

ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

УДК 528

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АКТИВНЫХ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В РОССИИ И ИХ ИНТЕГРАЦИИ В ITRF

Владимир Степанович Вдовин

АО «Российские космические системы», 111250, Россия, г. Москва ул. Авиамоторная, 53, начальник сектора, e-mail: vdo-vladimir@yandex.ru

Вячеслав Владимирович Дворкин

АО «Российские космические системы», 111250, Россия, г. Москва ул. Авиамоторная, 53, доктор технических наук, главный конструктор направления, e-mail: dvorkin@ Rambler.ru

Александр Петрович Карник

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, профессор, доктор технических наук, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

Леонид Алексеевич Липатников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, ведущий инженер, руководитель ЦКП «ГНСС-технологии», тел. (923)227-89-57, e-mail: lipatnikov_l@mail.ru

Сергей Дмитриевич Сорокин

НПК «Индустриальные геодезические системы», 644007, Россия, г. Омск, ул. Чапаева, 111, директор, тел. (3812)904-628, e-mail: sorokin@geosystems.aero

Григорий Михайлович Стеблов

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, 123242, Россия, г. Москва, Большая Грузинская улица, д. 10, стр. 1, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, тел. (499)766-26-56, e-mail: steblov@ifz.ru

Рассмотрены проблемы и перспективы интеграции базовых станций глобальных навигационных спутниковых систем на территории России в рамках единой координатной основы для повышения эффективности высокоточного координатно-временного обеспечения. Намечены масштабные задачи (гармонизация законодательства, дополнение и уточнение нормативно-технической документации, разработка программного обеспечения и создание эффективных онлайн-служб спутникового позиционирования и преобразования координат), решение которых необходимо для достижения указанной цели. Предложены первоочередные шаги. Во-первых, операторам спутниковых геодезических сетей предлагается устранить выявленные коллизии идентификаторов базовых станций (список приведен в статье). Во-

вторых, предлагается сформировать и вести на добровольной основе единый общедоступный реестр базовых станций и электронные журналы, отражающие состояние станций. В-третьих, предлагается создать на базе одной из профильных научных или образовательных организаций ФТР-архив для хранения и предоставления открытого доступа к данным спутниковых измерений и электронным журналам станций, в который операторы сетей могли бы добровольно передавать данные по истечении некоторого срока с момента измерений. Предполагается, что реализация этих первоочередных шагов позволит создать условия для дальнейшего значительного повышения эффективности высокоточного координатно-временного обеспечения в стране.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, координатная основа, геодезическая сеть, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), базовые станции (БС).

Введение

Прогресс в развитии высокоточного координатно-временного обеспечения (ВКВО) в последние десятилетия во многом связан с использованием глобальных навигационных спутниковых систем. Применение методов космической геодезии позволило создавать так называемые спутниковые геодезические сети, что стало важным шагом в направлении повышения точности координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО). Спутниковые (пространственные) геодезические сети принято выделять в противовес классическим (плановым, высотным, планово-высотным). Классические сети создавались методами астрономических определений, полигонометрии, триангуляции, трилатерации, геометрического и тригонометрического нивелирования. Спутниковые – методами космической геодезии, в частности, с помощью таких ГНСС, как GPS и ГЛОНАСС. Современные государственные геодезические сети трех уровней (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть – ФАГС, высокоточная геодезическая сеть – ВГС, спутниковая геодезическая сеть первого класса – СГС-1) являются пространственными (спутниковыми) сетями.

Наиболее важное отличие спутниковых геодезических сетей от классических заключается не только в способе их создания, но и в их точности и однородности. Спутниковая сеть – однородное построение в трехмерном пространстве, а классическая планово-высотная сеть – это совмещение двух разнородных геодезических построений разной точности – двумерного планового и одномерного высотного [1]. Для пунктов классических сетей плановое положение определено относительно референц-эллипсоида, а высотное – относительно квазигеоида (аппроксимации уровенной поверхности поля силы тяжести Земли, проходящей через условное начало счета высот – «нуль» Балтийского футштока). Координаты пунктов спутниковой сети определяются непосредственно в земной геоцентрической системе отсчета. Поэтому классические и спутниковые геодезические сети имеют качественное различие, не связанное с тем, установлено ли на их пунктах какое-либо оборудование.

В то же время, принято разделять активные и пассивные наземные сети. В пассивных геодезических сетях пункты выступают лишь в роли физических

носителей координат, а пункты активных сетей оснащаются автоматическим измерительным оборудованием [2, 3]. Активные сети имеют широкий спектр назначений, одним из которых является реализация исходной координатной основы при выполнении геодезических работ. Типичный пример активных сетей широкого применения – сети постоянно действующих базовых станций ГНСС.

В настоящее время в России существует более тысячи постоянно действующих БС, принадлежащих к различным активным сетям. Значительная часть из них была создана в течение последних 20 лет в условиях недостаточно качественного нормативно-технического и правового регулирования со стороны государства. Сейчас вся совокупность сетей БС представляет собой подобие лоскутного одеяла, различные фрагменты которого создавались в разное время различными государственными и частными организациями в соответствии с их собственными представлениями о том, как это лучше делать. Качество функционирования большинства БС зависит только от их собственников, что неприемлемо для выстраивания на базе БС спутниковых геодезических сетей. В последнее время наметилась тенденция к объединению этих станций в рамках таких систем, как NIVE [4]. Пока объединение идет в большей мере на уровне обмена данными, однако это является лишь первым этапом. Дальнейшее развитие единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения России связано с интеграцией БС в единую *геодезическую сеть* и ее уравниванием. Последнее крайне важно, так как именно в результате уравнивания геодезическая сеть становится полноценной целостной системой. Под уравниванием в геодезии понимается согласование на основе статистических методов всей доступной априорной информации и результатов геодезических измерений, относящихся к геодезической сети, результатом чего является каталог координат и скоростей пунктов и оценка их точности.

Идеальным вариантом достижения наивысшей точности сети была бы поэтапная интеграция определенной части российских БС в Международную земную отсчетную основу International Terrestrial Reference Frame (ITRF). Однако это сопряжено с рядом сложностей правового, технического и организационного характера, рассмотренных в данной статье. Преодолеть эти сложности, на наш взгляд, возможно лишь совместными усилиями государственных органов власти, научного и профессионального сообщества, в том числе самих операторов сетей БС.

Базовые станции России и ITRF: современное состояние

На основе информации о различных сетях БС ГНСС, расположенных на территории России, включая станции ФАГС, Международной ГНСС-службы [5], Системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) [6], NIVE [4], Союза операторов сетей высокоточного спутникового позиционирования (ОСВСП) [7], PrinNet [8], SmartNet Russia [9], EFT [10], ООО «Геостройизыскания» [11], сетей базовых станций Красноярского края [12], Новосибирской об-

ласти [13], республик Бурятия [14], Чувашия [8], Коми [8] была построена карта расположения БС, представленная на рис. 1. Всего проанализировано 1 514 записей о БС. Предварительно выявлено 1 035 уникальных станций, действующих на начало апреля 2017 г.



