

## Развитие базы данных скоростей ГНСС-станций на территории Восточно-Европейской платформы

© В. Л. Горшков, Н. В. Щербакова

ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Поле скоростей станций ГНСС (Глобальной навигационной спутниковой системы) является исходным материалом для геодинамических исследований, в том числе для изучения и мониторинга деформационных процессов в зонах разломов и сейсмической активности. В общедоступных глобальных базах данных скоростей станций европейская территория России представлена десятком станций, без отражения количества постоянно действующих в РФ в настоящее время ГНСС-станций, что не соответствует масштабам научных и прикладных задач для столь обширной территории. Для решения геодинамических задач совместно с коллегами различных геодезических организаций создана, поддерживается и расширяется общедоступная и однородная по методу обработки база данных скоростей ГНСС-станций на территории, приблизительно охватывающей Восточно-Европейскую платформу. На начало 2019 г. база содержит более 350 станций с продолжительностью наблюдений свыше двух лет. Приведены основные параметры базы данных скоростей ГНСС-станций.

**Ключевые слова:** общедоступная база ГНСС-данных, геодинамика, Восточно-Европейская платформа.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.51.58-62>

### Введение

На европейской территории России в настоящее время действует более тысячи ГНСС-станций, принадлежащих разным, в основном коммерческим, организациям. Отсутствие свободного доступа к разнородным и разобщенным сетям, зачастую отягощенное недостатком сопутствующей информации об оборудовании, его размещении и модернизации, затрудняет их научное и прикладное использование. Более того, в коммерческих геодезических организациях исходные данные зачастую имеют ограниченный срок хранения, поэтому этот бесценный наблюдательный материал в некоторой степени уже утрачен.

Для решения геодинамических задач (совместно с коллегами из различных геодезических организаций) авторами создана, поддерживается и расширяется общедоступная и однородная по методу обработки база данных скоростей (БДС) ГНСС-станций на территории, приблизительно охватывающей Восточно-Европейскую платформу. Данные, включая интерактивную карту рядов положений на каждой станции, обновляются несколько раз в год и доступны на сайте Пулковской обсерватории (ГАО РАН): [http://www.gaoran.ru/russian/database/station/database\\_rus.html](http://www.gaoran.ru/russian/database/station/database_rus.html).

Исходные наблюдения обрабатываются пакетом Gipsy 6.4 (JPL) с применением стратегии PPP с учетом всех стандартных поправок и нагрузочных факторов из <http://massloading.net/>. Скорости станций оцениваются по модели, исключающей сезонные вариации и сдвиги в рядах положений станций.

Поскольку положения станций в частных геодезических предприятиях являются коммерческим продуктом, БДС не содержит данных о точных положениях станций, а лишь об их вариациях. Геодинамические и атмосферные исследования, проведенные на основе БДС, отражены в работах [1–3].

## Структура и текущее состояние БДС

На начало 2019 г. база содержит более 350 станций с продолжительностью наблюдений свыше двух лет, что обеспечивает достаточную точность для проведения большинства геодинамических исследований. Примерно половина станций расположена на территории России, остальные принадлежат скандинавским и прибалтийским странам, а также Украине и Чехии.

В таблице приведен состав БДС по использованным ГНСС-сетям, в том числе по станциям, прекратившим наблюдения. Многие из них, особенно в российских сетях, возобновили наблюдения после модернизации оборудования и переноса точки наблюдения иногда на сотни метров. В некоторых случаях ряд удавалось продолжить как непрерывный, введя соответствующее смещение в координаты ГНСС-станции.

Т а б л и ц а

Сетевой состав БДС

ГНСС-сети (страна)	Всего станций (закрытые)
Россия (всего)	184 (22)
ГЕОСПАЙДЕР (СПб)	40 (1)
РС КГА (СПб, Россия)	10
СПБГУ (Россия)	4
HEXAGON (Россия)	19 (4)
ПРИН (Россия)	44 (11)
ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ	44
ЦГК ИПД (Россия)	6
РКС (Россия)	5 (2)
EPN, IGS (Россия)	14(2)
EstPos (Эстония)	31 (4)
LatPos (Латвия)	31 (6)
EPN (Финляндия)	25 (1)
EPN, IGS (Швеция)	29 (4)
EPN, IGS (Польша)	17
ПРОЧИЕ	32 (7)

На рис. 1 представлено распределение станций по продолжительности наблюдений. Видно, что многие станции, в основном в России и Эстонии, начали работать недавно. Для ряда российских станций отсутствует достоверная информация об используемом ранее оборудовании в архивных наблюдениях. Поэтому не все имеющиеся данные были использованы.

