



Пулковская база скоростей ГНСС-станций и её научный потенциал: геодинамика

В.Л. Горшков^{1*}, Н.В. Щербакова¹, С.С. Смирнов^{1,2}

¹ ГАО РАН, ²СПбГУ

Abstract

В работе приведены состав и основные характеристики базы данных скоростей (БДС) около 900 ГНСС-станций. БДС развивается в Пулковской обсерватории для станций, расположенных на территории, примерно совпадающей с Восточно-Европейской Платформой (ВЕП). Более 70% станций принадлежат российским ГНСС сетям. Сравнение скоростей БДС с аналогичной глобальной базой данных Геодезической Лаборатории Невады (NGL, США) по 171 общим станциям свидетельствует об отсутствии систематических расхождений между ними, что позволяет использовать совокупные данные обеих баз для геодинамических исследований в регионе ВЕП. Определены кинематические параметры вращений некоторых структурных блоков ВЕП. При этом границы блоков варьировались в пределах нескольких градусов, а внутри этих границ осуществлялась селекция станций по продолжительности наблюдений для минимизации ошибок МНК решения.

Введение

В 2023 году исполнилось 50 лет с начала разработки глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и 30 лет с начала её фактической эксплуатации на первых, до сих пор работающих, перманентных ГНСС-станциях. Сейчас их количество по очень грубым оценкам перевалило за 25 тысяч станций, неравномерно распределённых по всем континентам. Данные подавляющего большинства этих станций объединены в сотни региональных сетей, большинство из которых однотипно организованы и общедоступны. Этого нельзя сказать о ГНСС-сетях на территории России, большинство из которых либо ведомственные, либо коммерческие, что затрудняет их эффективное применение в различных сферах научного использования ГНСС данных. Ниже приведён неполный список научных приложений ГНСС помимо их первоначально военного, а с 2000 года и гражданского навигационного применения.

- Мониторинг параметров вращения Земли в рамках международной службы МСВЗ для поддержания Всемирного времени, земной и небесной систем координат, а также для изучения их геофизической обусловленности перераспределением масс в атмосфере, океанах и гидрологических системах.
- Глобальный мониторинг движения континентальных плит, их региональные проявления с целью исследования сейсмически опасных подвижек в зонах разломов и субдукций, а также исследование внутри-плитовой геодинамики в результате геологических процессов и техногенных воздействий.
- Исследования вариаций, в том числе приливного характера, и трендов уровня моря, геологических проседаний, поднятий и горизонтальных движений суши из-за активных геофизических процессов во всех сферах Земли, включая движение ледников и высоты снежного покрова.

*e-mail:vigor1946@yandex.ru

- Атмосферные исследования как в тропосфере (содержание водяных паров), так и в ионосфере (распределение электронного содержания) с той степенью пространственного разрешения, с которой позволяет плотность ГНСС-сетей.

В Пулкове создана и поддерживается база данных скоростей ГНСС-станций на территории, приблизительно совпадающей с Восточно-Европейской платформой (ВЕП), для решения ряда из вышеперечисленных научных задач, в частности, для изучения геодинамики ВЕП.

Основной особенностью геодинамики ВЕП является изостатическое послеледниковое поднятие Фенноскандии и сейсмическая региональная активность на северо-западе ВЕП, и почти полное отсутствие вертикальной динамики и сейсмичности на разновозрастных осадочных покровах Русской равнины. При этом Фенноскандия почти полностью состоит из докембрийских кристаллических образований Балтийского щита (БЩ), а пластичные с точки зрения деформаций осадконакопления Русской равнины покоятся на докембрийском кристаллическом фундаменте Русской плиты (РП) и частично на палеозойском складчатом фундаменте Скифской плиты. Процессы взаимодействия этих структур ВЕП в зоне их сопряжения вызывают постоянную деформацию земной коры на несколько миллиметров в год, как по вертикали, так и по горизонтали. Эти процессы изучаются на протяжении последних лет, особенно в рамках проекта BIFROST Lidberg *et al.* (2010), Горшков *и др.* (2021), Kierulf *et al.* (2021), Мельник *и др.* (2022).

В имеющихся глобальных базах скоростей ГНСС-станций NGL (<http://geodesy.unr.edu/>) и JPL (<https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/series.html>) территория РП в пределах России представлена удручающе слабо - около 30 станций, что серьёзно ограничивает достоверность имеющихся геодинамических оценок. В действительности на ней расположены более тысячи ГНСС-станций, принадлежащих, в основном, ведомственным и коммерческим геодезическим организациям России.