Рис. 1. Расположение постоянно действующих базовых станций

Одной из проблем сегодня является то, что координаты БС на территории России определены в разных координатных системах отсчета, с разной точностью, на разные (зачастую не известные) эпохи. Согласно определению в ст. 3 Федерального закона № 431-ФЗ [15], «геодезическая сеть – совокупность геодезических пунктов, используемых в целях установления и (или) распространения предусмотренных настоящим Федеральным законом систем координат». По сути, существующая совокупность постоянно действующих БС ГНСС геодезической сетью не является, так как она никогда не уравнивалась в единой системе координат. Создание на основе БС высокоточной координатной основы является на сегодняшний день одной из наиболее важных задач, связанных с развитием КВНО в Российской Федерации.

Координатная основа (реализация системы координат) – более широкое понятие по отношению к геодезической сети. Это понятие включает систему координат (ее декларативное описание), совокупность физических носителей координат (геодезических пунктов) и модель движения пунктов (в виде каталога координат и скоростей) [1]. Самой передовой реализацией общеземной системы координат ITRS в настоящее время является координатная основа ITRF2014 [16].

С января 2017 г. Международная ГНСС-служба IGS также использует собственную версию координатной основы – IGS14 [17]. На практике IGS14 и ITRF2014 можно считать эквивалентными. Геодезическая сеть Международной службы вращения Земли и систем отсчета (МСВЗ), формирующая ITRF, объединяет сети Международной службы лазерной локации (ILR), Международной службы радиointерферометрии со сверхдлинной базой (IVS), Доплеровской орбитографической радиопозиционной интегрированной спутниковой системы (DORIS) и Международной ГНСС-службы (IGS). Интеграция БС, оборудованных спутниковыми приемниками, в координатную основу ITRF происходит через включение станции в сеть Международной ГНСС-службы.

Очевидная выгода от интеграции сетей БС заключается в возможности работать в единой высокоточной реализации системы координат на всей территории страны, не заботясь о том, от какой БС получены данные. Кроме того, такая единая геодезическая сеть должна стать источником информации о движении блоков земной коры, что необходимо для обеспечения высокой точности взаимосвязи между кинематическими отсчетными основами (ITRF, ПЗ-90.11, WGS84, ГСК-2011), в которых точки земной поверхности движутся, и статическими (СК-42, СК-95), в которых земная поверхность считается неподвижной. К статическим можно отнести также реализации местных систем координат, необходимых для ведения кадастра, генеральных планов городов и т. д. Обеспечение высокой точности преобразования между кинематическими и статическими реализациями систем координат на всей территории России является важным условием практического внедрения передового метода высокоточного автономного местоопределения (ВАМО, англ. – Precise Point Positioning, PPP).

Интеграция максимального количества БС на территории России в сеть ITRF выгодна по следующим причинам. Во-первых, это дало бы профессиональному сообществу более широкий доступ к наиболее точной наземной координатной основе для выполнения геодезических работ. Во-вторых, это упростило бы процесс и повысило точность установления связи будущих государственных отсчетных основ России с ITRF. В-третьих, большее количество станций ITRF означало бы увеличение объема и пространственного разрешения данных, собранных на территории страны, используемых международным научным сообществом для уточнения геофизических моделей и других информационных продуктов, которые могут применяться в интересах российских пользователей. В частности, это способствовало бы повышению точности моделирования состояния ионосферы, тропосферы и движения блоков земной коры для территории России.

Технические возможности интеграции российских базовых станций в ITRF

Требования, предъявляемые к станциям IGS, непрерывно повышаются. Несмотря на то, что количество БС в России за последние годы многократно возросло, наш вклад в ITRF постепенно уменьшается. Если в составе коорди-

натной основы IGS08 российских станций было 12, в новейшей координатной основе IGS14 – всего 8. Некоторые ранее включенные в сеть пункты современным требованиям уже не соответствуют. Например, один из пунктов, не вошедших в IGS14, – NVSK (Ключи, Новосибирск) – показан на рис. 2. В 2016 г. на нем была обновлена аппаратура, однако при современных требованиях к установке антенн он не смог бы войти в сеть IGS.



Рис. 2. Антенна станции IGS NSKV

С одной стороны, соответствие российских станций требованиям, предъявляемым IGS [18], позволило бы ожидать от них наивысшего качества и точности результатов измерений, а также стабильности положения пунктов. С другой стороны, современный список требований является избыточным и подавляющее число российских БС ему не соответствует. Например, в требованиях IGS [18] указано, что оператором станции должна быть геодезическая служба, космическое агентство, научно-исследовательский институт или подобная организация, действующая в общественных интересах. В России операторами значительной части БС являются коммерческие структуры. Кроме того, установка антенн на сооружениях и крышах зданий, согласно действующим требованиям, допускается лишь в исключительных случаях, которые должны оговариваться предварительно с центральным бюро IGS. В России подавляющее число БС установлено на зданиях, так как зачастую только так возможно обеспечить их сохранность. Эти обстоятельства делают нереалистичным интеграцию большей части российских БС в сеть IGS/ITRF в обозримом будущем. В то же время, интеграция в ITRF и соответствие по уровню точности должны быть ориентирами в развитии отечественной координатной основы.

Проблема оценки качества базовых станций

Согласно ст. 9 Федерального закона № 431-ФЗ [15], задача разработки требований к специальным геодезическим сетям гражданского назначения, включая сети дифференциальных геодезических станций (ДГС), возложена на орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии и картографии, т. е. на Минэкономразвития. Насколько нам известно, такие требования в настоящее время еще не разработаны. Эти требования должны быть обязательными, и поэтому минимально необходимыми. Очевидно, что они не могут быть слишком жесткими и основываться на требованиях IGS, предъявляемых к новым станциям, так как в этом случае большая часть базовых станций в России была бы признана непригодной для использования. В качестве основы для обязательных требований, подойдет, скорее, инструкция Геодезической службы США (NGS) по созданию постоянно действующих базовых станций ГНСС (Continuously Operating Reference Stations – CORS) [19].

Вот некоторые основные требования, предъявляемые к БС этим документом:

- оборудование на станции способно выполнять измерения как минимум на двух частотах (L1 и L2);
- над горизонтом станции наблюдается не менее 10 спутников;
- приемник обеспечивает измерение псевдодальностей по C/A или P-коду на частоте L1;
- кодовые обозначения моделей приемника, антенны и ее защитного кожуха должны присутствовать в списках разрешенного оборудования;
- пункт должен быть оборудован устройством принудительного центрирования и ориентирования антенны;
- антенна должна быть ориентирована на истинный север;
- оператором станции должны быть предоставлены данные об оборудовании, включая строго регламентированный набор фотографий и журнал станции по образцу, принятому IGS с указанием всех изменений за время эксплуатации;
- файлы данных измерений находятся в свободном доступе;
- интервал измерений не более 30 с;
- станция подключена к сети Интернет;
- оператор берет на себя обслуживание станции и соглашается применять значения координат станции, определенные национальной геодезической службой.

В российских условиях понадобится введение дополнительных требований, в частности, требований о необходимости обеспечения приема сигналов ГЛОНАСС, в том числе при отсутствии сигналов GPS.

