

ВЫЯВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ДЛИННОПЕРИОДИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ГНСС

В.В. Иванова¹, С.В. Тюрин²

СПбГУ, г. Санкт-Петербург, ¹ivanovavitani@mail.ru, ²s.tjurin@spbu.ru

DETECTION AND ANALYSIS OF LONG-PERIOD MOVEMENTS OF THE PERMANENTLY ACTIVE GNSS BASE STATIONS

V.V. Ivanova, S.V. Tyurin

Saint-Petersburg State University, St. Petersburg

Аннотация. Актуальность исследования движений базовых референционных станций определяется задачей повышения точности и достоверности результатов геодезического мониторинга, проводимого с помощью ГНСС-технологий. В работе приводятся результаты анализа в положении пяти постояннодействующих станций ГНСС за 2013-2020 года. Основное внимание уделено выявлению периодических составляющих в движении станций. *Ключевые слова:* ГНСС, базовые станции, PPP.

Введение

В настоящее время во многих видах геодезических работ активно используются ГНСС-технологии (англ. GNSS, Global Navigation Satellite System). Одними из основных достоинств данного метода, отличающими его от классических, являются непрерывность измерений и автоматизация процесса, которая позволяет свести к минимуму ошибки исполнителей и зависимость проведения работ от погодных условий.

Активно развивающийся на современном этапе геодезический мониторинг с использованием ГНСС-технологий получил широкое распространение и применение в различных сферах промышленности, науки и строительства. При проведении долговременного мониторинга с использованием ГНСС можно выявить, наряду с трендами, различные периодические (суточные, сезонные) перемещения, что будет более полно характеризовать поведение объекта мониторинга.

Изучение движений постоянно действующих базовых станций ГНСС помогает значительно повысить точность результатов геодезического мониторинга и их достоверность, а также вовремя выявить происходящие негативные процессы и предотвратить их.

Объекты и методы

В настоящей работе для анализа были использованы данные, полученные с сети референционных базовых станций Комитета по градостроительству и архитектуре г. Санкт-Петербурга (сеть РС СПб, <http://ref.kgainfo.spb.ru>).

Первым этапом являлась подготовка данных для дальнейшей обработки и анализа. В качестве исходных использовались часовые RINEX-файлы за 2013-2020 года с 5 станций, расположенных в Василеостровском, Ломоносовском, Фрунзенском, Пушкинском и Кронштадтском районах, которые объединялись в пятисуточные файлы.

Полученные файлы загружались на online-сервер CSRS-PPP (Управление природными ресурсами Правительства Канады. Электронный ресурс:

<https://webapp.geod.nrcan.gc.ca>) для обработки в режиме PPP [1]. В качестве системы отсчета выходных данных были заданы параметры международной системы координат ITRF.

Результаты и обсуждение

На основе полученных конечных абсолютных координат были составлены временные ряды, которые обрабатывались с помощью алгоритма «Гусеница»-SSA. Данный метод используется для анализа и прогноза временных рядов [2;3]. Результатом применения является разложение исходного временного ряда на несколько простых компонент: медленные тренды, сезонные и другие периодические составляющие, а также шум. Данный алгоритм был реализован в ПО MathCad.

Если различные компоненты имели одинаковый или близкий периоды, то они объединялись.

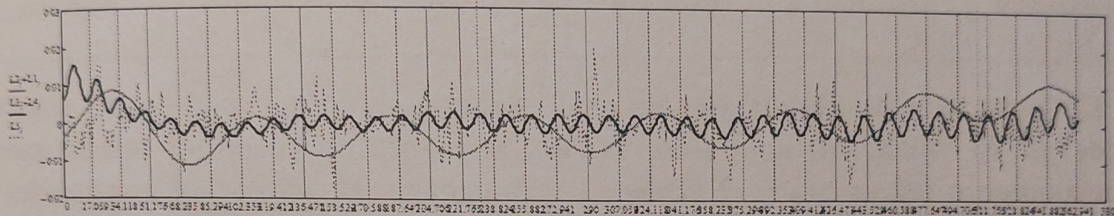


Рис. 1. График компонент ряда, высота, станция SEST.