Этот недостаток компенсирует поддерживаемая нами в свободном доступе база данных скоростей ГНСС-станций (http://www.gaoran.ru/russian/database/station/database_rus.html) (БДС), позволяющая сохранить для научных исследований материал недоступный и, главное, постепенно утрачиваемый ввиду зачастую ограниченного срока его хранения в коммерческих геодезических предприятиях. Коллегам из этих организаций мы выражаем искреннюю признательность за возможность частичного использования исходных данных для научных исследований. Ряд исследований на основе БДС, отражены в наших работах Горшков *и др.* (2015), Горшков *и др.* (2019а), Горшков *и Щербакова* (2019б), Горшков *и др.* (2021).

1 Состав и основные параметры БДС

Источники исходных данных БДС по состоянию на декабрь 2023 года представлены в табл.1. Часть станций в некоторых сетях недоступна для общего доступа, а некоторые сети в последние годы полностью или частично прекратили доступ или прекратили работу на отдельных станциях.

Одной из задач создания БДС, помимо основной задачи по расширению области исходных данных для научных исследований, было обеспечение максимально точной обработки наблюдений с учётом всех доступных коррекций. Поэтому БДС эпизодически обновляется по мере получения окончательных орбит спутников, данных о геофизических нагрузках и получения данных по ГНСС-сетям, где этот процесс невозможно автоматизировать.

Все собираемые наблюдения переводятся в суточный RINEX формат и обрабатываются пакетом Gipsy 6.4 (JPL) с применением стратегии PPP (precise point positioning). Во многих сетях данные о смене оборудования приходится корректировать по RINEX файлам. Положения отнесены к эллипсоиду GRS80 и переведены в систему IGS14. Учитываются все стандартные модельные параметры и поправки (абсолютная калибровка антенн, точные (final) орбитальные параметры, параметры ориентации Земли, тропосферная модель VMF1/ECMWF, все твердотельные приливы, включая соответствующие полюсные приливы, океанические приливные нагрузки и влияние ионосферы, включая члены второго порядка по модели IONEX). Кроме того,

Table 1: ГНСС сети используемые в БДС

ГНСС-сети	N станций	сайт
EPN, IGS (Россия)	9	http://epncb.oma.be , //igs.bkg.bund.de
Геостройизыскания (Россия)	236	http://topnet.gsi.ru
ПРИН (Россия)	248	http://www.prin.ru
Геоспайдер (Россия)	153	http://geospider.ru
Geosystems (Россия)	19	http://smartnetrtk.ru
RGS-centre (Россия)	16	http://new.rgs-centre.ru
РС КГА (Россия)	10	http://ref.kgainfo.spb.ru
прочие сети России	13	PKC, СПбГУ, EFT
EstPos (Эстония)	33	https://www.maaamet.ee
LatPos (Латвия)	33	http://latpos.lgia.gov.lv
EPN (Финляндия)	25	http://epncb.oma.be
EPN, IGS (Швеция)	24	http://epncb.oma.be
EPN, IGS (Польша)	16	http://epncb.oma.be
EPN (Украина)	20	http://epncb.oma.be
EPN (Белоруссия)	10	http://epncb.oma.be
EPN (прочие страны)	30	http://epncb.oma.be

учитываются атмосферные, гидрологические и непривлинные нагрузочные факторы по данным работы [Petrov and Boy \(2004\)](#), представленным на сайте (<http://massloading.net>).

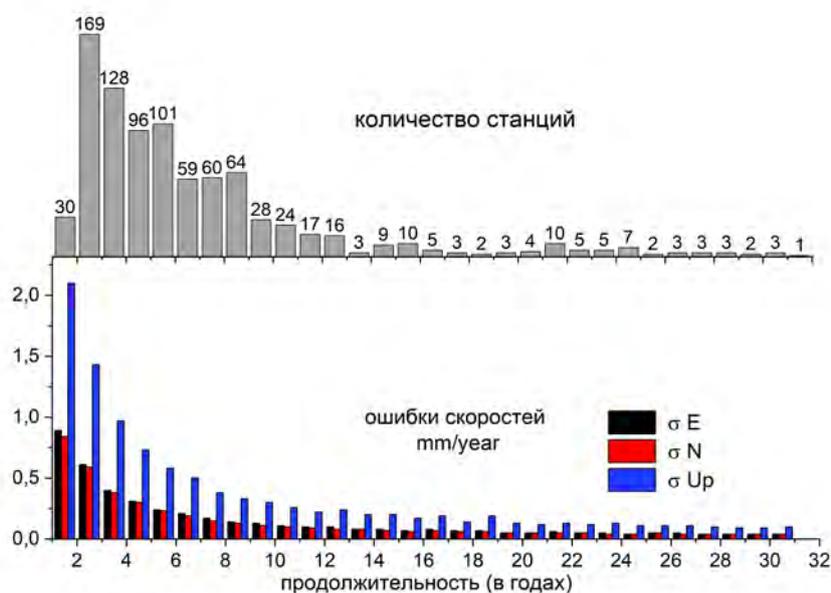


Figure 1: Количество станций и ошибки их горизонтальных ($\sigma V_{e,n}$) и вертикальной (σV_{up}) скоростей в зависимости от продолжительности наблюдений.