При этом следует учитывать, что обязательные требования будут устаревать, а значит, при создании новых станций операторам следует ориентироваться, скорее, не на обязательные (минимальные) требования, а на рекомендации, обеспечивающие повышенное качество. За основу таких рекомендаций может быть принято руководство, разработанное IGS [18]. Дальнейшее совер-

шенствование требований и рекомендаций должно выполняться научным и профессиональным сообществом в кооперации с ответственными органами государственной власти. Только таким образом можно обеспечить высокий технический уровень решений и их согласованность с другими нормативными документами.

Идентификация базовых станций

Для объединения БС в единую сеть, будь то сеть IGS или сеть национального масштаба, каждую из станций необходимо однозначно идентифицировать. В настоящее время применяются следующие виды идентификаторов (пример в скобках):

- четырехзначный код станции (ARTU);
- код центра пункта ITRF – DOME № (12362M001);
- «длинное» название станции IGS (ARTU00RUS);
- произвольное имя станции, чаще – название населенного пункта (Arti).

Для включения в сеть IGS требуется наличие четырехзначного кода и кода DOME. Получить номер DOME можно, подав заявку на сайте [20]. При выборе идентификатора пункта инструкция IGS рекомендует сверяться со списком существующих идентификаторов, но он охватывает только сеть IGS.

Российские операторы, как правило, применяют четырехзначные коды и названия станций в произвольной форме, при этом чаще всего в качестве названия станции берется название населенного пункта. Проблема заключается в том, что эти коды зачастую не уникальны: в ходе анализа выборки станций было выявлено 118 коллизий, т. е. разным станциям соответствовал один и тот же идентификатор, в том числе обнаружено одно пересечение со станцией IGS. Список коллизий приведен в таблице. Кроме того, выявлено 196 случаев, когда одни и те же станции имели разные обозначения в разных сетях.

Создание единой системы идентификации станций является первым необходимым шагом к объединению их в единую сеть. Отрегулировать это должно Минэкономразвития, в соответствии со ст. 9 Федерального закона № 431-ФЗ [15]. Однако, сколько времени на это уйдет, и насколько предложенные решения удовлетворят участников рынка, не ясно. Поэтому операторам сетей БС целесообразно договориться самостоятельно и переименовать часть станций, а также, при поддержке научного сектора, создать и регулярно обновлять общедоступный реестр ДГС, с которым каждый мог бы свериться при назначении идентификатора собственной станции.

Накопление данных

Большая часть сетей БС в России предлагает пользователям данные измерений за небольшой период времени, например, 3 месяца, полгода, год. Более продолжительное хранение данных на своих серверах с точки зрения оператора

может быть экономически не целесообразным. В то же время, для цели развития высокоточной координатной основы на территории России исторические данные крайне ценны. Они могут быть использованы для решения различных научных задач, в том числе для создания моделей движения блоков земной коры.

Для решения проблемы предлагается создать центр хранения данных ГНСС-измерений по образцу центров IGS на базе профильного высшего учебного заведения или научно-исследовательского института, в роли которого мог бы выступить СГУГиТ. Операторы сетей БС по истечении некоторого оговоренного срока с эпохи измерений передавали бы данные ГНСС-измерений в этот центр для хранения на безвозмездной основе, а центр, в свою очередь, на безвозмездной основе обеспечивал бы всеобщий свободный доступ к данным. Создание такого банка данных позволило бы активизировать разработку геодинамических моделей на территорию России. Опыт ведения такого банка в России уже есть (сервис NIVE).

Также важно вести постоянный учет всех изменений, связанных с функционированием ДГС, так как это является залогом безошибочной интерпретации результатов обработки данных измерений. Образцом в этом смысле является организация учета событий на станциях IGS и CORS. Каждое событие, связанное с заменой оборудования, изменением настроек, положения или отключением станции, заносится в электронный журнал. Форма этого журнала едина для IGS и Геодезической службы США (NGS) и содержит исчерпывающую информацию о состоянии станции на протяжении всего периода ее функционирования. Ту же модель данных целесообразно принять для ведения журналов российских станций и сделать эту процедуру обязательной, а журналы – общедоступными для всех открытых БС.

Накопление данных измерений и информации об оборудовании станций позволит на основе статистики оценивать качество данных и принимать решение о том, достаточно ли надежна та или иная станция для использования ее в решении наиболее ответственных задач, таких, как уточнение геодинамических моделей или оценивание параметров движения космических аппаратов. Также предоставление открытого доступа к единому архиву данных ГНСС-измерений будет способствовать созданию отечественных онлайн-служб постобработки данных ГНСС-измерений, аналогичных OPUS [21], AUSPOS [22], SAPOS [23] и др.

Проблемы правового характера

С 1 января 2017 г. вступил в действие Федеральный закон № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [15], при внимательном изучении которого просматриваются следующие проблемы.

1. Не ясно, подпадают ли под понятие сетей дифференциальных геодезических станций (СДГС) высокоточная геодезическая сеть (ВГС) и спутниковая

геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1), установленные Основными положениями о государственной геодезической сети Российской Федерации (ГКИНП (ГНТА)-01-006-03) [24] и Руководством пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95) (ГКИНП (ГНТА)-06-278-04) [25]. Проблема состоит в том, что в условиях, когда на пунктах ВГС и СГС-1 ДГС постоянно не установлены, но исполнитель геодезических работ может установить на пункт ВГС или СГС-1 собственную спутниковую геодезическую аппаратуру (СГА), не уточнено, соответствует ли СГА требованиям, предъявляемым к ДГС, или нет.

2. Инструментальной основой СДГС являются собственно ДГС. Согласно ст. 3. «Основные понятия» Федерального закона № 431-ФЗ [15], дифференциальная геодезическая станция – электронное устройство, размещенное на точке земной поверхности с определенными координатами, выполняющее прием и обработку сигналов спутниковых навигационных систем и обеспечивающее передачу информации, необходимой для повышения точности определения координат в результате выполнения геодезических работ с использованием спутниковых навигационных систем. Проблема состоит в том, что не ясно, какие электронные устройства, размещенные на точке земной поверхности с определенными координатами, выполняющие прием и обработку сигналов ГНСС и обеспечивающие передачу информации, необходимой для повышения точности определения координат в результате выполнения геодезических работ с использованием ГНСС, считать ДГС. Формально под данное определение подпадают только специальные электронные устройства, вырабатывающие и передающие дифференциальную информацию, необходимую для повышения точности определения координат в результате выполнения геодезических работ с использованием ГНСС. В настоящее время этой категории соответствуют только устройства, установленные на пунктах ФАГС (которая в Федеральном законе № 431-ФЗ отдельно не упоминается, являясь частью государственной геодезической сети). Согласно ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 и ГКИНП (ГНТА)-06-278-04, пункты ФАГС должны быть постоянно действующими, а часть пунктов ФАГС интегрируется в мировую спутниковую сеть в рамках международных программ. Нормативного регулятора по отнесению к ДГС иных электронных устройств, не стоящих на пунктах ФАГС, но вырабатывающих информацию, необходимую для повышения точности определения координат в результате выполнения работ, в том числе геодезических, с использованием ГНСС пока нет. В то же время, как отмечено выше, в Российской Федерации за последние 10-15 лет установлены и функционируют не менее 1000 БС ГНСС (называемых также референсными станциями (РС)), работающих в региональных и коммерческих системах высокоточного спутникового позиционирования (СВТП), и несколько сотен контрольно-корректирующих станций (ККС), работающих в дифференциальных подсистемах (ДПС) ГНСС, а именно – в широкозонной ДПС (ШДПС) – Системе дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) Роскосмоса; в отраслевых ДПС Минтранса России (морская ДПС, авиационные

локальные ДПС (ЛДПС), речные ДПС, автомобильные ДПС, железнодорожные ДПС) и некоторых других.

