

as an experimental field provided dense network of target and natural control points. Racurs PHOTOMOD and Agisoft PhotoScan software were used in evaluation. The results of investigations, conclusions and practical recommendations are presented in this article.

Keywords: *laboratory calibration, test-field calibration, self-calibration, unmanned aerial systems (UAS), consumer cameras.*

УДК 528.4

ОПЫТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ 2011 ГОДА

В.П. ГОРОБЕЦ, Г.Н. ЕФИМОВ, И.А. СТОЛЯРОВ

*(Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии
и инфраструктуры пространственных данных, Россия)*

Даны общие сведения о государственной геодезической системе координат 2011 года и основные результаты ее практической реализации на территории Российской Федерации. Приведены параметры перехода от систем координат, используемых на территории Российской Федерации в настоящее время, к системе координат 2011 года. Показаны перспективы дальнейшего развития системы координат 2011 года на период до 2020 года.

Ключевые слова: *система координат, государственная геодезическая сеть, геодезическое обеспечение.*

Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 года № 1463 в качестве единой государственной системы координат для использования при осуществлении геодезических и картографических работ установлена геодезическая система координат 2011 года (далее – ГСК-2011).

Целесообразность введения системы координат ГСК-2011, которая является геоцентрической, состояла в повышении эффективности использования спутниковых технологий координатных определений, что в свою очередь должно повысить точность и оперативность решения задач геодезического обеспечения, отвечающего современным требованиям экономики, науки и обороны страны. Кроме того, введение системы координат ГСК-2011 повысит эффективность использования системы ГЛОНАСС и осуществления мониторинга деформаций земной поверхности, что чрезвычайно важно при решении как народнохозяйственных, так и целого ряда научных задач.

Построение системы координат ГСК-2011 осуществлялось в рамках выполнения мероприятий Федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система» в период 2002–2011 годы.

Общие сведения о государственной геодезической системе координат 2011 года. Государственная геодезическая система координат Российской Федерации ГСК-2011 представляет собой геоцентрическую систему координат, отсчитываемых от центра, осей и поверхности общего земного эллипсоида. По принципам ориентировки в теле Земли ГСК-2011 идентична Международной земной опорной системе координат ITRS, установленной в соответствии с рекомендациями Международной службы вращения Земли (International Earth Rotation and Reference Systems Service – IERS) и Международной ассоциации геодезии (International Association of Geodesy – IAG), а именно:

- начало системы координат совпадает с центром масс Земли;
- ось Z направлена к Условному земному полюсу;
- ось X – в точку пересечения плоскости экватора и начального (Гринвичского) меридиана, установленного Международным бюро времени;
- ось Y дополняет систему до правой (рис. 1).

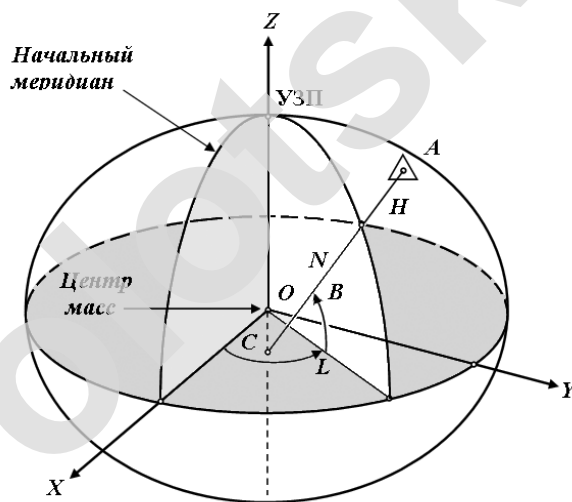


Рис. 1. Геоцентрическая система координат

Точность установления ГСК-2011 по отношению к центру масс Земли на настоящий момент времени характеризуется средней квадратической погрешностью, не превышающей 10 см.

Значение размеров большой полуоси принято равным 6378 136.5 метров, что соответствует принятым к настоящему времени размерам большой полуоси общего земного эллипсоида. Под общим земным эллипсоидом понимается эллипсоид, удовлетворяющий условию $\int_{\sigma} \zeta d\sigma = 0$ для

всей Земли. Это условие обеспечивает применение равенства М.С. Молоденского при определении по спутниковым данным значение нормальной высоты H^{γ}

$$H^G = H^{\gamma} + \zeta;$$

где H^G – значение геодезической высоты по данным ГНСС-измерений;

H^{γ} – значение нормальной высоты по нивелирным данным;

ζ – значение высоты квазигеоида по гравиметрическим данным.

Основные параметры системы координат ГСК-2011 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры системы координат ГСК-2011

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	2	3	4
1. Универсальные физические постоянные			
Скорость света в вакууме	c	м/с	299 792 458
Гравитационная постоянная	f	м ³ /(кг·с ²)	6.672 59 · 10 ⁻¹¹
2. Фундаментальные геодезические постоянные			
Геоцентрическая гравитационная постоянная Земли (с учетом атмосферы)	fM	км ³ /с ²	398 600.4415
Угловая скорость вращения Земли	ω	рад/с	7.292115 · 10 ⁻⁵
Большая полуось	a	м	6 378 136.500
Сжатие	α	-	1/298.2564151
3. Геометрические постоянные			
Малая полуось	b	м	6 356 751.758
Квадрат первого эксцентриситета	e ²	-	0.006 694 3981
Квадрат второго эксцентриситета	e' ²	-	0.006 739 5151
4. Физические постоянные			
Нормальный потенциал на поверхности отсчетного эллипсоида	U ₀	м ² /с ²	62 636 856.75

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Ускорение нормальной силы тяжести на экваторе отсчетного эллипсоида	γ_a	мГал	978 032.696
Ускорение нормальной силы тяжести на полюсе отсчетного эллипсоида	γ_b	мГал	983 218.646
Коэффициенты в формуле ускорения нормальной силы тяжести	β	-	0.005 302 43
	β_1	-	0.000 005 85
Коэффициент второй зональной гармоники нормального потенциала	J_2^0	-	$1\,082.636\,14 \cdot 10^{-6}$

Модель гравитационного поля Земли, используемая в системе координат 2011 года. Неотъемлемой частью системы координат ГСК-2011 является отечественная глобальная модель гравитационного поля Земли ГАО-2012.