Скорости станций оцениваются по модели, исключая сезонные вариации и сдвиги в рядах положений станций. Подробное описание метода формирования БДС и оценки скоростей станций в зависимости от статистического распределения ошибок наблюдений приведено в работе [Горшков и др. \(2021\)](#) и на сайте БДС. Там же приведена актуальная карта поля скоростей станций с графиками их положений. Всего БДС содержит более 900 ГНСС-станции, из которых 754 продолжительностью более двух лет используется в настоящем исследовании, что определяется необходимой для геодинимических исследований точностью скоростей станций, как это следует из работы [Blewitt and Lavallée \(2002\)](#). Отметим, что многие станции прекратили работу, но постоянно создаются новые. На рис.1 представлено распределение количества станций

и случайных ошибок их скоростей в зависимости от продолжительности наблюдений. Как видно ошибки скоростей быстро уменьшаются с продолжительностью наблюдений и начиная с 3–4 лет становятся приемлемыми для геодинимических оценок.

Несмотря на то, что алгоритм обработки данных достаточно адаптивен к сдвигам и внезапным выбросам в рядах положений, некоторые станции либо ввиду особенностей места их установки, либо по техническим характеристикам оборудования требуют индивидуального подхода в виде скрин-анализа и последующей корректировки, в основном, состоящей в удалении части исходных данных. Более десятка станций, имеющие неустойчивый характер поведения рядов положений и высокий уровень случайных ошибок, были исключены из БДС. Несколько десятков станций имеют разного рода систематические ошибки и поэтому не используются в данной работе.