3. ДГС как электронные устройства, принимающие сигналы ГНСС, подпадают под действие Федерального закона № 22-ФЗ «О навигационной деятельности». Согласно данному закону координаты всех БС (КС) и ККС являются открытыми (т. е. без ограничения точности определения их координат), за исключением тех БС (КС) и ККС, которые установлены на территориях и объектах, для которых законодательством Российской Федерации установлен особый режим безопасного функционирования. *Проблемой* является то, что ст. 8 данного закона не детализирована в отношении ДГС.

Что касается территорий и объектов, для которых законодательством Российской Федерации установлен особый режим безопасного функционирования, и перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, то такие территории и объекты установлены в Перечне закрытых административно-территориальных образований и расположенных на их территориях населенных пунктов, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 5 июля 2001 г. № 508 с Изменениями, которые вносятся в перечень закрытых административно-территориальных образований и расположенных на их территориях населенных пунктов, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 16 апреля 2015 г. № 363.

Проблемным является также вопрос, является ли информация ДГС, необходимая для повышения точности определения координат в результате выполнения геодезических работ с использованием ГНСС, навигационной информацией, как она определена в Федеральном законе № 22-ФЗ. Эта проблема касается, в первую очередь, стандартизации, в том числе и на международном уровне, форматов и интерфейсных протоколов информации ДГС и навигационной информации ГНСС, таких, как RINEX, RTCM-104 и некоторых других.

4. Согласно «Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года» (далее – Концепция), утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 2378-р, для организации высокоэффективной системы геодезического обеспечения необходимо создать федеральную спутниковую дифференциальную сеть геодезических станций (в определении Федерального закона № 431-ФЗ – ДГС) и сервисов предоставления дифференциальной информации.

Проблемой является то, что ни одна задача Концепции в части создания и развития федеральной спутниковой дифференциальной сети (ФСДС) геодезических станций за прошедшие семь лет не выполнена. Причин невыполнения таких задач несколько, и отсутствие финансирования из средств федерального бюджета – не главная из них. Одна из главных причин в том, что Концепция не учитывала в должной мере правовых норм и технологических реалий развития технологий и систем спутникового позиционирования.

Проблемы технологического характера

1. Согласно «Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года», необходимо обеспечить *создание и развитие высокоточной геоцентрической системы координат Российской Федерации, интегрированной с Международной земной системой отсчета ITRS (International Terrestrial Reference System), для осуществления геодезических и картографических работ, обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.* К настоящему времени в Российской Федерации Постановлением Правительства [26] введены следующие системы координат (и соответствующие отсчетные основы): ГСК-2011 – для использования при осуществлении геодезических и картографических работ и ПЗ-90.11 – для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов, решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны. Несмотря на то, что в обеих системах координат пункты геодезических сетей имеют ненулевые вековые скорости [27, 28], их учет в настоящее время регламентирован только для ПЗ-90.11 [27, с. 36–37]. Потребитель, выполняющий высокоточные спутниковые геодезические работы, вынужден пересчитывать координаты ITRF с текущей эпохи на опорную эпоху ГСК-2011 (01.01.2011 г.) «на свой страх и риск», потому что в Приказе Росреестра № П/0134 от 23.03.2016 [29], устанавливающем параметры связи ГСК-2011 с другими системами координат, ничего об учете скоростей не сказано. Хуже всего то, что зачастую результаты работ, выполненных на текущую эпоху, затем сразу пересчитываются в другие узаконенные системы координат (СК-42, СК-95, СК-63 и МСК). Это уже привело к нарастающему кому ошибок в отчетных материалах.

2. С введением в действие Приказа Росреестра от 23.03.2016 № П/0134 [29] появилась, по сути, альтернативная стандартная система параметров связи между различными системами координат, не соответствующая ранее принятым и до сих пор действующим документам. Приказом установлены параметры связи ГСК-2011 с другими системами координат, в том числе СК-42, СК-95, ПЗ-90, ПЗ-90.02, ПЗ-90.11, WGS84, ITRF2008. При этом Приказ автоматически устанавливает и параметры перехода между всеми этими системами координат, так как прямой переход, скажем, от ITRF2008 к ГСК-2011, эквивалентен, например, переходу ITRF2008 – ПЗ-90.11 – ГСК-2011. Проблема заключается в том, что введенная Приказом система взаимосвязей противоречит системе, закрепленной другими действующими документами (в том числе документами Росреестра), а именно – Руководством ГКИНП (ГНТА)-06-278-04, ГОСТ 32453–2013 и Справочным документом ПЗ-90.11. Получается, что результаты преобразования будут отличаться в зависимости от того, каким официальным документом пользоваться. При переходе от ITRF2008 к ГСК-2011 по параметрам из Приказа и из Справочного документа ПЗ-90.11 расхождение результатов будет на уровне пары сантиметров; при переходе между

СК-95 и ПЗ-90 – на уровне пары метров (судя по параметрам сдвига). Такая неоднозначность в определении параметров вредна, прежде всего, тем, что ставит под угрозу саму возможность обеспечения высокой точности при использовании ПЗ-90.11 и ГСК-2011.

3. Одна из важнейших концептуальных задач высокоточного координатно-временного обеспечения (ВКВО) не выполнена: к 2014 г., как было запланировано в Концепции, федеральная спутниковая дифференциальная сеть не создана. Но, как отмечалось выше, в Российской Федерации созданы и развиваются региональные и коммерческие СВТП, отраслевые ДПС, и на их основе – сервисы предоставления корректирующей, в том числе дифференциальной, информации ГНСС. *Проблема* состоит в том, что указанные СВТП и ДПС без принятия специальных мер не только нормативного и организационного, но и технологического характера, не могут стать основой для развития спутниковых геодезических сетей в России.

4. Одной из концептуальных задач модернизации и развития существующей государственной координатной основы была разработка программного обеспечения (ПО) для математической обработки результатов наблюдений ГНСС ГЛОНАСС, GPS и GALILEO (китайская ГНСС BeiDou была почему-то в Концепции упущена) в высокоточной геоцентрической системе координат Российской Федерации. *Проблемой* является то, что эта задача к настоящему времени не решена, и, насколько нам известно, в планах Росреестра создание такого ПО не предусмотрено. Поддержание и развитие ГСК-2011 по-прежнему основано на ПО «Bernese», а ПО, применяемое для поддержания и развития ПЗ-90.11, по-прежнему остается тайной за семью печатями. Информации о сервисах высокоточного позиционирования, создаваемых в рамках ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы» (ФЦП ГЛОНАСС-2020), а тем более об их ПО, в открытой печати очень мало. Известно, в частности, что модернизация дополняющих комплексов ГЛОНАСС (системы высокоточного определения эфемерид и временных поправок, дифференциальных коррекций и мониторинга, прикладных потребительских центров) обеспечит повышение точности навигационных определений потребителей до дециметрового и сантиметрового уровня. Однако, как это соотносено с созданием и развитием ФСДС и/или СДГС, – не известно.