В качестве исходных данных при выводе ГАО-2012 использовалась следующая информация, характеризующая гравитационное поле Земли:

- гравиметрические данные в виде результатов гравиметрических съемок на суше и в Мировом океане как площадных, так и маршрутных;
- альтиметрические данные, представленные в виде средних аномалий силы тяжести, вычисленных по спутниковым альтиметрическим измерениям с искусственных спутников Земли «GEOSAT» и «ERS-1»;
- данные спутниковой градиентометрии в виде системы коэффициентов модели GOCE;
- данные анализа возмущений орбит системы спутник – спутник GRACE;
- данные об осредненных высотах рельефа местности, необходимые для перехода от аномалий силы тяжести с редукцией Буге к аномалиям с редукцией Фая и для вычисления поправок за рельеф.

В отличие от наиболее распространенного параметрического метода уравнивания, при выводе модели ГАО-2011 использовался алгоритм корреляционного метода уравнивания, более эффективный при решении геодезических задач, при которых важно взаимное согласование гравиметрических и спутниковых альтиметрических данных и получение поправок в измерения,

вызванных их ошибками. В результате выполненного совместного уравнивания гравиметрических и орбитальных спутниковых данных была определена система поправок к исходным значениям аномалий силы тяжести и, как результат разложения, коэффициенты сферических гармоник до 360-ой степени включительно. Представление параметров модели ГПЗ в виде поправок к исходным значениям аномалий силы тяжести позволило выявить и устранить систематические ошибки отдельных гравиметрических съемок, а также получить информацию о возможном неблагоприятии с назначением весов при совместном уравнивании разнородной информации. На рисунке 2 показана схема распределения поправок в средние значений аномалии силы тяжести в свободном воздухе по трапециям $30' \times 30'$, полученным из уравнивания.

При оценке точности модели ГАО-2012 в качестве критерия использовалась величина средней разности геодезической высоты, вычисленной по данным спутниковых наблюдений, и суммы высот: высоты квазигеоида, вычисленной по параметрам модели, и нивелирной высоты. Точностные характеристики модели оценивались на специальных полигонах, образованных пунктами национальных нивелирных сетей, на которых имелись спутниковые измерения. Оценка выполнялась для трех тестовых полигонов на территории США (6169 пунктов), Германии (87 пунктов) и России (526 пунктов). Для России также было выполнено сравнение независимо по двум блокам – западному и восточному. Для сравнения аналогичные вычисления были выполнены и с использованием современных зарубежных моделей ГПЗ EGM2008 и EIGEN-5C. Результаты оценки точности модели ГАО-2012 на тестовых полигонах приведены в таблице 2.

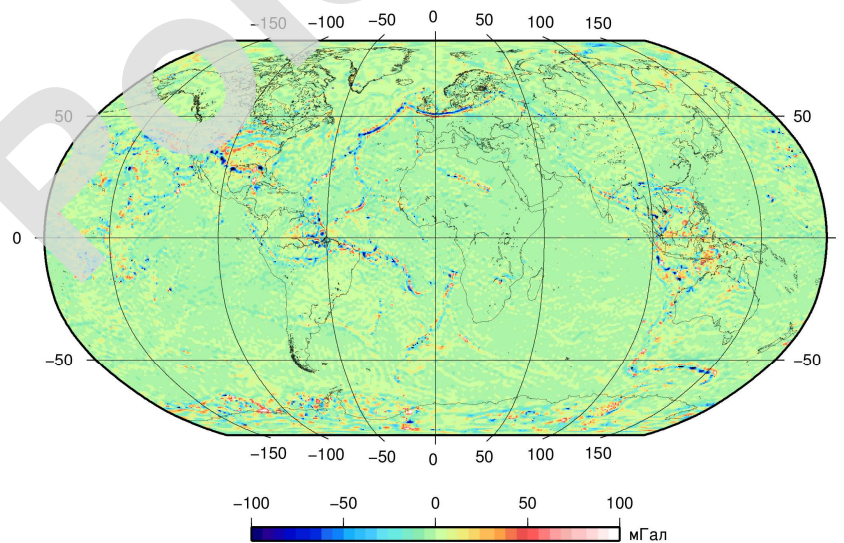


Рис. 2. Схема распределения поправок в средние значений аномалии силы тяжести в свободном воздухе по трапециям $30' \times 30'$, полученным из уравнивания

Регион	Средние разности, м		
	ГАО-2012	EIGEN-5C	EGM2008
США	1.0421	1.0367	1.0277
Германия	0.6004	0.5962	0.5901
Россия	0.2376	0.2040	0.2016
Западная часть России	0.4051	0.3564	0.3593
Восточная часть России	-0.0226	-0.0327	-0.0434

Схема разностей высот квазигеоида, полученных по модели ГАО-2012 и вычисленных по измерительным данным, для территории Российской Федерации показана на рисунке 3.

Оценка модели ГАО-2012 была также выполнена по степенным дисперсиям аномалии силы тяжести и высоты квазигеоида. Результаты оценки модели по степенным дисперсиям аномалии силы тяжести и высоты квазигеоида представлены на графиках на рисунках 4 и 5.