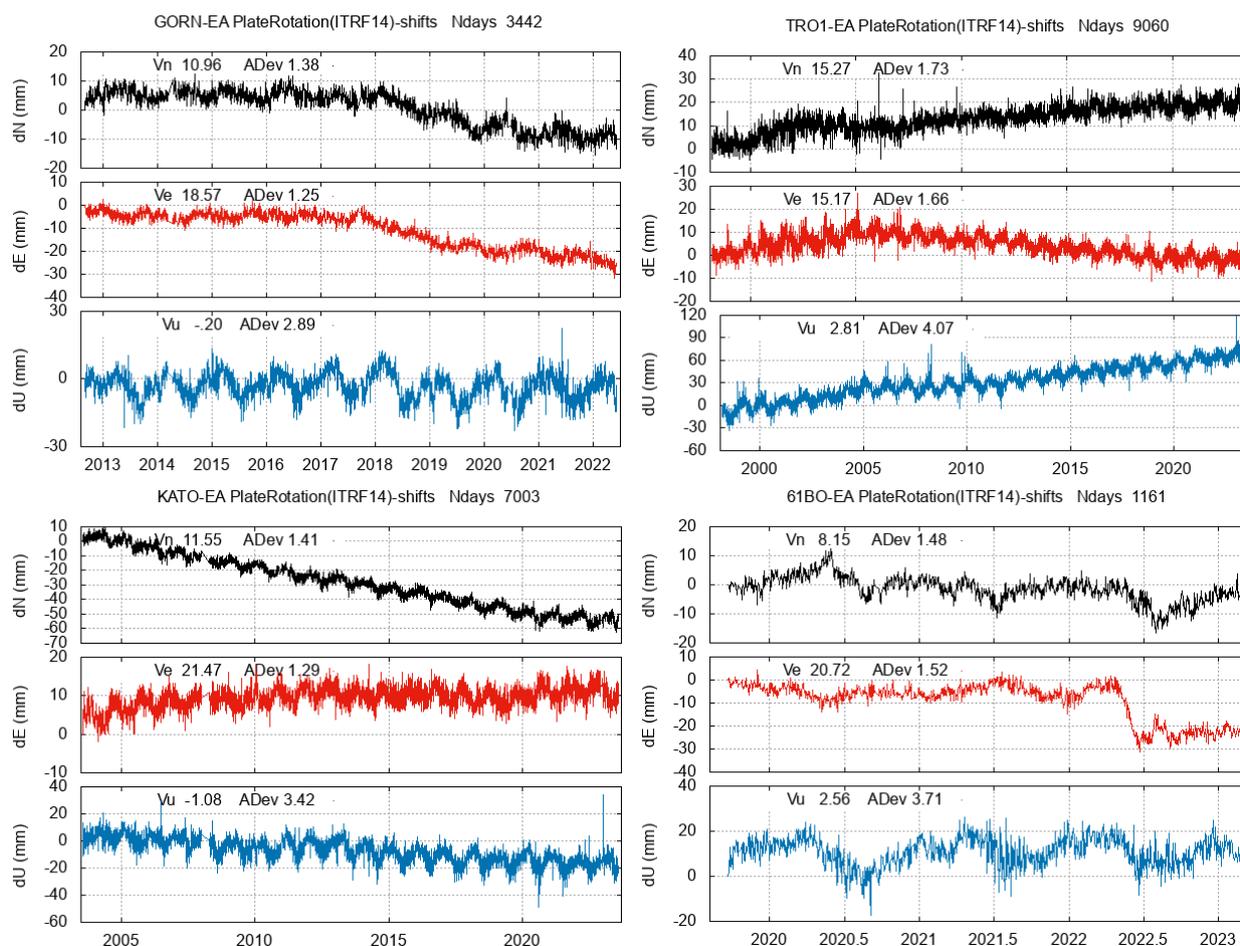


Figure 2: Станции типа GORN и TRO1 (вверху) – смена тренда по техногенным (GORN) или иным причинам (TRO1). Станции типа KATO (внизу, слева) – уникально большой, возможно, техногенного характера тренд по широте. Станции типа 61BO (внизу, справа) – медленные, в течение месяца и более, сползания координат станции в другое устойчивое положение. В рядах положений исключено вращение Евразийской плиты по данным [Altamimi et al. \(2017\)](#).

Кстати, скрин-анализ динамики положений станций – дополнительная возможность мониторинга качества или изменившихся обстоятельств на станции. Например, станция GORN (Горный институт, СПб) «поплыла» после прокладки линии метрополитена и строительства соответствующей станции. Эта возможность, вероятно, наиболее востребована судя по количеству посещения БДС иногда до сотни в месяц. Наиболее характерные ряды положений этих станций, не рекомендуемых для точных геодинимических исследований, приведены на рис.2.

2 Сравнение БДС с глобальной базой NGL

В геологической лаборатории университета Невады (NGL) поддерживается глобальная общедоступная база скоростей более 20 тысяч ГНСС-станций. Данные обрабатываются тем же пакетом Gipsy с применением той же стратегии (PPP) что и в БДС. Скорости станций в NGL вычисляются оригинальным методом [Blewitt et al. \(2016\)](#), суть которого в попарном сравнении положений станции строго через год. Метод позволяет устранить одну из основных проблем в анализе ГНСС-положений, связанную с наличием в рядах положений разрывов непрерывности или смещений разной природы.

На территории ВЕП в БДС имеется 175 станций общих с базой NGL (в основном за счёт нероссийских станций), что позволило провести их сравнительный анализ. Данные NGL взяты по 2023 год включительно. В табл. 2 приведены средние разности скоростей по общим станциям

Table 2: Сравнение скоростей баз по общим станциям (в мм/год)

БД	ΔV_e	ΔV_n	ΔV_u	σV_e	σV_n	σV_u
БДС				0.15	0.14	0.36
ΔV	$0.01 \pm .28$	$0.03 \pm .32$	$0.21 \pm .90$			
NGL				0.19	0.18	0.76

ΔV (БДС - NGL) и дисперсии скоростей (σV_i). Видно, что оценки скоростей в обеих базах практически совпадают. Это, а также однородность применяемых методов обработки данных в обеих базах, позволяет включить обширный материал базы NGL на западной территории ВЕП в совместный геодинамический анализ. Всего на этой территории имеется более тысячи станций из базы NGL, включая 175 общих из БДС.