5. В отсутствие национальной нормативной и технологической поддержки ВКВО, включая ФСДС, СДГС и СВТП, в России применяются зарубежные онлайн-сервисы высокоточного спутникового позиционирования и системы функциональных дополнений спутникового базирования. К ним относятся такие сервисы, как GDGPS, StarFire, AUSPOS, TerraStar, NovAtel Correct, Leica SmartLink, Trimble RTX и др. В условиях острой и высокотехнологичной конкурентной борьбы указанные сервисы динамично развиваются и предлагают эффективные и регулярно обновляющиеся решения. *Проблема* в том, что государство не участвует в регулировании таких сервисов, не оценива-

ет существующие и потенциальные риски и угрозы, связанные с их бесконтрольным применением.

6. Теория, методы и технологии спутникового позиционирования за рубежом развиваются не только отдельными государствами, но и на международном уровне под эгидой таких организаций, как Международная ассоциация геодезии (МАГ, англ. – International Association of Geodesy, IAG), Международный комитет по ГНСС (МКГ, англ. – *International Committee on GNSS (ICG)*), Международная электротехническая комиссия (МЭК, англ. – International Electrotechnical Commission, IEC). Проблема заключается в том, что Российская Федерация в части спутниковой геодезии и спутникового позиционирования слабо участвует в работе этих организаций, а вырабатываемые ими документы в большинстве случаев на русский язык не переводятся.

На основе анализа существующих проблем можно сделать следующие выводы об основных направлениях необходимой работы.

1. Развитие спутниковых геодезических сетей в России нуждается в более тщательной, разносторонней и взвешенной нормативной подготовке. Существующая нормативная база развития спутниковых геодезических сетей в России недостаточна, противоречива и отстает от современных реалий. Прежде всего, должны быть гармонизированы федеральные законы (ФЗ) № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и № 22-ФЗ «О навигационной деятельности» не только между собой, но и с иными законодательными актами, имеющими отношение к развитию спутниковых геодезических сетей (например, с ФЗ № 5663-1 «О космической деятельности», ФЗ № 126-ФЗ «О связи»). После гармонизации законодательной базы необходимо разработать и/или переработать подзаконные нормативно-правовые и нормативно-технические документы, регулирующие создание и развитие спутниковых геодезических сетей. Прежде всего, нуждается в переработке «Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года».

2. В рамках разработки и корректировки нормативной базы необходимо:

– детализировать понятия «высокоточное координатно-временное обеспечение», «спутниковая геодезическая сеть», «дифференциальная геодезическая станция», «спутниковая дифференциальная сеть», «сеть дифференциальных геодезических станций», «система спутникового позиционирования», «базовая (референцная) станция», «корректирующая информация», «навигационная информация», «дифференциальная поправка» и некоторые другие;

– разделить функционал спутниковых геодезических сетей, сетей дифференциальных геодезических станций и систем спутникового позиционирования. При этом необходимо иметь в виду, что системы высокоточного спутникового позиционирования уже порядка 10 лет развиваются в России и наработали определенный опыт развития, который необходимо учитывать;

– однозначно определить порядок использования систем координат во всех спутниковых сетях и системах.

3. Должны быть разработаны и реализованы на нормативном, организационном и технологическом уровнях режимы обработки информации в спутниковых геодезических сетях, фактически уже ставшие стандартными на международном уровне. К ним относятся три основные технологии высокоточного определения координат с помощью ГНСС: апостериорная обработка данных относительным методом (Post-Processing – PP), позиционирование в режиме реального времени относительным методом (Real Time Kinematic, RTK), высокоточное автономное местоопределение (Precise Point Positioning, PPP), а также их модификации. Использование этих технологий, как правило, предполагает обмен информацией по протоколу RTCM-104 и в формате RINEX, которые также необходимо официально установить для использования в Российской Федерации в качестве стандартных. При этом у операторов должна быть возможность использования других форматов и протоколов в качестве дополнения к стандартным, но не в качестве замены. Описания используемых стандартов и протоколов должны быть опубликованы на русском языке.

4. Инфраструктурной основой развития спутниковых геодезических сетей должна быть не только ФАГС Росреестра, но и другие высокоточные системы и сервисы федерального значения, такие, как сеть IGS ЕГС РАН, СДКМ Роскосмоса и некоторые другие. При информационном объединении ФАГС и сети IGS ЕГС РАН и CDRM Роскосмоса вопрос интеграции спутниковых геодезических сетей в ITRF из проблемной плоскости переходит в правовую и технологическую. Информационному объединению спутниковых геодезических сетей с ФАГС, сетью IGS ЕГС РАН, СДКМ Роскосмоса могут способствовать облачные технологии спутникового позиционирования, реализованные на базе таких систем, как NIVE. Логичным итогом информационного объединения спутниковых геодезических сетей могла бы стать федеральная служба спутниковых геодезических сетей.

5. Учитывая, что технологической альтернативой спутниковым геодезическим сетям при высокоточном определении координат является технология PPP, следует не усиливать конкуренцию между ними, а идти по пути создания интегрированных технологий, например, таких, как PPP-RTK.

6. Важным технологическим аспектом создания на базе сетей БС спутниковых геодезических сетей является унификация ГНСС-приемников БС и введение единого механизма их калибровки.

7. Учитывая явно просматриваемую особую роль инфраструктуры высокоточного позиционирования Российской Федерации в информационном объединении спутниковых геодезических сетей, логичным является принятие специального законодательного акта в отношении инфраструктуры спутникового, и, в том числе, высокоточного позиционирования Российской Федерации.

Заключение

В сложившихся условиях интеграция отечественных сетей ГНСС представляет собой сложную задачу. Первостепенным приоритетом должно являться объединение базовых станций внутри страны. Наиболее разумной с точки зрения эффективности и осуществимости в обозримые сроки представляется такая форма интеграции российских сетей базовых станций, при которой:

- все базовые станции соответствуют минимальным обязательным требованиям Минэкономразвития, которые целесообразно разработать на основе требований NGS;

- максимальное число станций соответствует более высоким требованиям IGS;

- поощряется интеграция российских станций непосредственно в сеть IGS/ITRF;

- базовые станции на территории России (и, по возможности, сопредельных государств), ориентированные на использование в геодезических целях, виртуально (на уровне обмена данными) объединены в единую геодезическую сеть для ее уравнивания и постоянного мониторинга;

- обеспечивается свободный доступ к архиву данных ГНСС-измерений и журналам станций.

Можно выделить следующие масштабные задачи, без решения которых невозможно дальнейшее развитие высокоточного координатно-временного обеспечения:

- гармонизация законодательства;

- дополнение и уточнение нормативно-технической документации;

- разработка программного обеспечения и создание эффективных онлайн-служб спутникового позиционирования в нашей стране.