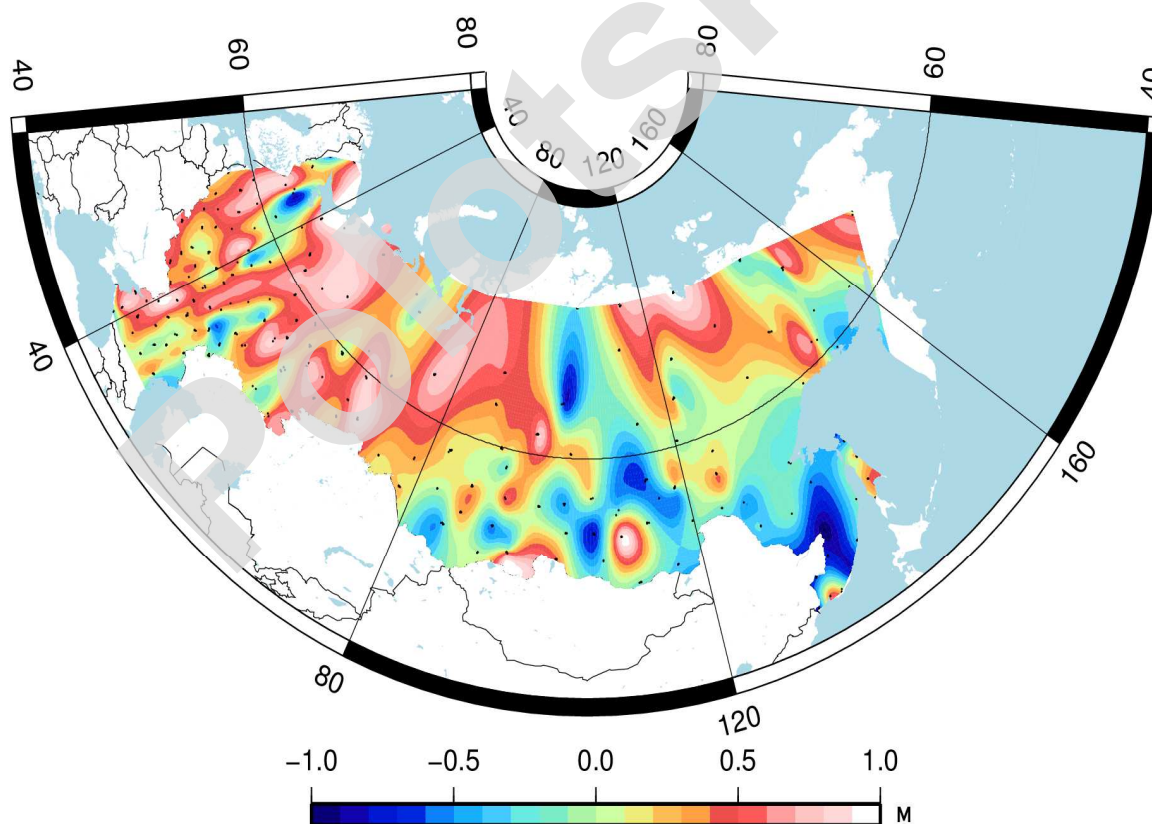


Рис. 3. Схема разностей высот квазигеоида, полученных по модели ГАО-2012 и вычисленных по измерительным данным

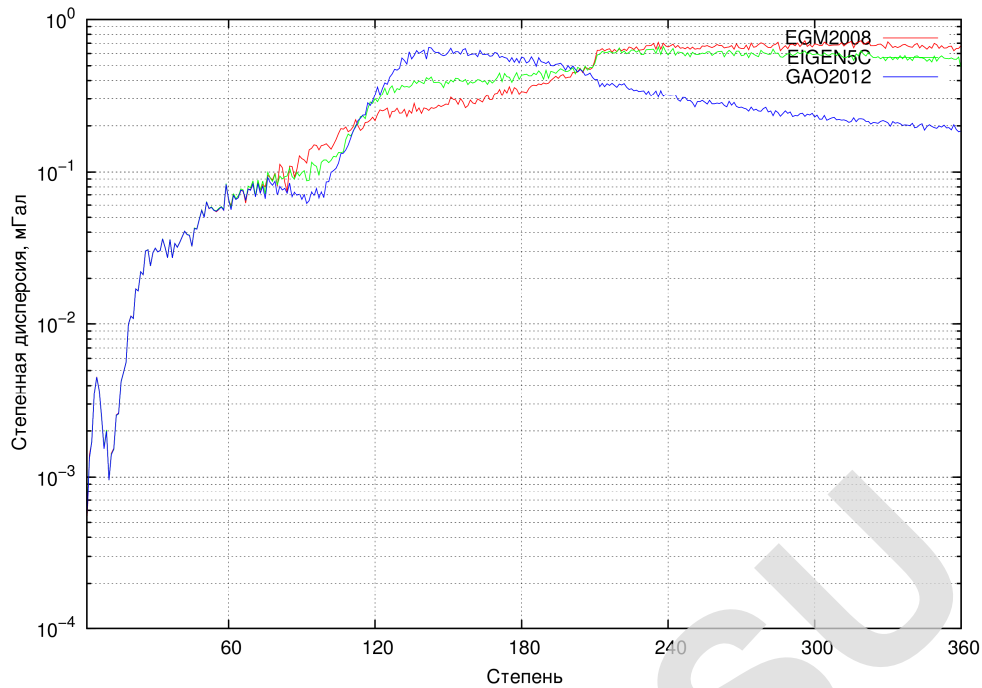


Рис. 4. Сравнительная оценка моделей по степенным дисперсиям аномалии силы тяжести