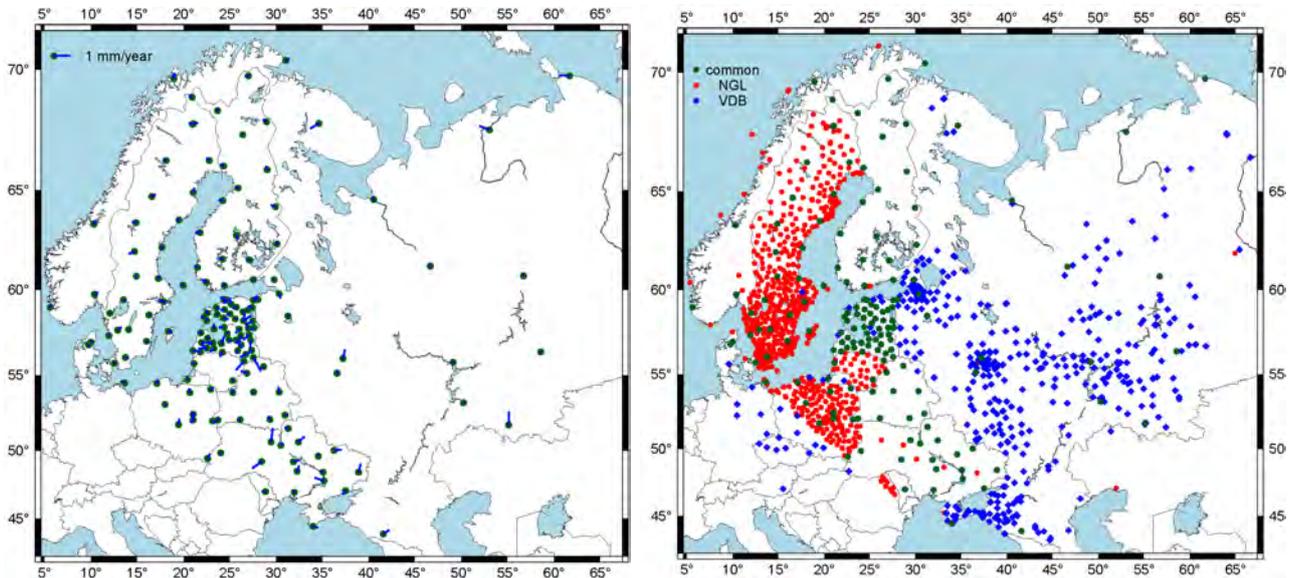


Figure 3: Слева - разности горизонтальных скоростей (БДС-NGL), справа - распределение станций БДС, NGL и их пересечение на ВЕП.

Также из табл. 2 видно, что величина ошибки вертикальных скоростей базы NGL (σV_u) значительно превышает ошибку БДС, несмотря на более продолжительные в среднем ряды наблюдений в NGL. Это, вероятно, вызвано недостаточной адекватностью применяемого в NGL метода фильтрации смещений в рядах положений, так как именно на вертикальной компоненте их влияние проявляется в большей степени, особенно при смене оборудования на станциях.

Несколько меньший уровень ошибок горизонтальных компонент скорости в БДС может быть обусловлен учётом в ней нагрузочных поправок (атмосферных, от грунтовых вод и неприливных), не используемых в NGL.

На рис. 3 представлены разности горизонтальных скоростей сравниваемых баз и совместное расположение станций обеих баз с продолжительностью наблюдений более двух лет.

3 Геодинамика ВЕП

Объём и качество вышеописанных данных позволяют исследовать кинематическую структуру региона ВЕП. С точки зрения геодинамики область сопряжения Фенноскандии и РП наиболее интересна как место сопряжения больших геологических структур. По многочисленным геологическим и сейсмическим данным в земной коре в этой зоне существуют как ослабленные зоны, так и, наоборот, прочностные барьеры, где под влиянием внешних воздействий образуются области перераспределения напряжений.

3.1 Предварительная фильтрация исходных данных

Ввиду выявленной по результатам сравнения однородности баз БДС и NGL для дальнейших исследований из них были выбраны все станции приблизительно вписывающиеся в территориальные рамки ВЕП. Для общих станций были взяты средневзвешенные скорости.

Помимо указанных выше отбракованных для данной работы станций ещё несколько десятков станций не использовались по причине аномального поведения их горизонтальных скоростей $|V_{e,n}| > 3$ мм/год, где $V_{e,n}$ - остаточные горизонтальные скорости станций после снятия вращения Евразийской плиты (ЕА) по [Altamimi et al. \(2017\)](#), и/или вертикальных $|V_u| > 12$ мм/год скоростей. Эти выбросы скоростей, вероятно, обусловлены как локальными особенностями расположения станций, так и использованным на них оборудованием. Кроме того, некоторые станции с продолжительностью наблюдений менее трёх лет также были исключены по тем же причинам. В итоге для окончательного геодинамического исследования было использовано 1390 станций из БДС и NGL.

3.2 Определение взаимного вращения Фенноскандии и Русской плиты

Как упоминалось во введении ВЕП разбита на многочисленные геологические структуры. Наиболее значимые из них это кристаллический Балтийский щит (БЩ), представляющий большую часть Фенноскандии, и в основном покрытая осадками Русская плита (РП). Граница этих образований проходит через Балтийское море, Финский залив, Ладожское и Онежские озёра и Белое море. Геологически она отмечена Балтийским уступом, протянувшимся от берегов Дании через Балтийское море до южных границ Ладожского озера. Кроме того, на юге в ВЕП вклинивается Украинский щит, а на северо-востоке ВЕП сопрягается с Печорской платформой.

