

УДК 528.087.6:528.235

DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-46-62

ЕДИНОЕ ВЫСОКОТОЧНОЕ ГОМОГЕННОЕ КООРДИНАТНОЕ ПРОСТРАНСТВО ТЕРРИТОРИЙ И МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ: ПУТИ ГАРМОНИЗАЦИИ

Владимир Иванович Обиденко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, проректор по СПО – директор техникума, e-mail: ovi62@yandex.ru

В статье приведены исследования проблемы построения единого высокоточного гомогенного координатного пространства территорий и роли в этом процессе местных систем координат (МСК). Дано описание двух основных типов местных систем координат, применяемых в Российской Федерации. Показано, что МСК населенных пунктов и локальных территорий в целом являются препятствием для построения единого высокоточного гомогенного координатного пространства территорий. В то же время местные системы координат субъектов РФ (МСК–NN) могут быть полноценным инструментом для построения такого единого координатного пространства территорий при условии, что они созданы на основе соответствующей точности государственной системы координат (предпочтительно на базе высокоточной Государственной системы координат 2011 года (ГСК-2011)). Отмечены современные тенденции в применении МСК, в том числе показано, что МСК ведения Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) становятся основными системами координат, в которых гражданские ведомства, начиная с Минстроя России, создают свои пространственные данные. Приведен пример практического опыта преобразования пространственных данных Минстроя Новосибирской области из множества МСК в единую МСК Новосибирской области, подтверждающий отмеченную общегосударственную тенденцию на переход от множества низкоточных МСК населенных пунктов и отдельных локальных территорий к единой, более точной и гомогенной МСК субъекта РФ (МСК–NN).

Ключевые слова: Государственная система координат 2011 года, местные системы координат, единое высокоточное гомогенное координатное пространство территорий, местные системы координат ведения ЕГРН.

Введение

Местные системы координат (МСК) имеют широкое применение в практике выполнения геодезических, картографических и кадастровых работ в нашей стране. Местные системы координат в геодезическом обеспечении территорий применяются с целью минимизации расхождений измеряемых величин на местности и на крупномасштабном топографическом плане [1], а также с целью ухода от режимных ограничений. Проблемам применения местных систем координат в различных сферах деятельности посвящено множество исследований [2–6].

Общее количество МСК, используемых в настоящее время на территории Российской Федерации, оценивается в 30 тысяч [7]. Однако, в свете современных тенденций технологического развития геодезии (всеобщая компьютеризация, применение геоинформационных технологий, глобализация) наличие тако-

го большого количества местных систем координат является в большей степени негативным фактором. Представление объектов и явлений местности и природы, имеющих в реальном мире непрерывное пространственное простирание и согласованное взаимное положение, в различных геоинформационных системах (ГИС) и базах пространственных данных (БПД) целесообразно было бы осуществлять в виде компьютерных моделей, также воссоздающих эти принципы пространственного положения объектов и явлений. Применение единой высокоточной гомогенной (однородной по точности) системы координат на данной территории при создании баз пространственных данных и ГИС позволяет воссоздать в таких компьютерных моделях реального мира единство географического пространства этой территории и естественных свойств объектов и явлений в части непрерывности их пространственного простирания и согласованности взаимного положения [8].

Местные системы координат, обеспечивая, как указано выше, на некоторой локальной территории желаемое минимальное различие измеряемых величин на местности и на крупномасштабном топографическом плане, в то же время разрывают единое координатное пространство этой территории на отдельные участки, что создает определенные проблемы в их применении.

Основной проблемой использования МСК является то, что пространственное положение объектов в одной МСК часто не стыкуется с положением аналогичных и других объектов, учитываемых в других системах координат (СК), особенно на стыке этих СК. Так, например, в реализованном в 2013 г. проекте по преобразованию объектов государственного кадастра недвижимости (ГКН) на территорию Новосибирской области из 214 МСК в единую МСК Новосибирской области (пересчитано свыше 1 миллиона объектов, более 1 миллиарда точек) [9], выявилась масса фактов пересечения границ объектов ГКН на стыке смежных МСК после их преобразования в единую МСК НСО. Несомненно, что использование для этих целей единой СК исключило бы такую ситуацию, так как объекты с пересекающимися границами в одной СК были бы видны и они просто не были бы включены в состав ГКН без устранения очевидных ошибок пространственного описания.