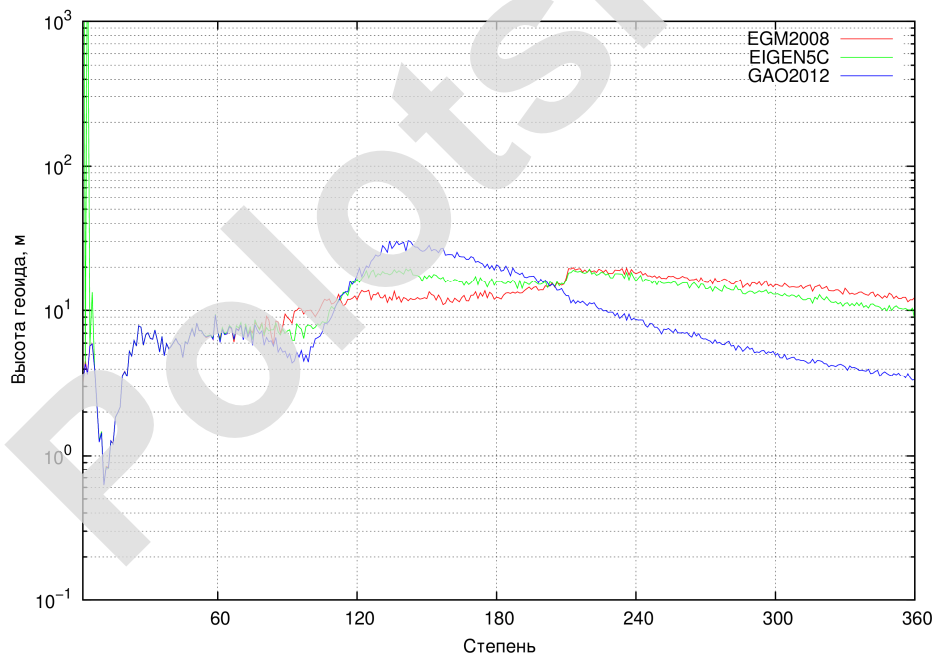


Рис. 5. Сравнительная оценка моделей по степенным дисперсиям высоты квазигеоида.

Таким образом, глобальная модель гравитационного поля Земли ГАО-2012 по уровню точности и детальности не уступает современным зарубежным моделям геопотенциала EIGEN-5C и EGM2008.

Реализация государственной геодезической системы координат 2011 года. Система координат ГСК-2011 реализована государственной геодезической сетью. Основу государственной геодезической сети составляет государственная спутниковая геодезическая сеть трех уровневой структуры, включающая фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (далее – ФАГС); высокоточную геодезическую сеть (далее – ВГС) и спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (далее – СГС-1). В структуру государственной геодезической сети также входят созданные в советский период времени сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1–4 классов (~283 000 пунктов), уравненные с опорой на пункты ФАГС, ВГС и СГС-1, что обеспечивает возможность использования в системе координат ГСК-2011 огромного количества геодезических и картографических материалов, созданных ранее на основе традиционных методов и технологий.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть представляет верхний уровень иерархии государственной спутниковой сети и служит исходной геодезической основой для построения заполняющих спутниковых сетей и практически реализует геоцентрическую систему координат в рамках решения задач координатно-временного обеспечения.

Пространственное положение пунктов ФАГС определяется методами космической геодезии в общеземной системе координат относительно центра масс Земли с ошибкой не более 10...15 см, а ошибка взаимного положения любых пунктов ФАГС не превышает 1–2 см по плановому положению и 2-3 см по высоте с учетом скоростей их изменений во времени.

Количество и расположение постоянно действующих пунктов, а также состав аппаратуры и программы наблюдений определяются научно-технической программой построения и функционирования ФАГС с учетом проектов международного сотрудничества. Все пункты ФАГС фундаментально закреплены с обеспечением долговременной стабильности их положения как в плане, так и по высоте.

Первоначальные координаты пунктов ФАГС на эпоху установления системы координат ГСК-2011 (1 января 2011 года) определялись по результатам общего уравнивания сети с опорой на пункты Международной геодезической службы IGS, находящиеся как на территории Российской Федерации, так и на территории сопредельных стран. Зарубежные пункты IGS были использованы с целью придания сети ФАГС большей жесткости и достоверности координатных определений, поскольку количество и географическое распределение пунктов IGS на территории России далеко не оптимально. При подборе зарубежных пунктов учитывалось не только их географическое положение, но и регулярность, и точность наблюдений.

В итоге, общий состав пунктов, включенных в уравнивание ФАГС, характеризуется следующими данными:

- общее число пунктов, включенных в уравнивание – 46;
- число российских пунктов – 38, зарубежных – 8;
- число опорных пунктов – 21 (российских – 13, зарубежных – 8).

Исходные данные для уравнивания включали в себя:

- файлы суточных спутниковых наблюдений на пунктах ФАГС на интервале 2 лет (2010-2011 гг.);
- файлы координат спутников;
- файлы моделированных ионосферных задержек;
- файл сведений о сбоях в работе аппаратуры спутников GPS/ГЛОНАСС;
- параметры вращения Земли.

Обработка суточных сеансов измерений выполнена с помощью программного комплекса BERNESE 5.0. Использовалась традиционная схема вычислений по двойным разностям фазовых измерений, включающая следующие основные этапы вычислений:

- 1) численное интегрирование движений ИСЗ GPS/ГЛОНАСС для вычисления их координат на моменты наблюдений;
- 2) преобразование и предварительный контроль данных наблюдений;
- 3) преобразование исходных координат станций на эпоху сеанса наблюдений;
- 4) вычисление поправок часов приемников по кодовым измерениям;
- 5) образование одинарных разностей фазовых измерений, предварительный контроль и отбраковка грубых значений;
- 6) разрешение фазовых неоднозначностей (вычисления по отдельным базовым линиям);
- 7) совместное уравнивание всей сети, как «свободной»;
- 8) вычисление параметров трансформирования Гельмерта между вычисленными координатами опорных пунктов и их приведенными на эпоху наблюдений значениями;
- 9) контроль отклонений вычисленных координат опорных пунктов и в случае грубых результатов – исключение пункта из числа опорных и выполнение нового уравнивания сети;
- 10) преобразование всех вычисленных координат «свободной» сети с помощью найденных параметров Гельмерта и оценка точности.