Взаимное движение блоков земной коры может быть определено посредством вычисления их мгновенных угловых скоростей. В соответствии с теоремой Эйлера движение любого такого твердотельного блока по сферической поверхности Земли можно представить вращением вокруг некоторой оси, ближайшую точку пересечения которой с поверхностью Земли принято называть полюсом Эйлера. Совместное движение набора из n станций, относящихся к одному блоку, можно представить в виде

$$\nu = \Omega r,$$

где ν - матрица скоростей станций размера $3 \times n$ для каждой из трех координат скоростей, Ω - вектор-столбец 3×1 искомым угловых скоростей блока, r - вектор-столбец $1 \times 3n$ координат станций. Для оценки компонентов угловой скорости блока (Ω_x Ω_y Ω_z) используется МНК с диагональной матрицей весов, обратных дисперсиям соответствующих скоростей станций. Этот алгоритм с одновременным определением возникающих напряжений широко используется в геодинамических исследованиях [Chen et al. \(2016\)](#).

Для определения устойчивости решения вычисление Ω производилось для каждого из блоков в разных вариантах в зависимости от пространственного распределения станций (в пределах нескольких градусов варьировались географические границы блоков) и от продолжительности наблюдений на станциях (dT). Кроме того, удалялись станции в зависимости от отклонения остаточного вектора скорости станции (dV_i , $i = e, n, u$) от общего МНК решения для Ω . Для этого использовался стандартный критерий, а именно, во втором приближении выбрасывались станции с $|dV_i| > (3 - 4)\sigma_1$, где σ_1 – ошибка единицы веса для данного варианта МНК решения.

Table 3: Размах вариации угловых скоростей блоков БЩ и РП

Блок	N	dT	dVi	Ω_x	Ω_y	Ω_z
БЩ	641	>2		-0.094±.003	-0.518±.001	0.748±.007
БЩ	480	>5	3 σ_1	-0.091±.003	-0.517±.001	0.755±.006
РП	659	>2	4 σ_1	-0.019±.003	-0.484±.006	0.892±.007
РП	326	>6		-0.114±.001	-0.536±.002	0.667±.003
РП	473	>5		-0.094±.002	-0.526±.003	0.711±.004
ЕА	97			-0.085±.004	-0.531±.002	0.770±.005

N - число станций, dT - выбраны станции с продолжительностью наблюдений больше dT (в годах), Ω_{xyz} в мсд/год.

При анализе многочисленных вариантов решения по сочетанию вышеприведённых параметров достаточно неожиданным оказалась замечательная устойчивость решений для БЩ в отличие от решений для РП. Был применён ещё один вариант вычислений угловых скоростей Ω , в котором скорости станций были предварительно скорректированы за влияние послеледниковое поднятия (ПЛП) по модели ICE-5G из [Peltier et al. \(2015\)](#). Этот вариант также не сказался на решении по БЩ, но при этом значительно изменил решение по РП. Максимальный размах вариантов решений Ω для обоих блоков суммирован в табл. 3.

Объяснение этому факту может состоять в том, что РП геодинамически неоднородна ввиду её геологической структурированности, и поэтому при изменении набора станций разные кластеры станций становятся доминирующими в решении. В предпоследней строке табл. 3 приведено решение, которое условно можно назвать наиболее вероятным по совокупности всех решение для РП. Исходя из него можно заключить, что в целом между РП и Фенноскандией нет значимых движений. Для сравнения в последней строке табл. 3 приведено решение для всей Евразийской плиты по [Altamimi et al. \(2017\)](#), где для оценки Ω использовалось всего 97 станций с широтами меньше 55° С.Ш. для уменьшения влияния ПЛП.

Если детально рассматривать остаточные после снятия вращения ЕА плиты вектора горизонтальных скоростей станций, представленные на рис. 4, то заметна некоторая кластеризация векторов скоростей станций на РП. Вектора скоростей западной части станций, примерно до меридиана $28^\circ - 30^\circ$ В.Д., как по направлению, так и особенно по величине явно отличаются от векторов восточной части станций РП.

Формально разбив РП на два подблока РПз и РПв по меридиану 29° В.Д., мы провели для них такое же многовариантное решение только для этих блоков РП. В табл. 4 приведены результаты этого эксперимента. Даже при таком формальном разбиении устойчивость решений при вариациях вышеприведённых параметров для обоих подблоков оказалась в пределах ошибок полученных Ω_i , как и для вариантов БЩ. Таким образом даже при данном уровне плотности станций на РП очевидна её геодинамическая неоднородность и появляется возможность исследования связи этих неоднородностей с соответствующими геологическими структурами.

