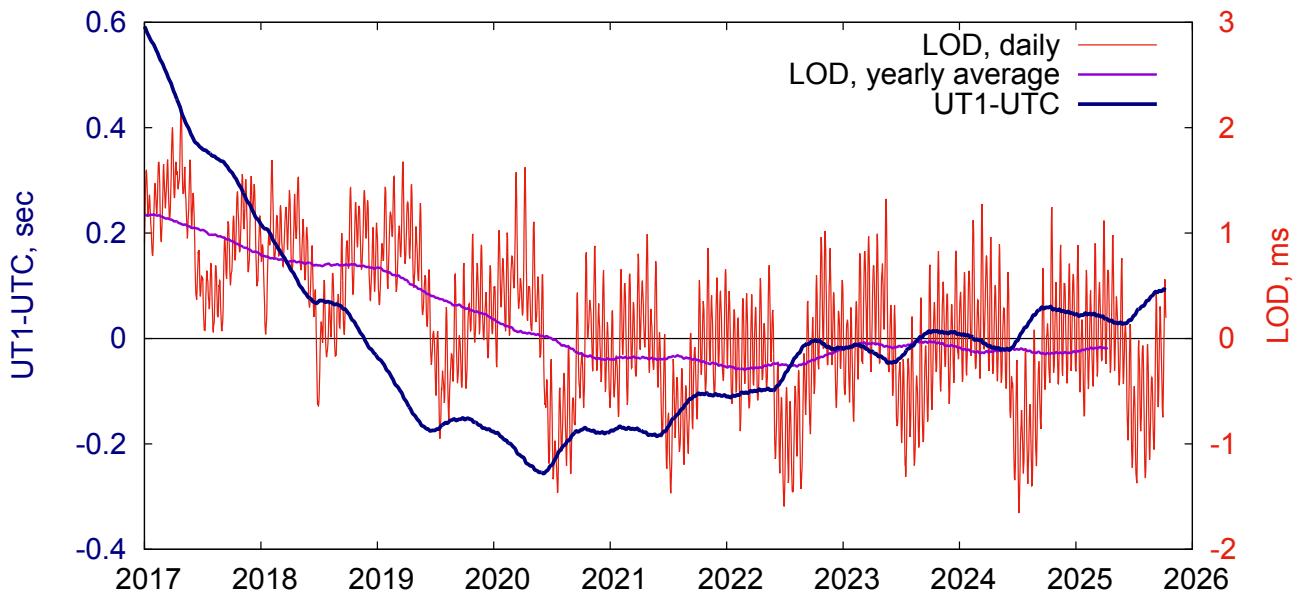


Рис. 3: Значения LOD и UT1–UTC по данным IERS.

оказался намного ближе к наблюдательным данным.

Несмотря на не вполне удачный прогноз UT1–UTC, приведенный в Малкин (2024), основной прогноз, сделанный в этой работе, остается неизменным: до начала 2030-х гг. достижение разности шкал времени UT1–UTC величины, требующей введения в шкалу UTC отрицательной дополнительной секунды, кажется маловероятным. Предполагается повторить сделанное сейчас сравнение ещё через год, чтобы проверить, насколько оправдывается прогноз автора о переходе вращения Земли к замедлению в 2026–2027 гг.

Список литературы

- Малкин, З. М. (2024). Следует ли ожидать дальнейшего ускорения вращения Земли в ближайшие годы? Астрон. журн., 101.10, 929–936.
- Malkin, Z., E. Skurikhina (1996). On Prediction of EOP. Communications of the Institute of Applied Astronomy RAS, 93, 1. arXiv: 0910.3336 [physics.geo-ph].
- Dick, Wolfgang R., Daniela Thaller (2023). IERS Annual Report 2019. Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main.
- Śliwińska-Bronowicz, Justyna *et al.* (2024). Assessment of length-of-day and universal time predictions based on the results of the Second Earth Orientation Parameters Prediction Comparison Campaign. Journal of Geodesy, 98.3, 22.

How long will the current acceleration of Earth's rotation last? Prediction made in 2024 and the first year of observations

Z.M. Malkin¹ 

¹ Central Astronomical Observatory at Pulkovo of RAS

Received 1 October 2025 / Accepted 31 October 2025

Abstract

In recent years, there has been a significant acceleration of the Earth's rotation, manifested in the growth of the difference between universal and coordinated time UT1–UTC, which, according to some authors, may lead to the need for the first time in history to introduce a negative leap second into the UTC scale. In 2024, based on an analysis of the available data on the Earth's rotation and two predictions of universal time, the author suggested that within two or three years the rotation of the Earth will most likely return to slowing down. In this paper, a comparison of these predictions with the observed variations of universal time after a year has passed since the publication of these predictions is made. This comparison has shown that so far the prediction made in the regular service mode is justified at the level of average several-year errors of universal time prediction, while the prediction based on the model of long-term variations of universal time showed better agreement with observations.

key words: Earth's rotation, Earth's rotation speed, Universal Time, time scales