Используемые на этапе 3 начальные значения координат пунктов выбирались из таблиц их значений на эпоху 2011.0 и скоростей смещений. Для

пунктов IGS координаты выбирались из международного каталога, а для других пунктов использовались априорные значения координат и значения скоростей, вычисленные по геодинамической модели NNR-NUVEL-1A.

Механизм привязки сети ФАГС к «каркасной» сети опорных пунктов IGS (этапы 8–10) основан на широко используемом IERS методе «мягкого согласования». Согласно этому методу, при уравнивании суточных сеансов измерений *на первом этапе* сеть рассматривается как «свободная», т.е. координаты опорных пунктов не фиксируются жестко, а вычисляются вместе с координатами других пунктов. *На втором этапе* осуществляется трансформирование (по Гельмерту) вычисленной «свободной» сети под условием минимума суммы квадратов отклонений полученных координат опорных пунктов от их принятых значений. Таким образом, в результате обработки суточного сеанса координаты всех пунктов получают поправки к своим начальным значениям.

Скорости тектонических смещений пунктов ФАГС вычислялись путем линейной аппроксимации последовательностей суточных значений координат методом наименьших квадратов. При этом в качестве точки отсчета всегда (вне зависимости от фактического распределения наблюдений за весь период) принималось начало 2011 года, т.е. эпоха полученного каталога координат равна 2011.0.

Вычисления выполнялись по отдельности для каждой составляющей координат в геоцентрической (X, Y, Z) и локальной (E, N, U) системах. Начальные уравнения в каждом случае включали два неизвестных (координату на стандартную эпоху 2011.0 и скорость ее изменения за год). Решение уравнений и оценка точности координат и скоростей выполнены по правилам метода наименьших квадратов.

Средние квадратические погрешности уравненных координат пунктов ФАГС составили 0.1–1.0 см в плане (пункт ФАГС «Владивосток» – 1.9 см) и 0.2–1.5 см по высоте (пункт ФАГС «Владивосток» – 2.14 см).

По состоянию на 1 января 2016 года ФАГС состоит из 58 пунктов, из которых 48 постоянно-действующие и 10 периодически определяемые. В состав пунктов ФАГС входят 13 пунктов РАН, 5 пунктов Росстандарта и 40 пунктов Росреестра, 3 пункта совмещены с пунктами РСБД, 8 пунктов совмещены с пунктами СДКМ.

В перспективе в рамках реализации мероприятий ФЦП «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2019 годы)» и ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» количество пунктов ФАГС планируется довести к 2020 году до 80, что будет способствовать

более широкому внедрению современных спутниковых методов координатных определений (в том числе и метода PPP).

На рисунках 6 и 7 представлены картограммы текущего состояния и перспективного развития сети пунктов ФАГС.



Рис. 6. Картограмма расположения пунктов ФАГС к 2020 году



Рис. 7. Картограмма пунктов ФАГС, принадлежащих Росреестру

Вторым уровнем иерархии является высокоточная геодезическая сеть, которая представляет собой опирающееся на пункты ФАГС пространственное геодезическое построение, состоящее из системы пунктов на расстоянии 150–300 км. Средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов ВГС – 1–2 см.

Каждый пункт ВГС связан измерениями со смежными пунктами ВГС и не менее чем с тремя ближайшими пунктами ФАГС.

По состоянию на 1 января 2016 года сеть ВГС насчитывает 331 пункт.

Третьим уровнем иерархии является спутниковая геодезическая сеть 1 класса, которая представляет собой пространственные геодезические построения, опирающиеся на пункты ФАГС и ВГС с плотностью, достаточной для эффективного использования всех возможностей спутниковых определений потребителями. Среднее расстояние между пунктами СГС-1 составляет 25-35 км с уменьшением расстояния для населенных территорий и с увеличением расстояния в необжитых районах.

Средние квадратические погрешности определения положения пунктов СГС-1 относительно ближайших пунктов ВГС и ФАГС не превышают 2–3 см.

По состоянию на 1 января 2016 года сеть СГС-1 насчитывает 4 354 пункта.

По результатам обработки измерительной информации с пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 в 2015 году точностные характеристики системы координат ГСК-2011 составили:

- погрешность взаимного положения пунктов ФАГС – 2 см;
- погрешность геоцентричности системы координат ГСК-2011 – 7 см;
- погрешность распространения системы координат ГСК-2011 на территории Российской Федерации, реализуемая системой ГЛОНАСС – 10 см;
- погрешность цифровой модели высот квазигеоида – 20 см.

В перспективе в рамках реализации мероприятий ФЦП «Поддержка, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы» и ФЦП «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014-2019 годы)» предусмотрено достижение следующих количественных показателей пунктов государственной спутниковой сети к 2020 году:

- 80 пунктов ФАГС;
- 350 пунктов ВГС;
- 6 000 пунктов СГС-1.

Это позволит достичь к 2020 году следующих точностных характеристик системы координат ГСК-2011:

- погрешность взаимного положения пунктов ФАГС – 0.5 см;
- погрешность геоцентричности системы координат ГСК-2011 – 1 см;
- погрешность распространения системы координат ГСК-2011 на территории Российской Федерации, реализуемая системой ГЛОНАСС – 2 см;
- погрешность цифровой модели высот квазигеоида – 5 см.