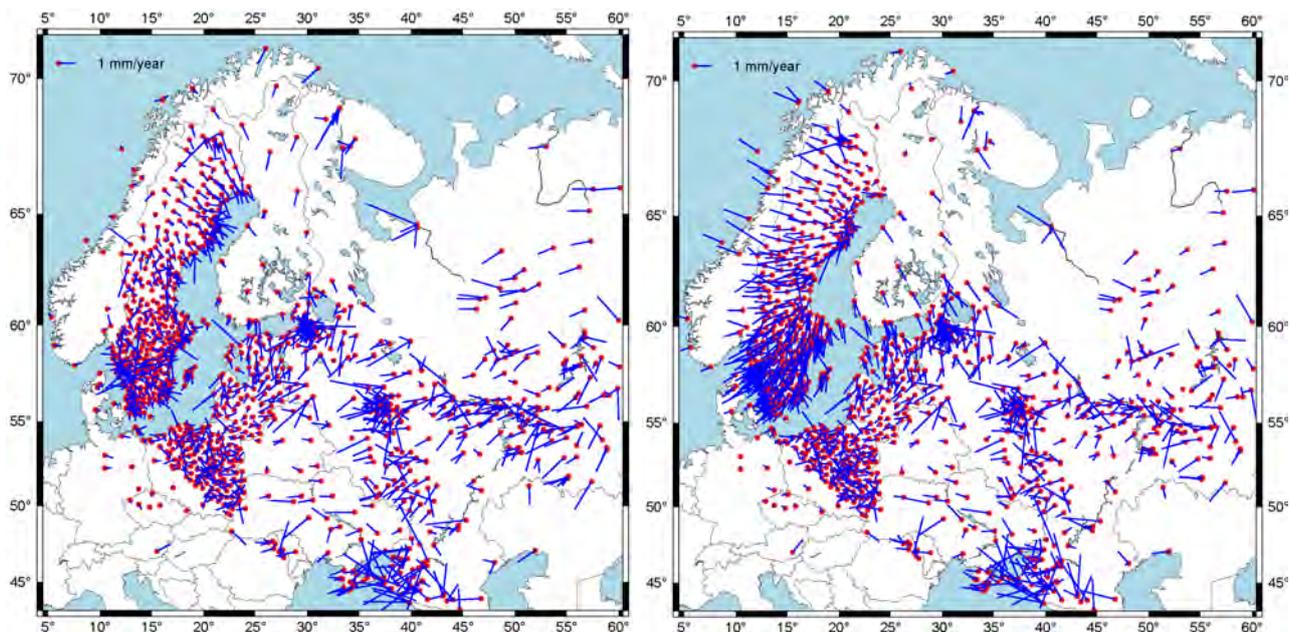


Figure 4: Слева – остаточные вектора станций после снятия вращения ЕА плиты и ПЛП по модели ICE-5G, справа - учтено только вращение ЕА плиты.

Table 4: Угловые скорости блоков РПз и РПв

Блок	N	Ω_x	Ω_y	Ω_z	Ω	п. Эйлера (φ/λ)
РПз	314	-0.132 ± 0.005	-0.540 ± 0.002	0.690 ± 0.008	0.246	$51.14^\circ / -103.73^\circ$
РПв	323	-0.034 ± 0.005	-0.478 ± 0.014	0.867 ± 0.011	0.274	$60.88^\circ / -94.08^\circ$

N - число станций, Ω_{xyz} в мсд/год, Ω в град/млн. лет

Выводы

- Поддерживаемая и однородно обрабатываемая в ГАО РАН база данных скоростей ГНСС-станций по случайным и систематическим ошибкам наблюдений положений на них является сравнимой с соответствующими глобальными базами, а по пространственной плотности распределения станций для Европейской территории России пока единственной.
- По данным БДС исследована геодинимическая структура ВЕП. Балтийский щит Фенноскандии оказался в значительной степени геодинимически однородным, в то время как Русская плита заметно структурирована. Тем не менее, в целом, эти два блока ВЕП не имеют значимых взаимных движений.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность всем коллегам из вышеупомянутых ГНСС-сетей (см. табл.1) за возможность частичного использования для научных исследований исходных данных их станций, а также за консультации по этим данным.

