

Использование сетей постоянно действующих референчных станций для геодинимических исследований территорий субъектов Российской Федерации

И. Е. Дорогова¹, Е. И. Колесникова^{1}*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются возможности и преимущества использования сетей постоянно действующих референчных станций для решения задач геодинимики. Обсуждаются проблемы современной геодинимики территории некоторых субъектов Российской Федерации. На примере Республик Татарстан и Башкортостан рассмотрены сети постоянно действующих станций, организуемые на территориях субъектов РФ, также в статье рассмотрены результаты геодинимических исследований с применением результатов измерений на постоянно действующих станциях на территории Северной Осетии. Целью работы является продемонстрировать необходимость и возможность использования для нужд геодинимики территорий субъектов государства результатов ГНСС-наблюдений на постоянно действующих референчных станциях. Приведен пример проведения исследований изменения положения пунктов во времени и деформационных процессов территории на основе ГНСС-наблюдений, выполненных на постоянно действующих референчных станциях в течение продолжительного периода.

Ключевые слова: ГНСС-наблюдения, геодинимика, базовая постоянно действующая станция, деформации земной коры, сеть референчных станций, движения земной коры

Use of networks of permanent-acting reference stations for geodynamic studies of the territories of the subjects of the Russian Federation

I. E. Dorogova¹, E. I. Kolesnikova^{1}*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Abstract. The article considers the possibilities and advantages of using networks of permanent-acting reference stations for solving problems of geodynamics. The problems of current geodynamics of the territory of some subjects of the Russian Federation are discussed. On the samples of the Republics of Tatarstan and Bashkortostan, the networks of permanent-acting stations organized in the territories of the subjects at the Russian Federation are considered, and the article also considers the results of geodynamic researches using the results of measurements at permanent-acting stations in the territory of North Ossetia. The purpose of the work is to demonstrate the necessity and possibility of using for the needs of geodynamics of the territories of the subjects of the country the results of GNSS-observations on permanent-acting reference stations. An example of research into the change in the position of points in time and the deformation processes of the territory based on GNSS-observations made at permanent-acting reference stations over a long period is given.

Keywords: GNSS-observations, geodynamics, permanent-acting base station, deformations of the Earth's crust, network of reference stations, displacements of the Earth's crust

Введение

В настоящее время применение референционных станций для решения различных геодезических задач является достаточно распространенным явлением, поскольку плотности таких пунктов, как фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС), высокоточная геодезическая сеть (ВГС) и спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1) недостаточно для того, чтобы решать некоторые задачи на локальных территориях. Данный метод получил широкое развитие, и многие субъекты Российской Федерации имеют собственные референционные станции, которые можно использовать, в том числе, для мониторинга геодинамических явлений.

Исследования движений, которые происходят на земной поверхности, по данным геодезических измерений способствуют выявлению активных геологических блоков и структур, идентификации тектонических разломов, что, в свою очередь, позволяет моделировать системы техногенного или природного происхождения, прогнозировать местоположения потенциальных сейсмических событий и принимать меры для сохранения безопасности [1-6]. При этом использование сетей постоянно действующих станций позволяет получать часть геодезической информации, необходимой для проведения геодинамических исследований, в непрерывном мониторинговом режиме, что делает данные более информативными и перспективными с точки зрения интерпретации.

Сети постоянно действующих референционных станций

Федеральный Закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» был дополнен пунктом, позволяющим создавать и регистрировать сети спутниковых базовых референционных станций [7].

Группа одиночных референционных станций функционирующих постоянно организует объединенную сеть пунктов, установка которых осуществляется на специальных конструкциях или крышах зданий. Реализуемая сеть функционирует как дополнение относительно сети пунктов ГГС и решает вопросы координатного обеспечения, актуальные для районов.

Сеть, включающая референционные станции, может покрывать достаточно обширную территорию, соответственно, территория покрытия определяется числом станций. Таким образом, исключается проблема обеспечения надежных результатов, зависящих от степени удаленности относительно станции. Среднее расстояние между станциями составляет 25 км, максимальное расстояние для работы в режиме RTK до 50 км, обычно 25 км, точность измерений примерно 12–13 мм [8].

Влияние ошибок, вызванных удаленностью относительно станции и искажениями в атмосфере компенсируется моделью ошибок и корректирующих поправок, которая формируется на основе данных, предоставляемых рядом референционных станций, учитывая их точное местоположение.

Модель строит поле из дифференциальных поправок, охватывающее на всю зону действия сети, эти поправки по каналам связи поступают на ровер и пользователь располагает точными координатами местоположения, определенными с одинаковой точностью для точек в пределах покрытия сети.

Условием получения поля поправок данные является непрерывность поступления информации со всех базовых станций, включенных в сеть. Создание центра управления позволяет осуществлять контроль за работой и получением данных от станций. Таким образом, вся описанная структура реализована в виде сети из референчных станций, оснащенных возможностью централизованного управления и генерирует поле, содержащее дифференциальные поправки для пользователей.