Динамика изменений точностных характеристик системы координат ГСК-2011 показана на рисунке 8.

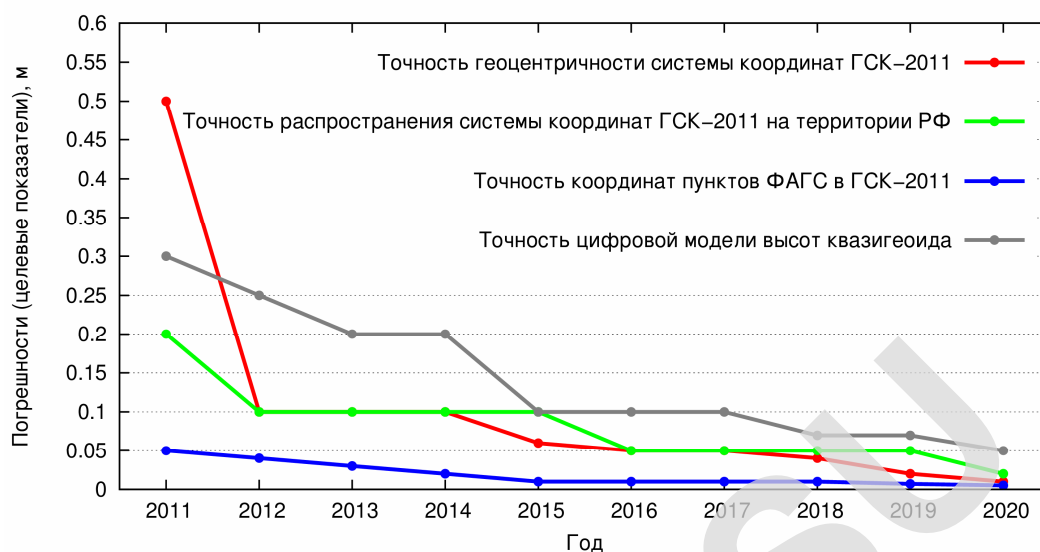


Рис. 8. Динамика изменений точностных характеристик системы координат ГСК-2011

Связь системы координат ГСК-2011 с системами координат, в которых ведутся работы на территории Российской Федерации. В таблице 3 приведены значения элементов трансформирования и их средние квадратические погрешности для систем координат, используемых на территории Российской Федерации в настоящее время.

Таблица 3

Исходная система (А)	Конечная система (Б)	ΔX , м	ΔY , м	ΔZ , м	ω_x 10^3 угл. с	ω_y 10^3 угл. с	ω_z 10^3 угл. с	$m \times 10^6$
СК-42	ГСК-2011	+23.56 ± 2.00	-140.86 ± 2.00	-79.77 ± 3.00	-2 ± 10	-346 ± 10	-794 ± 10	-0.227 ± 0.25
СК-95	ГСК-2011	+24.65 ± 0.43	-129.14 ± 0.37	-83.06 ± 0.54	-67 ± 10	+4 ± 10	+129 ± 10	-0.175 ± 0.2
ПЗ-90	ГСК-2011	-1.443 ± 0.2	+0.170 ± 0.2	+0.230 ± 0.3	-1.738 ± 1	+3.559 ± 1	-134.263 ± 1	-0.2274 ± 0.06
ПЗ-90.02	ГСК-2011	-0.373 ± 0.1	+0.2 ± 0.1	+0.210 ± 0.2	-1.738 ± 1	+3.559 ± 0.5	-4.263 ± 0.5	-0.0074 ± 0.05
ПЗ-90.11	ГСК-2011	+0.000 ± 0.008	-0.014 ± 0.018	+0.008 ± 0.011	+0.562 ± 0.698	+0.019 ± 0.259	-0.053 ± 0.227	+0.0006 ± 0.001
WGS-84 (G1150)	ГСК-2011	-0.34 ± 0.1	+0.47 ± 0.1	+1.13 ± 0.2	-1.738 ± 1	+3.559 ± 0.5	+65.737 ± 0.5	-0.1074 ± 0.05
ITRF-2008	ГСК-2011	+0.002 ± 0.01	-0.003 ± 0.02	-0.003 ± 0.01	+0.053 ± 0.7	+0.093 ± 0.26	-0.012 ± 0.23	+0.0008 ± 0.001

Определение параметров связи системы координат ГСК-2011 с другими системами координат выполнялось путем сравнения координат пунктов государственной геодезической сети известных в других системах координат и полученных по результатам спутниковых определений координат этих же пунктов в геоцентрической системе координат ГСК-2011. Вычисление геодезических высот пунктов в других системах координат выполнялось по известным нормальным высотам с использованием высот квазигеоида, полученных по моделям EGM-96 и ГАО-2012.

Определялись параметры связи для семи параметрического преобразования, формула которого имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ГСК-2011} = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & +\omega_x \\ +\omega_y & -\omega_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{СК} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix},$$

где $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – линейные элементы преобразования, м;
 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – угловые элементы преобразование, рад;
 m – дифференциальное различие масштабов систем координат.

Вычисление параметров преобразования выполнялось по программе Pinnacle после отбраковки явных «выбросов» в остаточных отклонениях по координатам.

Обеспечение потребителей информацией, необходимой для определения координат объектов в ГСК-2011. С целью доведения данных о пунктах государственной геодезической сети ГСК-2011 до потребителей Росреестром на всю территорию Российской Федерации составляются и издаются в бумажном и электронном видах каталоги геодезических пунктов.

Для обеспечения преемственности с материалами, созданными в системах координат СК-42 и СК-95, каталоги пунктов триангуляции и полигонометрии 1-4 класса в системе координат ГСК-2011 были составлены по номенклатурным листам государственных топографических карт масштаба 1:200 000 в соответствии с «Инструкцией по составлению и изданию каталогов геодезических пунктов» ГКИНП (ГНТА) – 01-014-02.