Представленный на рисунке 1 график отражает пример разложения на компоненты для перемещений станций по высоте. Компоненты L1, L2, L3 и L4 отражают периодические составляющие, компонента L5 – остаточный шум.

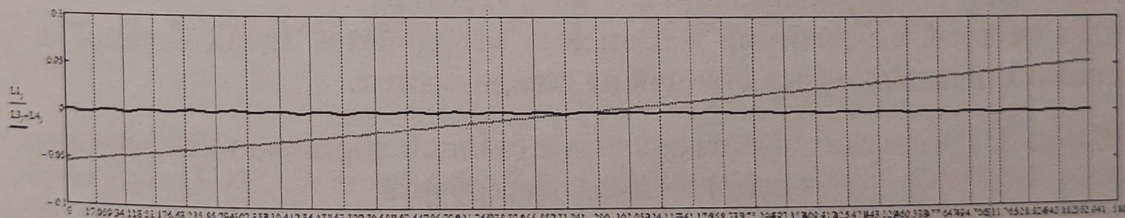


Рис. 2. График компонент ряда координат станции SEST.

График, представленный выше, демонстрирует полученный тренд в движении станций в плане в направлении север-юг. Такие же тренды были получены в направлении запад-восток.

График на рисунке 3 отражает периодические составляющие ряда координат, полученные после исключения тренда и шума.

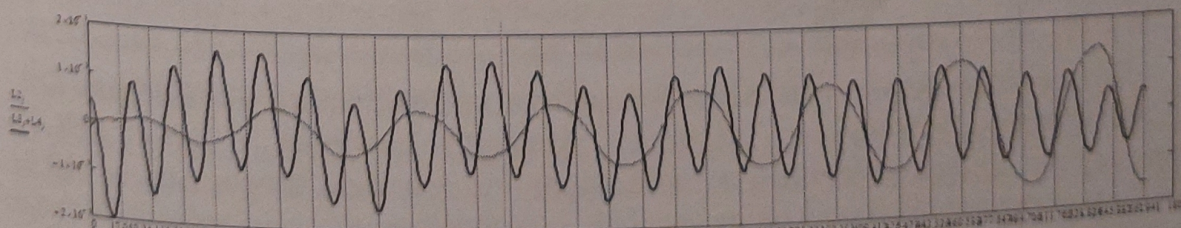


Рис. 3. График периодических составляющих ряда координат станции SEST.

Представленная ниже таблица отражает выявленные периодические составляющие движений станций в плане и по высоте.

Таблица 1. Периодические движения в плане и по высоте станций постоянно действующих сетей г. Санкт-Петербурга

	GORN	KRON	KUP2	LOM2	SEST
Высотная составляющая	12 месяцев, 70 дней	12 месяцев, 70 дней	12 месяцев, 70 дней	12 месяцев, 70 дней	12 месяцев, 70 дней
Плановая составляющая, направление С-Ю	12 месяцев, 3 месяца	12 месяцев, 3 месяца	12 месяцев, 3 месяца	12 месяцев, 3 месяца	12 месяцев, 3 месяца
Плановая составляющая, направление 3-В	24 месяца, 3 месяца	12 месяцев, 3 месяца	12 месяцев, 3 месяца	21 месяц, 3 месяца	21 месяц, 3 месяца

По высоте выделились одинаковые периодики продолжительностью 12 месяцев и 70 дней. В координатах в направлении север-юг выделились составляющие с периодами 12 месяцев и 3 месяца. В плановых движениях в направлении запад-восток периодики различаются по продолжительности, длительность колеблется от 12 до 24 месяцев, единой для всех станций остается составляющая с периодом 3 месяца.