Решение этих задач крайне важно. Следует ожидать, что оно потребует времени. Помимо них следует выделить ряд шагов, которые могут быть приняты прямо сейчас и позволят создать некоторый задел для будущей интеграции базовых станций и их эффективного применения в рамках единой высокоточной координатной основы России:

- 1) операторам предлагается устранить выявленные коллизии идентификаторов (таблица);

- 2) предлагается сформировать и вести на добровольной основе единый общедоступный реестр базовых станций и журналы, отражающие состояние станций по образцу IGS;

- 3) предлагается создать на базе одной из профильных научных или образовательных организаций FTP-архив для хранения и предоставления открытого доступа к данным ГНСС-измерений и электронным журналам станций, в который операторы сетей могли бы добровольно передавать данные по истечении некоторого срока с момента измерений.

Коллизии обозначений российских базовых станций

Станция	Сеть 1	Сеть 2	Расстояние между станциями, м	Антенна станции в сети 1	Антенна станции в сети 2
ALEX	EFT	PrinNet	642276.8	EFT A2	Leica
TVER	EFT	HIVE	6510	EFT A2	HXCCSX601A
SIMF	SmartNet	EFT	3802.9	LEIAR10	EFT A2
ASTR	SmartNet	HIVE	343.8	LEIAR10	LEIAS10
RYAZ	SmartNet	HIVE	9887.5	AR20 LEIM	RNG80971.00
KLZN	HIVE	EFT	398.1	RNG80971.00	EFT A2
PETR	Гео-Байкал	EFT	3981600.2	LEICA AR10	EFT A2
UVAR	EFT	HIVE	454.9	EFT A1	RNG80971.00
KARS	SmartNet	EFT	732.8	LEIAR10	EFT A2
SEVE	АБЧНСО	Гео-Байкал	1910521.8	LEIAR10	LEICA GR10
UGTS	HIVE	Геоспайдер	1426012.3	TPSCR.G5	JAV_GRANT-G3T
OREN	HIVE	SmartNet	7937.9	TPSCR.G5	LEIAR10
IRKT	EFT	IGS	5853.3	EFT A1	AOAD/M_T
SAMR	SmartNet	ФАГС	2101.6	LEIAR10	TPSCR3_GGD
KLNC	HIVE	EFT	1246.7	RNG80971.00	EFT A1
STER	SmartNet	HIVE	46291.1	AR20 LEIM	HXCCSX601A
NNOV	EFT	ФАГС	50.1	EFT A1	JAV RINGANT G3T
NLMV	HIVE	EFT	1320.4	RNG80971.00	EFT A1
KRSK	EFT	HIVE	3899.3	EFT A1	RNG80971.00
YARS	HIVE	EFT	539.7	RNG80971.00	EFT A1
ALEK	EFT	SmartNet	962256.6	EFT A2	LEIAR10
TMBV	HIVE	EFT	4694.6	RNG80971.00	EFT A1
DERB	EFT	SmartNet	9158.4	EFT A2	LEIAR10
OREN	EFT	SmartNet	11035.5	EFT A1	LEIAR10
RYBN	HIVE	SmartNet	748032.5	RNG80971.00	LEIAR10
VZMA	HIVE	EFT	1798	STHCR3-G3	EFT A2
BRON	HIVE	SmartNet	5997	TPSG3_A1	TPSPG_A1
ROSL	HIVE	EFT	882.7	HXCCSX601A	EFT A1
PSKV	EFT	SmartNet	268.8	EFT A1	AR20 LEIM
CHEB	Чувашия	EFT	5053.3	CHCC220GR	EFT A2
ORSK	EFT	HIVE	1328	EFT A1	RNG80971.00
VLAD	HIVE	PrinNet	6015507.1		PrinCe Geod
OREL	EFT	SmartNet	5426.4	EFT A2	AR20 LEIM
SHAT	PrinNet	SmartNet	221793.2	TPSCR.G3	LEIAR10
TYMN	SmartNet	HIVE	2512.8	LEIAR10	HXCCSX601A
STAV	EFT	SmartNet	6525	EFT A1	LEIAS10
KANE	SmartNet	HIVE	2647.7	LEIAR10	RNG80971.00
VLDR	HIVE	SmartNet	1218056.6	RNG80971.00	SEP POLANT+
SMOL	SmartNet	HIVE	1952.7	LEIAR10	TPSPG_A1
SOCH	HIVE	SmartNet	1350.9	HXCCSX601A	LEIAR10
KALU	SmartNet	HIVE	6339.9	LEIAR10	HXCCSX601A
CHEL	HIVE	SmartNet	5410.7	NAX3G+C	LEIAR10
GAGA	HIVE	SmartNet	1136.9	NOV702GG	LEIAR10
CHEH	SmartNet	HIVE	994.8	LEIAS10	TRM55971.00
BLKV	EFT	HIVE	551.7	EFT A1	RNG80971.00
TMNK	HIVE	EFT	1084.3	RNG80971.00	EFT A2
KRAS	SmartNet	HIVE	3843231.3	LEIAR10	HXCCSX601A
KALA	HIVE	SmartNet	2221241.5	TRM41249.00	LEIAR10
PENZ	EFT	SmartNet	2095.7	EFT A1	LEIAS10
RNDN	EFT	HIVE	3108.3	EFT A2	RNG80971.00
ARMV	EFT	SmartNet	3865.3	EFT A2	LEIAR10
IZHV	HIVE	SmartNet	9390	HXCCSX601A	LEIAR10
KARG	АБЧНСО	EFT	2457645	LEIAX1202GG	EFT A2

Продолжение табл.