Каталоги пунктов для каждой спутниковой сети имеют свою собственную структуру и содержание и составлены одним томом на всю территорию Российской Федерации. На рисунке 9 приведены фрагменты каталога пунктов ФАГС.

В каталоги спутниковых сетей помещены все виды координат геодезических пунктов в системе координат ГСК-2011: геоцентрические прямоугольные координаты X, Y, Z , геодезические координаты B, L, H , плоские

прямоугольные координаты x , y в проекции Гаусса-Крюгера с шестиградусными зонами.

Наряду с геодезическими высотами в каталог также помещены нормальные высоты пунктов в Балтийской системе высот 1977 года и высоты квазигеоида над общим земным эллипсоидом.

Все значения координат и высот приведены с указанием класса пункта и способа определения.

Кроме того, каталоги пространственных прямоугольных координат пунктов ФАГС, совмещенных с пунктами наблюдений параметров вращения Земли ГСВЧ, ежегодно публикуются с указанием эпохи в специальных бюллетенях ГСВЧ.

Помимо этого, в соответствии с пунктом 4 постановления Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат» информацию о составе, техническом оснащении и местоположении геодезических пунктов ГСК-2011, за исключением информации, относящейся к государственной тайне, планируется размещать на официальном сайте Росреестра, ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» и Центра точных эфемерид Росреестра (рис. 10 и 11).

Пункт **ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД**
 Принадлежность: Росреестр
 Список центров входящих в пункт «Великий Новгород».

Центры:

Пункт, адрес, тип, номер знака	ID	Исключенный пункт/адрес/адрес	Нормальная высота (метр I.00000)	Код класс. пункта (IGS)
Великий Новгород Центр Работы Ул. 192 (для приращивания, вращательности, Номер знака: б/н)	NOVG	17000, Великий Новгород ГСЦ, ул. Горького, д.17/п. Центр геодезии «Великий ИПД»	0-34-31V	

Название, ID	Инд. ко.
Рабочий Великий Новгород, NOVG	
Приближенные координаты	
B 58° 22' 00"	L 41° 15' 40" страница
Основной Новгород основной	
Приближенные координаты	
B 58° 22' 00"	L 41° 15' 40" страница
Контрольный Гравиметрический пункт №2051 (п. 197)	
Приближенные координаты	
B 58° 29' 47"	L 41° 14' 46" страница

Геодеталь в системе ГСК-2011 (эпоха 2011.0)	X =	Y =	Z =
	2652980 м	1731970 м	5417640 м

Геодеталь в системе СИ-95	x =	y =	B =	L =
	4492133,544	4396319,775	58° 22' 00"	41° 15' 38"

Высота	H =
	44,2 м

Связующие пункты:

Название	Инд. ко.
Нивелировка Фнд.рп.7336 (II кв.)	
Приближенные координаты	
B 58° 29' 58"	L 31° 03' 14" страница
Нивелировка	
Приближенные координаты	
B	L страница
Триангуляция Витка (I кв.)	
Приближенные координаты	
B 57° 44' 49"	L 33° 02' 24" страница
Триангуляция	
Приближенные координаты	
B	L страница






Рис. 9. Фрагменты каталога пунктов ФАГС



Рис. 9. Фрагменты каталога пунктов ФАГС (окончание; начало – см. с. 62)

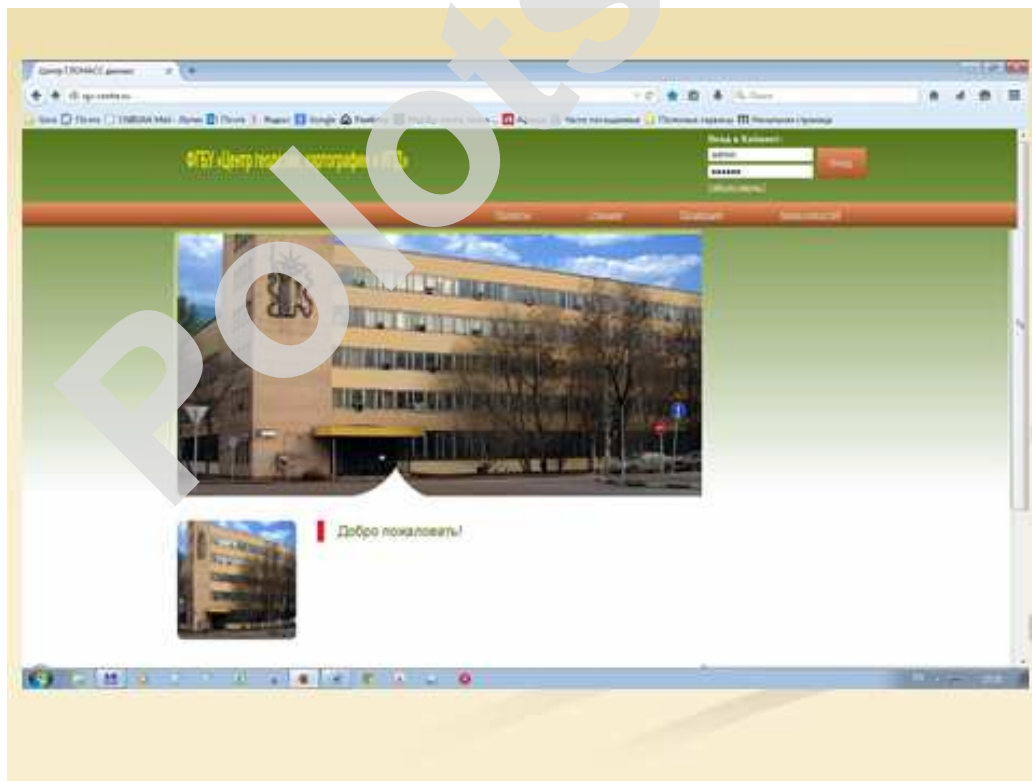


Рис. 10. Главная страница сайта Центра точных эфемерид Росреестра (Интернет-адрес: <http://rgs-centre.ru/>)