Выявленные амплитуды периодических движений станций составили в среднем по высоте 7-10 мм в длинных периодиках и 3-6 мм в коротких, в плане 1-2,5 мм в длинных периодиках и 1,5-3 мм в коротких.

Кроме того, выявленный в плановых координатах тренд показал явную тенденцию к движению всех станций на северо-восток.

Таблица 2. Трендовые движения в плане станций постоянно действующих сетей г. Санкт-Петербурга

	GORN	KRON	KUP2	LOM2	SEST
Перемещения станций в направлении Ю-С, см.	8,5	10,6	8,7	10,5	10,8
Перемещения станций в направлении 3-В, см.	16,1	15,9	15,5	15,7	15,6

Полученные результаты подтверждаются предыдущими исследованиями на территории Балтийского региона, согласно которым пункты ГНСС двигаются в северо-восточном направлении со средней скоростью от 19,9 мм/год на севере до 23,9 мм/год на юге [4].

Составленная в программном обеспечении QuantumGIS карта (рис. 4) наглядно отображает расположение станций и их перемещения за 8 лет по каждому из направлений.

Выводы

Таким образом, в движении референцных станций были выделены тренд и периодические составляющие. Однако в каждом конкретном случае объяснение движений требует специального дополнительного исследования.

Исследование трендов и периодов, а также их причин очень важно при проведении геодезического мониторинга. Они позволяют выявить движения, вызванные естественными процессами.

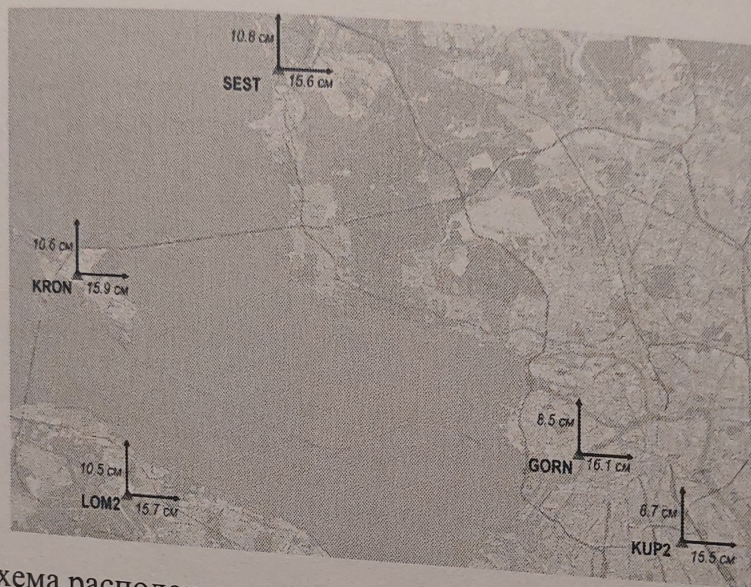


Рис. 4. Схема расположения исследуемых станций и их перемещения.

В дальнейшем планируется работа по интерпретации полученных периодик и обработка данных с использованием других программных продуктов.

Литература

- [1] Антонович К.М., Липатников Л.А. Совершенствование методики точного дифференциального позиционирования по результатам ГНСС-измерений (Precise Point Positioning) // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 44 – 47
- [2] Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов: Учеб.пособие. СПб, 2004, 76 с.
- [3] Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница». Под ред. Д.Л. Данилова, А.А Жиглявского. СПб: Пресском, 1997, 307с.
- [4] Спутниковый мониторинг и сейсмическая активность северо-запада России/ Т.В. Гусева, И.С. Крупенникова, А.Н. Мокрова, В.П. Передерин, Н.К. Розенберг // Геофизические исследования. – 2020. - №1. – С. 24-32.

Summary. The relevance of the study of movements of base reference stations is determined by the task of increasing the accuracy and reliability of the results of geodetic monitoring carried out using GNSS technologies. The study provides the results of the position of five permanent GNSS stations for 2013-2020. The main attention is paid to the identification of periodic components in the movements of the stations.