Обеспечение управления за референчными станциями через единый центр и накопление информации позволяет с помощью программного обеспечения ряду пользователей одновременно получать с назначенным уровнем точности необходимые поправки, обеспечивать доступ с помощью различных каналов связи, накапливать и архивировать информацию для последующей обработки, составляя из этих процессов сервис точного позиционирования [6].

Сеть постоянно действующих станций на территории Республики Татарстан

Актуальность изучения сейсмичности территории республики Татарстан обусловлена тем, что данный регион расположен в зоне повышенной активности Русской платформы. В период с 1985 года на территории республики было зафиксировано свыше 100 землетрясений.

Для современного геодинамического мониторинга Республики Татарстан наблюдения за движениями земной коры республики реализуются посредством спутниковых технологий [9].

Для мониторинга геодинамической активности территории Республики Татарстан может быть использована сеть, состоящая из 25 референчных станций. Развитие сети постоянно действующих станций в регионе предполагается реализовать для обеспечения оперативного решения координатно-временных и навигационных задач пользователей. В перспективе сеть будет представлять высокоточную геодезическую основу, реализуемую для возможности обеспечения сгущения сетей, а также реализации наблюдений, позволяющих изучить деформации земной коры [10].

На данный момент некоторые пункты сети референчных станций Татарстана являются проектируемыми и в дальнейшем должны использоваться в качестве единой комплексной системы, решающей помимо некоторых задач геодинамики, также и вопросы обеспечения прецизионной геодезической съёмки с постобработкой путём использования в режиме реального времени генерируемых дифференциальных поправок [9-10].

Наблюдения за геологическими структурами на территории республики Башкортостан с помощью сетей постоянно действующих референчных станций

Геодинамические процессы наблюдаются на территории Республики Башкортостан повсеместно. Деформации зданий зафиксированы на территории городов Стерлитамак, Мелеуз, Нефтекамск и других населённых пунктов. Данные

о наблюдаемых движениях земной коры на территории республики помогают предвидеть возможности геологических процессов, являющихся опасными и обеспечивать действия по их смягчению или устранению.

Сеть Республики Башкортостан, включающая 24 постоянно действующих станции, на которых реализуются спутниковые наблюдения, начала функционировать в 2014 г. Первоначально задачи системы состояли в обеспечении транспорта, данные со станций представляются в единой государственной системе ГСК-2011. Для обеспечения более широкого круга задач пользователей, в частности, удобства применения данных при реализации кадастровых работ, координаты станций, относящихся к сети субъекта также были переведены из ГСК-2011 также в систему координат республики МСК-02 [11].

Сеть покрывает 77% территории при этом станции удалены относительно друг друга в среднем на 70-80 км. Правительством субъекта также рассматривается возможность дополнительной установки 5 станций за счет бюджета Башкортостана, которые покрыли бы юго-восток республики и обеспечили более полный охват территории. Также для мониторинга скорости вертикальных движений земной коры в республике Башкортостан поддерживается высокоточная нивелирная сеть.

Для построения модели полей деформаций, выявления положения активных разломов и оценки горизонтальных скоростей движения станций на территории республики Башкортостан используются результаты ГНСС-наблюдений, результаты измерений и полученные по ним горизонтальные деформации земной коры республики представлены в статье [11].

Результаты геодинимических исследований на территории Северной Осетии

На территории Большого Кавказа в 2010 году заложена спутниковая геодезическая сеть, покрывающая Осетинскую часть Кавказа постоянно действующими станциями и рядом пунктов, которые обеспечивают непрерывные и периодические наблюдения за земной поверхностью для детального изучения современно геодинимики данного региона. На сегодняшний день в Осетинскую региональную сеть ГНСС входят: 59 периодически определяемых пунктов (28 из них относятся к Осетинскому профилю и 31 пункт, относящийся к зоне Владикавказского разлома) и 7 постоянно действующих референчных станций [12- 13].

В работах [12-13] выполнены оценки скорости деформаций и их пространственного распределения в Северной Осетии по результатам многолетних исследований и наблюдений на пунктах сети. Скорости смещения пунктов определены как в глобальной системе ITRF2014, в которой Евразийский континент является подвижным, так и в системе, связанной с условно неподвижной Евразией – ITRF2014-EURA.

Результаты мониторинга показали, что в целом регион Осетии находится в условиях тектонического сжатия, в первую очередь это влияет на некоторые структуры региона. Главный Кавказский хребет испытывает одновременно сжатие в субмеридиональном направлении и растяжение, которое характеризуется

субширотной направленностью, это вызывает дилатантное расширение ощущаемое в его восточной части.