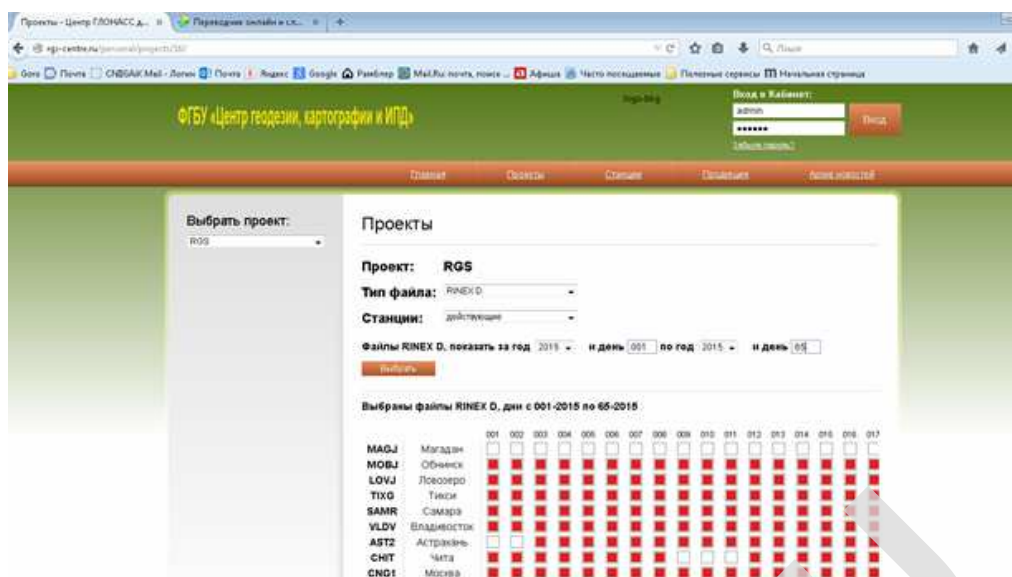


Рис. 11. Страница сведений об измерениях на пунктах ФАГС Росреестра на сайте Центра точных эфемерид

Каталоги пунктов геодезических сетей сгущения, геодезических сетей специального назначения и съемочных сетей будут составляться, издаваться и вестись соответствующими федеральными органами исполнительной власти, органами власти субъектов Российской Федерации и муниципального управления, а также предприятиями и организациями для нужд которых создаются эти сети.

Обеспечение перехода к ГСК-2011. В соответствии с пунктом 2 постановления Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат» с 1 января 2017 года все геодезические и картографические работы должны выполняться в системе координат ГСК-2011.

С этой целью в период 2014-2016 гг. были проведены следующие основные мероприятия по обеспечению перехода к ГСК-2011:

- подготовлены методические указания по технологии перехода к ГСК-2011 при ведении государственного кадастра недвижимости;
- выполнен анализ причин региональных деформаций МСК субъектов РФ и разработаны методы их устранения;
- разработаны технологические решения проблемы перевода в ГСК-2011 геодезических и картографических материалов, выполненных ранее в других системах координат;
- разработано программное обеспечение реализации перехода от существующих систем координат к ГСК-2011;
- создана высокоточная цифровая модель высот квазигеоида над эллипсоидом системы координат ГСК-2011 на территорию Российской Федерации;

– вычислены поправки к значениям уклонений отвесных линий за переход к системе координат ГСК-2011 на территории Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации ГКИНП (ГНТА) – 01– 006 – 03. – М., 2004 г.
2. Инструкция по построению государственной геодезической спутниковой сети, утвержденная Федеральной службой геодезии и картографии. – 2000.
3. Методические указания по построению государственных геодезических сетей с применением глобальных навигационных спутниковых систем (проект). – М, 1997.
4. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. – М., ЦНИИГАиК, 2003 .
5. Руководство по размещению спутниковых и наземных геодезических измерений, выполненных в Государственной геодезической сети РФ, в файлах унифицированного формата “Форма 4”. Версия 1.0 (Проект). – М., 2005.
6. Инструкция по составлению и изданию каталогов координат геодезических пунктов, ГКИНП (ГНТА)-01-014-02. – М., ЦНИИГАиК, 2002.
7. Руководство пользователя. Программный комплекс Геомастер 2. Версия 2. – М., ЦНИИГАиК, 2010.
8. Демьянов, Г.В. Государственные геодезические сети, современное состояние и перспективы развития / Г.В. Демьянов // Геодезия и картография. – 2008. – № 2.
9. Демьянов, Г.В. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России / Г.В. Демьянов, А.Н.Майоров, Г.Г. Побединский // Геопрофи. – 2011. – № 2.
10. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек : ГОСТ Р 51794-2008.

EXPERIENCE OF RUSSIAN FEDERATION FOR ESTABLISHING THE STATE GEODETIC COORDINATE SYSTEM 2011

B. GOROBEC, G. EFIMOV, I. STOLYAROV

Are given an overview of the state geodetic coordinate system 2011 and the main results of its implementation in the territory of the Russian Federation. The parameters of the transition from the coordinate system used on the territory of the Russian Federation at present, by 2011, the system of coordinates. The prospects of further development of the system of coordinates for the period 2011 to 2020.

Keywords: *coordinate system, the geodetic network, geodetic support.*