На рис. 2 представлены остаточные горизонтальные скорости станций после учета вращения Евразийской плиты в соответствии с моделью [4]. Видно, что модель не компенсирует скорости станций на Восточно-Европейской платформе. Заметно западное преобладание долготной компоненты, скорее всего, обусловленное сильной селекцией станций при формировании модели [4].

Вертикальные скорости станций (рис. 3) ясно очерчивают зону послеледникового поднятия, в том числе на северо-востоке, где Восточно-Европейская платформа соприкасается с Печорской платформой.

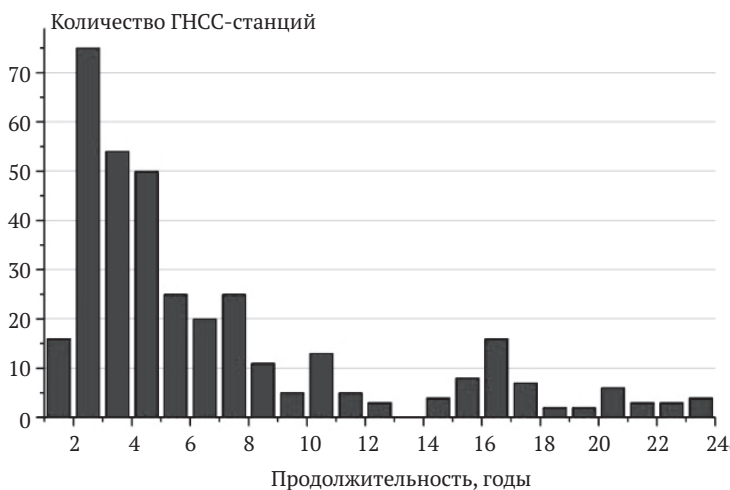


Рис. 1. Распределение станций по продолжительности наблюдений

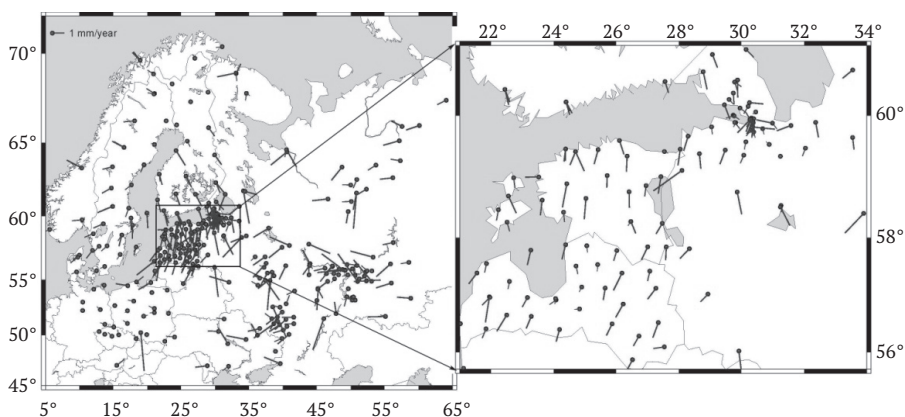


Рис. 2. Остаточные горизонтальные скорости станций после учета вращения Евразийской плиты