Станция	Сеть 1	Сеть 2	Расстояние между станциями, м	Антенна станции в сети 1	Антенна станции в сети 2
YAKT	EFT	ФАГС	2621.9	EFT A2	
BELG	EFT	SmartNet	21891.7	EFT A1	LEIAR10
ASTR	EFT	HIVE	1762.5	EFT A1	LEIAS10
PTRZ	PrinNet	EFT	4035.1	TRM59800.00	EFT A1
PENZ	HIVE	SmartNet	3804.1	HXCCSX601A	LEIAS10
NVRS	HIVE	PrinNet	10947.8	HXCCSX601A	JAVAD TRE_G3T D
RYAZ	EFT	HIVE	3566.9	EFT A1	RNG80971.00
CHRN	EFT	SmartNet	994879.8	EFT A1	TRM55971.00
NLCH	HIVE	EFT	18599.3		EFT A2
CHEB	SmartNet	EFT	2042.6	LEIAS10	EFT A2
KLIN	EFT	HIVE	1433.2	EFT A1	STHCR3-G3
PETR	HIVE	EFT	937436.3	STHS82_7224V3.0	EFT A2
SLAV	EFT	SmartNet	1589495.7	EFT A1	AR20 LEIM
ODIN	EFT	HIVE	776.2	EFT A1	HXCCSX601A
SOLN	HIVE	SmartNet	818.4	STHCR3-G3	LEIAR10
LENI	EFT	SmartNet	303754.6	EFT A2	TRM23903.00
KASH	EFT	HIVE	282418	EFT A1	HXCCSX601A
PAVL	HIVE	SmartNet	2283696.3	HXCCSX601A	LEIAR10
TULA	SmartNet	EFT	2384.3	LEIAR10	EFT A1
LISK	EFT	SmartNet	2078.7	EFT A1	RNG80971.00
KLNC	SmartNet	EFT	1325.6	LEIAS10	EFT A1
OREL	HIVE	SmartNet	4430.4	HXCCSX601A	AR20 LEIM
SRTV	HIVE	Геоспайдер	1370151	RNG80971.00	TPSCR.G3
SVST	PrinNet	EFT	7321.5	TPSCR.G3	EFT A2
KOST	EFT	SmartNet	1067.6	EFT A2	LEIAR10
EKTR	ФАГС	SmartNet	1182590.9	JAV_RINGANT_G3T	LEIAS10
VLGD	SmartNet	EFT	1306527.4	RNG80971.00	EFT A2
VLGG	HIVE	EFT	7654.7	RNG80971.00	EFT A2
KRSK	SmartNet	HIVE	664513.5	LEIAS10	RNG80971.00
SVTL	EFT	ФАГС	1890757.4	EFT A2	
IVNV	EFT	HIVE	5129.4	EFT A2	RNG80971.00
CHER	HIVE	АБСНСО	2760444.4	RNG80971.00	LEIAX1202GG
IRKU	ФАГС	HIVE	8517.1	JAV_RINGANT_G3T	AOAD/M T
LUGA	Геоспайдер	EFT	2690.1	TRM57971.00	EFT A1
TVER	SmartNet	HIVE	4088.9	LEIAR10	HXCCSX601A
CHER	SmartNet	АБСНСО	3122614.5	LEIAR10	LEIAX1202GG
KLCH	HIVE	EFT	212.0	RNG80971.00	EFT A1
SAMR	HIVE	SmartNet	2098.8	TPSCR3_GGD	LEIAR10
CHEB	HIVE	EFT	2648.1	TPSPG_A1+GP	EFT A2
KOCH	SmartNet	АБСНСО	3041194.7	LEIAR10	LEIAX1202GG
BABU	Гео-Байкал	HIVE	3824857	LEICA AR10	RNG80971.00
SOCH	EFT	SmartNet	2596.3	EFT A2	LEIAR10
MURM	SmartNet	EFT	1138.6	LEIAS10	EFT A1
TUAP	SmartNet	HIVE	721.7	LEIAR10	RNG80971.00
IVAN	SmartNet	PrinNet	220937.8	AR20 LEIM	TPSCR.G3
KOVR	HIVE	EFT	1380.8	HXCCSX601A	EFT A1
FEOD	SmartNet	PrinNet	1466.1	LEIAR10	PrinCe Geod
SHTR	SmartNet	HIVE	1554885.6	TPSCR.G3	RNG80971.00
CHRP	EFT	SmartNet	732.9	EFT A1	RNG80971.00
VESH	HIVE	EFT	2020.7	RNG80971.00	EFT A2
TULA	HIVE	EFT	3320.8	HXCCSX601A	EFT A1
VLGD	HIVE	EFT	1842.6	RNG80971.00	EFT A2
SLAV	HIVE	SmartNet	8533.1	TRM55971.00	AR20 LEIM

Окончание табл.

Станция	Сеть 1	Сеть 2	Расстояние между станциями, м	Антенна станции в сети 1	Антенна станции в сети 2
KIMR	PrinNet	EFT	1971.7	TRM55971.00	EFT A1
VLDV	ФАГС	PrinNet	45191.9	JAV_RINGANT_G3T	TPSCR.G3
NNOV	SmartNet	ФАГС	16485.2	LEIAR10	JAV_RINGANT_G3T
NEFT	HIVE	SmartNet	1001373.9	TRM55971.00	LEIAR10
KRAS	АБСНСО	HIVE	901633.9	LEIAX1202GG	HXCCSX601A
VOLO	SmartNet	HIVE	428680.1	AR20 LEIM	RNG80971.00
SRTV	EFT	Геоспайдер	1368047.3	EFT A1	TPSCR.G3
SOCH	PrinNet	SmartNet	4853	TRM55971.00	LEIAR10
BELG	HIVE	SmartNet	5069.9	HXCCSX601A	LEIAR10
DMTR	HIVE	EFT	1557	HXCCSX601A	EFT A1
SARA	SmartNet	HIVE	300434.7	JAV_RINGANT_G3T	
KARA	АБСНСО	SmartNet	2615463.9	LEIAR10	LEIAR10

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнин Ю. В. О корректном применении международной терминологии «Reference System» и «Reference Frame» к понятиям «система координат» и «координатная основа» в геодезической практике России // Геодезия и картография. – 2015. – № 8. – С. 3–9.
2. Сурнин Ю. В. О создании активной координатно-гравитационной основы на ограниченном участке земной поверхности с помощью ГЛОНАСС/GPS-измерений // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 198–209.
3. Blick G., Donelly N. Should active control networks replace passive control networks? // FIG Working Week 2012, Rome, Italy, : сб. материалов. – Rome, Italy 2012.
4. Система HIVE [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://hive.geosystems.aero/>.
5. International GNSS Service (IGS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://igs.org/>.
6. Российская система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sdcм.ru>.
7. Союз операторов сетей высокоточного спутникового позиционирования (НП ОСВСП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nposvsp.ru/index.php?id=6>.
8. Сеть базовых станций ПРИН [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.prin.ru/seti_referencyh_stancij/.
9. SmartNet Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://smartnet.ru.com/index.htm>.
10. EFT. Базовые станции на территории РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://eft-cors.ru/>.
11. Сеть постоянно действующих дифференциальных станций ГСИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://topnet.gsi.ru/>.
12. ГЛОНАСС/GPS / ГПКК Крастехцентр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.krastehcentr.ru/glonass.html>.
13. Государственное бюджетное учреждение «Центр навигационных и геоинформационных технологий Новосибирской области» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rtk.nso.ru/>.
14. Сеть базовых станций республики Бурятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://geo-baikal.ru/spiderweb/frmIndex.aspx>.
15. О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling non-linear station motions: ITRF2014 / Z. Altamimi, P. Rebischung, L. Métivier, X. Collilieux // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2016. – DOI: 10.1002/2016JB013098.
17. Rebischung, P. [IGSMail-7399] Upcoming switch to IGS14/igs14.atx. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://igscb.jpl.nasa.gov/pipermail/igsmail/2016/008589.html>.
18. Site Guidelines – IGS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kb.igs.org/hc/en-us/sections/200409633-Site-Guidelines>.
19. NGS National Geodetic Survey – CORS Guidelines [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Establish_Operate_CORS.shtml.
20. The DOMES Numbering System [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://itrf.ign.fr/domes_desc.php?page=2.
21. OPUS: the Online Positioning User Service [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/>.
22. AUSPOS – Online GPS Processing Service [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos>.
23. SAPOS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sapos.de/index.html>.
24. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. – М. : ЦНИИГАиК, 2004.
25. ГКИНП (ГНТА)-06-278-04 Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). – М. : ЦНИИГАиК, 2004.
26. Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 24 ноября 2016 года № 1240. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
27. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11). Справочный документ [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://structure.mil.ru/files/pz-90.pdf>.
28. Список координат и скоростей пунктов ФАГС // Управление геодезических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://geod.ru/data/fags/>.
29. Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года : приказ Росреестра от 23.03.2016 № П/0134. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Получено 25.11.2017