При этом северная часть региона в отношении деформаций отличается от южной. Северный склон зоны Главного Кавказского хребта и предгорный прогиб, включающий Владикавказскую разломную зону, находятся в условиях сжатия с умеренной интенсивностью. В то же время анализ распределения эпицентров землетрясений показал, что в настоящее время восток и в центр Владикавказского разлома асейсмичны. Все вышенаписанное свидетельствует о потенциальной высокой сейсмичности Владикавказской разломной зоны [12-13].

Выводы

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что в настоящее время применение референционных станций является достаточно актуальным для исследования геодинамических процессов на территориях субъектов Российской Федерации. Сети референционных базовых станций постоянно развиваются и большинство субъектов РФ на сегодняшний день покрыты пунктами референционных сетей, которые широко используются в работе.

Сеть референционных станций Северной Осетии является хорошим примером, демонстрирующим возможности применения референционных станций для геодинамических исследований регионов и субъектов РФ. Система геодинамического мониторинга Северной Осетии включает сеть референционных станций в качестве первого уровня и детализирована геодинамическими полигонами периодически наблюдаемых пунктов, организованных на отдельных разломах.

Таким образом, наиболее рациональным способом проведения геодинамических исследований на территории субъектов РФ, на наш взгляд, является организация многоуровневой системы мониторинга, первым уровнем которой является сеть референционных станций субъекта, вторым уровнем – геодинамические полигоны, организованные на отдельных геологических структурах, требующих более детального изучения движений и деформаций земной коры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Дорогова И. Е. Применение методов кластерного анализа для исследования блоковой структуры земной коры / И. Е. Дорогова // Интерэкспо Гео-Сибирь 2013. – Т. 1. – № 1. – С. 180-185.

2 Дорогова И. Е. Изучение горизонтальных движений земной коры вращательного характера по данным геодезических наблюдений / И. Е. Дорогова // Геодезия и картография. – 2013. – № 4. – С. 37-40.

3 Дорогова И. Е. Выявление блоковой структуры области земной коры, испытывающей горизонтальные движения вращательного характера / И. Е. Дорогова // Геодезия и картография. – 2013. – № 5. – С. 36-39.

4 Дорогова И. Е. Влияние выбора исходных пунктов на результаты уравнивания повторных геодезических измерений / И. Е. Дорогова // Интерэкспо Гео-Сибирь 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 209-213.

5 Дорогова И. Е. Интерпретация наблюдений за движениями земной коры на техногенном полигоне / И. Е. Дорогова // Гео-Сибирь 2011. – Т. 1. – № 1. – С. 191-195.

6 Панжин А. А. Применение исходных данных постоянно действующих станций для геодинамического районирования / А. А. Панжин, Н. А. Панжина // «Известия вузов. Горный журнал». – 2021 – № 1. – С. 54-62. – DOI: 10.21440/0536-1028-2021-1-54-62.

7 Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» : Федер. закон от 30 дек. 2015 №431-ФЗ (ред. от 30.12.2021) – Текст : электронный // URL: <https://base.garant.ru/71295988/> (Дата обращения : 24.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.

8 Евстафьев О. Тенденции развития спутниковых систем точного позиционирования на основе сетей постоянно–действующих референчных станций в России. – Текст : электронный // URL: <http://www.gisa.ru/file/file2515.pdf/> (Дата обращения : 24.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.

9 Опыт и проблемы использования референчных ГНСС станций республики Татарстан и Поволжского региона. – Текст : электронный // URL: <https://con-fig.com/wp-content/uploads/2018/11/zagretdinov.pdf/> (дата обращения : 26.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.

10 Кашеев Р.А. Проект сети постоянно действующих ГНСС-станций для обеспечения высокоточного координатно–временного поля на территории республики Татарстан. – Текст : электронный / Р. А. Кашеев, Р. В. Загретдинов, Р. В. Комаров // URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_13036548_69816110.pdf (Дата обращения : 26.10.2022). – Режим доступа : после регистрации.

11 Кутушев, Ш.Б. Создание карты горизонтальных деформаций земной коры республики Башкортостан по результатам обработки спутниковых измерений. [Текст]: / Кутушев Ш.Б. // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – №6. – С. 24-26

12 Миронов А. П. Деформации земной коры в Осетинском регионе Большого Кавказа по данным ГНСС-измерений / А. П. Миронов, В. К. Милюков, Г. М. Стеблов [и др.] // Геофизические процессы и биосфера. – 2021. – № 4. – С. 122–137. – Текст : непосредственный.

13 Дробышев В.Н. Результаты исследования геодинамики осетинской части Центрального Кавказа на основе данных спутниковой геодезии и региональной сейсмичности. – Текст : электронный / В. Н. Дробышев, Х. М. Хубаев, Х. З. Торчинов // URL: <http://www.rezultaty-issledovaniya-geodinamiki-osetinskoy-chasti-tsentralnogo-kavkaza-na-osnove-dannyh-sputnikovoy-geodezii-i-regionalnoy-seysmichnosti.pdf> (Дата обращения : 25.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.

© И. Е. Дорогова, Е. И. Колесникова, 2023