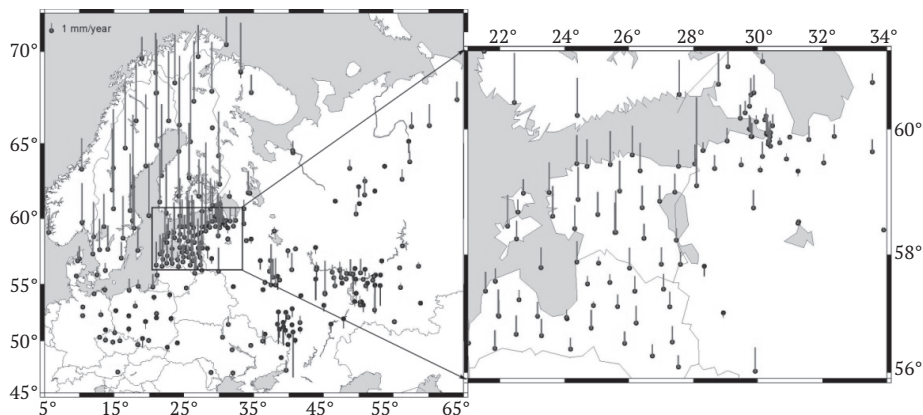


Рис. 3. Вертикальные скорости станций

Горизонтальные ошибки скоростей станций в случае их фликкер-шумового распределения характеризуются величинами 0.04 мм/год для станций с продолжительностью наблюдений более 10 лет и 0.5 мм/год для станций с наблюдательной историей менее 3 лет. Аналогичные величины для вертикальных скоростей составляют 0.2 мм/год и 1.1 мм/год. Помимо скоростей и их ошибок БДС содержит статистические данные об их распределении, учетных сезонных вариациях и сдвигах в рядах положений, продолжительности наблюдений и другой статистический материал.

Авторы признательны коллегам всех геодезических организаций за постоянно предоставляемый исходный материал наблюдений.

## Заключение

Для эффективных геодинамических и геофизических исследований на территории России необходима сводная база данных скоростей станций всех ГНСС-сетей России.

В ГАО РАН поддерживается и расширяется общедоступная и однородная по методу обработки и учету корректировок база скоростей станций для территории Восточно-Европейской платформы, основанная на данных всех доступных ГНСС-сетей.

## Литература

1. Горшков В. Л., Мохнаткин А. В., Смирнов С. С., Петров С. Д., Трофимов Д. А., Щербакова Н. В. Исследование геодинамики зоны сопряжения Балтийского щита с Восточно-Европейской платформой по данным ГНСС-наблюдений // Вестник СПбГУ. — 2015. — Сер. 1, Т. 2 (60), Вып. 3. — С. 482–492.

2. Горшков В. Л., Мохнаткин А. В., Щербакова Н. В. Структурные особенности Восточно-Европейской платформы по данным поля скоростей ГНСС-станций // Известия ГАО РАН. — СПб.: ГАО РАН, 2018. — № 225. — С. 73–78.

3. Воротков М., Горшков В., Гришина А., Щербакова Н. ГНСС-мониторинг интегрального влагосодержания в атмосфере над Ленинградской областью // Известия ГАО РАН. — СПб.: ГАО РАН, 2018. — № 225. — С. 67–72.

4. Altamimi Z., Métivier L., Rebischung P., Rouby H., Collilieux X. ITRF2014 plate motion model // Geophys. J. Int. — 2017. — Vol. 209, no. 3. — P. 1906–1912.

# Development of GNSS-Station Velocity Database on the East European Craton

V. L. Gorshkov, N. V. Scherbakova

The velocity vector field of the dense network of regional GNSS reference stations provides the basic data for the analysis of deformation processes in the faults, for the study of the intraplate structure of regions and other geodynamical studies. To address these problems, the database of GNSS station velocities (VDB) approximately covering the East European Craton was created and is now supported in cooperation with the colleagues of various geodetic organizations. For the beginning of 2019, the VDB has uniformly processed data for more than 350 GNSS stations. The VDB is available on the website of the Pulkovo observatory, where the full description of the technique used is also provided:

[http://www.gaoran.ru/russian/database/station/databasev\\_eng.html](http://www.gaoran.ru/russian/database/station/databasev_eng.html).

The initial GNSS observations are processed by the Gipsy 6.4 (JPL) software using the PPP strategy. The whole range of standard model parameters and corrections are taken into account (absolute antenna calibration, final orbital parameters and clock corrections (IGS14), Earth orientation parameters IERS (C04), tropospheric model VMF1/ECMWF, all the solid Earth's tides, including corresponding polar tides, ocean tidal loads (GOT4.8) and ionospheric effects, containing second-order terms in the IONEX model). The complete set of the mass loading corrections are also taken into account according to IMSL (<http://massloading.net/>). Seasonal variations in the GNSS position series are estimated and then removed.

The mean errors for each velocity component of GNSS station velocities are given in the VDB for both normal and flicker noise distribution.

**Keywords:** free GNSS-database, geodynamics, East-European Craton.