References

- Горшков и др., (2015). Горшков В. Л., А. В. Мохнаткин., С. С. Смирнов, С. Д. Петров, Д. А. Трофимов, Н. В. Щербакова. Исследование геодинамики зоны сопряжения Балтийского щита с Восточно-Европейской платформой по данным ГНСС-наблюдений. Вестник СПбГУ. Сер. 1. Том 2. Вып. 3. с. 463–472.
- Горшков и др., (2019a). Горшков В. Л., А. С. Гришина, Н. В. Щербакова. Мониторинг влагосодержания в атмосфере над территорией Ленинградской и смежных областей с помощью ГНСС. Труды ИПА РАН. 49. с.23–31. (doi:10.32876/ApplAstron.49.23-31).
- Горшков и Щербакова (2019b). Горшков В. Л., Н. В. Щербакова. Развитие базы данных скоростей ГНСС-станций на территории Восточно-Европейской платформы. Труды ИПА РАН 51, с. 58–62. (doi: 10.32876/ApplAstron.51.58-62)
- Горшков и др., (2021). Горшков В. Л., А. В. Мохнаткин, Н. В. Щербакова. База скоростей станций ГНСС Восточно-Европейской платформы для решения научных и прикладных задач. Геодезия и картография. 1, с. 34–44. (doi: 10.22389/0016-7126-2021-967-1-34-44).
- Мельник и др., (2022). Мельник Г. Э., Г. М. Стеблов, О. Н. Галаганов, И. С. Крупенникова, А. Н. Мокрова, Н. К. Розенберг, Ф. В. Передерин, В. П. Передерин. Исследование постледниковых движений Фенноскандии по данным глобальных навигационных спутниковых систем. Геодезия и картография. 2, с. 26–36. (doi: 10.22389/0016-7126-2022-980-2-26-36).
- Altamimi et al., (2017). Altamimi, Z., L. Metivier, X. Collilieux. ITRF2014 plate motion model. *Geophys. J. Int.*(2017) Vol. 209, p. 1906–1912. (doi:10.1093/gji/ggx136)
- Blewitt and Lavallée. (2002). Blewitt Geoffrey, David Lavallée. Effect of annual signals on geodetic velocity. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, V.107, B7. (doi.org/10.1029/2001JB000570).
- Blewitt et al., (2016). Blewitt, G., C. Kreemer, W. C. Hammond, and J. Gazeaux. MIDAS robust trend estimator for accurate GPS station velocities without step detection. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 121, (doi:10.1002/2015JB012552).
- Chen et al., (2016). Chen G., Zeng A., Ming F. Jing. Multi-quadric collocation model of horizontal crustal movement. *Solid Earth*, 7, 817–825. (doi:10.5194/se-7-817-2016).
- Kierulf et al., (2021). Kierulf, Halfdan Pascal, Holger Steffen, Valentina R. Barletta, Martin Lidberg, Jan Johansson, Oddgeir Kristiansen, Lev Tarasov. A GNSS velocity field for geophysical applications in Fennoscandia. *J. Geodyn.* 146(2021):101845. (doi:10.1016/j.jog.2021.101845).
- Lidberg et al., (2010). Lidberg M., J. M. Jonsson, H.-G. Scherneck, G. A. Milne. Recent results base on continuous GPS observations of the GIA process in Fennoscandia from BIFROST. *J. Geodyn.*, 50(1), 8–18. (doi: 10.1016/j.jog.2009.11.010).
- Peltier et al., (2015). Peltier W. R., D. F. Argus, R. Drummond. Space geodesy constrains ice-age terminal deglaciation: The global ICE-6G_C (VM5a) model. *JGR: Solid Earth*, 120, 450–487. (doi: 10.1002/2014JB011176).
- Petrov and Boy (2004). Petrov, L., and J.-P. Boy. Study of the atmospheric pressure loading signal in very long baseline interferometry observations. *JGR*, 109, B03405, (doi:10.1029/2003JB002500). (<http://massloading.net>).

Pulkovo's velocity database of the GNSS station and its scientific potential: geodynamics

V.L. Gorshkov¹, N.V. Scherbakova¹, S. S. Smirnov^{1,2}

¹ The Central Astronomical Observatory of the RAS at Pulkovo, ²Saint Petersburg State University

Abstract

The paper presents the composition and main characteristics of the velocity database (VDB) for about 900 GNSS stations. The VDB is developed and maintained in Pulkovo observatory for stations which are in the territory approximately coinciding with the East European Craton (EEC). More than 70% of stations belong to Russian GNSS networks. The comparison of the VDB velocities with a similar global database of the Nevada Geodetic Laboratory (NGL, USA) for 171 common stations does not detect any systematic discrepancies between them. This fact allows us to use combined data from both DB for geodynamic studies in the EEC region. The kinematic parameters of rotation of some structural blocks of the EEC have been determined. The boundaries of these blocks varied within several degrees, and within these boundaries, stations were selected according to the duration of observations to minimize errors in the least squares solution.