© В. С. Вдовин, В. В. Дворкин, А. П. Карпик,
Л. А. Липатников, С. Д. Сорокин, Г. М. Стеблов, 2018

CURRENT STATE AND FUTURE DEVELOPMENT OF ACTIVE SATELLITE GEODETTIC NETWORKS IN RUSSIA AND THEIR INTEGRATION INTO ITRF

Vladimir S. Vdovin

JSC «Russian Space Systems», 111250, Russia, Moscow, 53 Aviamotornaya St., Head of Sector,
e-mail: vdo-vladimir@yandex.ru

Vyacheslav V. Dvorkin

JSC «Russian Space Systems», 111250, Russia, Moscow, 53 Aviamotornaya St., Dr. Sc., Main
Constructor of Direction, e-mail: dvorkin@rambler.ru

Alexander P. Karpik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10
Plakhotnogo St., Dr. Sc., Professor, Rector, phone: (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

Leonid A. Lipatnikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Leading Engineer, Head of Center for GNSS Technologies, phone: (923)227-89-57, e-mail: lipatnikov_l@mail.ru

Sergey D. Sorokin

Industrial Geodetic Systems R&D, 644007, Russia, Omsk, 111 Chapaeva St., Director, phone: (3812) 904-628, e-mail: sorokin@geosystems.aero

Grigory M. Steblou

Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, 123242, Russia, Moscow, 10 B. Gruzinskaya St., Building 1, Dr. Sc., Professor, Main Researcher, phone: (499)766-26-56, e-mail: steblov@ifz.ru

Problems and prospects for integration of Russian continuously operating reference stations into single reference frame for improving efficiency of high-precision positioning and timing are discussed. Important tasks for achieving that goal are outlined. They are: harmonization of legislation, updating and concretization of technological normative documents, development of effective online services for precise positioning and coordinate transformation. Immediate steps are proposed. Firstly, operators of satellite geodetic networks are offered to eliminate collisions in reference stations identifications (list of collisions is provided). Secondly, it is proposed to establish and keep up to date a common free-access online register and logs of Russian base stations. Providing information for that register is to be voluntary at the current stage. Thirdly, it is proposed to organize an ftp-archive maintained by a research institute or a university to provide free access to historical satellite measurements data. The content is to be uploaded to the archive by network operators after some period of time since the epoch of measurements. It is presumed that implementation of those urgent steps will pave the way for further significant improvement of positioning, navigation and timing efficiency in Russia.

Key words: GLONASS, reference frame, geodetic network, global navigation satellite systems (GNSS), continuously operating reference stations (CORS).

REFERENCES

1. Surnin, Yu. V. (2015). About correct application of international terminology "Reference System" and "Reference Frame" to "koordinatnaya sistema" and "koordinatnaya osnova" in practice of geodesy in Russia. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 8, 3–9 [in Russian].
2. Surnin, Yu. V. (2011). Development of the active coordinate and gravitaional reference on the limited area of the Earth's surface by GLONASS/GPS measurements. *In Sbornik materialov GEO-Sibir'-2011: T. 1, ch. 2 [Proceedings of GEO-Siberia-2011: International Scientific Conference: Vol. 1, Part 2]* (pp. 198–209). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
3. Blick, G., & Donnelly, M. (2012). Should active control networks replace passive control networks. *In FIG Working Week 2012 Proceedings*. Italy: Rome.
4. *HIVE*. (n. d.). Retrieved from <https://hive.geosystems.aero/>.
5. *International GNSS Service (IGS)*. (n. d.). Retrieved from <http://igs.org/>.
6. *Russian system of differential correction and monitoring*. (n. d.). Retrieved from <http://www.sdc.ru>.
7. *Nonprofit partnership of high precision satellite positioning networks*. (n. d.). Retrieved from <http://nposvsp.ru/index.php?id=6> [in Russian].
8. *PRIN network of base stations*. (n. d.). Retrieved from http://www.prin.ru/seti_referencyh_stancij/ [in Russian].

9. *SmartNet Russia*. (n. d.). Retrieved from <http://smartnet-ru.com/index.htm> [in Russian].
10. *EFT. Base stations on the territory of the Russian Federation*. (n. d.). Retrieved from <http://eft-cors.ru/> [in Russian].
11. *Network of continuously operating differential stations GSI*. (n. d.). Retrieved from <http://topnet.gsi.ru/> [in Russian].
12. *GLONASS/GPS. GPKK Krastechcenter*. (n. d.). Retrieved from <http://www.krastehcentr.ru/lonass> [in Russian].
13. *State budget establishment Center of Navigation and Geo-information Technologies of the Novosibirsk Region*. (n. d.). Retrieved from <http://rtk.nso.ru/> [in Russian].
14. *Reference stations network of Buryatia republic*. (n. d.). Retrieved from <http://geo-baikal.ru/spiderweb/frmIndex.aspx> [in Russian].
15. Federal law of the Russian Federation No. 431-FZ of December 30, 2015. *About geodesy, cartography, and spatial data and about introducing changes into particular laws of the Russian Federation*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
16. Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., & Collilieux, X. (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions: ITRF2014. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. doi: 10.1002/2016JB013098.
17. Rebischung, P. (2016). Upcoming switch to IGS14/igs14.atx. *IGSMail-7399*. Retrieved from <https://igs.cb.jpl.nasa.gov/pipermail/igsmail/2016/008589.html>.
18. *Site Guidelines – IGS*. (n. d.). Retrieved from <http://kb.igs.org/hc/en-us/sections/200409633-Site-Guidelines>.
19. *NGS National Geodetic Survey – CORS Guidelines*. (n. d.). Retrieved from https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Establish_Operate_CORS.shtml.
20. *The DOMES Numbering System*. (n. d.). Retrieved from http://itrf.ign.fr/domes_desc.php?page=2.
21. *OPUS: the Online Positioning User Service*. (n. d.). Retrieved from <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/>.
22. *AUSPOS – Online GPS Processing Service*. (n. d.). Retrieved from <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos>.
23. *SAPOS*. (n. d.). Retrieved from <http://www.sapos.de/index.html> [in German].
24. GKINP (GNTA)-01-006-03. (2014). *Fundamentals of state geodetic network of the Russian Federation*. Moscow: CNIIGAiK Publ. [in Russian]
25. GKINP (GNTA)-06-278-04. (2014). *User's manual for accomplishing works in reference system of the year 1995 (SK-95)*. Moscow: CNIIGAiK Publ. [in Russian].
26. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1240 of November 24, 2016. *About adoption of state reference systems, state height system and state gravimetry system*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
27. Reference document. (2014). *Earth's Parameters of year 1990 (PZ-90.11)*. Retrieved from <http://structure.mil.ru/files/pz-90.pdf> [in Russian].
28. *List of coordinates and velocities of FAGS reference points*. (n. d.). Retrieved from <http://geod.ru/data/fags/> [in Russian].
29. Order of Rosreestr No. P/0134 of March 23, 2016. *About adoption of geometrical and physical numeric geodetic parameters for state geodetic reference system system of the year 1995 (SK-95)*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

Received 25.11.2017

© V. S. Vdovin, V. V. Dvorkin, A. P. Karpik,
L. A. Lipatnikov, S. D. Sorokin, G. M. Steblou, 2018