Другой существенной проблемой МСК является низкое (во многих случаях, за исключением МСК крупных городов) качество их координатной основы, что в конечном итоге определяет низкую точность МСК.

Целью работы является исследование проблемы установления и применения местных систем координат с целью построения единого высокоточного гомогенного координатного пространства территорий.

Местные системы координат, текущее состояние

Исторически основным типом местных систем координат в нашей стране являлись МСК, устанавливаемые в отношении отдельных населенных пунктов и других локальных территорий [10]. Эти МСК не имеют координатных зон

(являются беззональными) и, в основном, полностью соответствуют своему назначению (минимизация расхождения измеренных величин на местности и на плане) за счет установления начального меридиана применяемой в них проекции Гаусса – Крюгера в середине территории, для которой МСК установлена.

По мере развития компьютерных и геоинформационных технологий и применения в практической деятельности баз пространственных данных, охватывающих значительные территории, стало очевидным, что местные системы координат вышеуказанного типа являются препятствием для формирования качественных общегосударственных геоинформационных ресурсов, таких, например, как автоматизированная информационная система государственного кадастра недвижимости (АИС ГКН). Невозможность с топологической точностью согласовать объекты ГКН, отдельно учитываемые в тысячах таких МСК, приводила к значительному количеству пересечений границ объектов недвижимости, которые вне единого координатного пространства на этапе введения объектов в ГКН не выявлялись и накапливались в АИС ГКН в виде потенциальных кадастровых ошибок.

В этой связи Приказом Роснедвижимости [11] был введен новый тип МСК: местные системы координат, установленные в отношении территорий субъектов Российской Федерации (далее – МСК–NN), где NN – код субъекта РФ в соответствии с его общероссийской классификацией. МСК–NN имеют количество зон, требуемое для покрытия территории соответствующего субъекта РФ в его простирации с запада на восток. Координатные зоны в МСК–NN для большинства субъектов РФ – трехградусные, а для северных территорий – шестиградусные.

Таким образом, этим Приказом Роснедвижимости в отношении всех субъектов РФ были введены МСК, не соответствующие главному предназначению местных систем координат (минимизировать расхождение измеренных величин на местности и на плане), поскольку удаление объектов ГКН от осевого меридиана соответствующей зоны МСК–NN (соответственно трех- или шестиградусной) уже составляло значительную величину, вследствие чего относительные искажения на краях зон (трехградусных) составляло величину $1 / 4 \cdot 200$ (с учетом перекрытия в $0,5^\circ$). То есть необходимость формирования единого координатного пространства территории субъекта РФ как важное условие формирования качественного общегосударственного геоинформационного ресурса (АИС ГКН) стала причиной отказа от создания пространственных данных в системах координат, обеспечивающих минимальное различие измерений на местности и на плане. Очевидно, что это свойство крупномасштабного топографического плана (схожесть измеряемых величин на местности и на плане) в современных условиях компьютеризации не представляется незыблемой ценностью и при переходе к МСК, покрывающим большие территории (вплоть до территории субъектов РФ), оно может быть заменено (при необходимости) автоматизированным геокалькулятором, осуществляющим то же сравнение, но уже с учетом искажения проекции.

Однако использование единой системы координат для ведения Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) – это важное, но не главное условие качественного формирования пространственного описания объектов недвижимости. Другим фактором, существенно влияющим на качество координатного описания местоположения границ объекта недвижимости как его уникальной характеристики, позволяющей идентифицировать объект недвижимости как индивидуально-определенную вещь, является точность используемой для ведения ЕГРН единой системы координат.

Для сопоставления точности существующих в Российской Федерации государственных систем координат (ГСК) СК-42, СК-95 и ГСК-2011 воспользуемся наглядным подходом, изложенным в [10], и составим табл. 1, показывающую применимость этих ГСК для целей ведения ЕГРН. Употребляя в данных рассуждениях, посвященных точности СК, фразу «применение ГСК для целей ведения ЕГРН», будем иметь в виду не непосредственное ведение Реестра недвижимости в ГСК, а использование их как основы для создания МСК, в которой ведется ЕГРН, поскольку процедура преобразования координат характерной точки границы объекта недвижимости (ОН) из ГСК к МСК (в соответствии с установленными параметрами их связи) не изменяет первоначальной точности получения этих координат в ГСК.

В табл. 1 приведена оценка точности позиционирования в обычной для выполнения геодезических измерений в процессе кадастровых работ ситуации, когда координаты характерной точки границы объекта недвижимости определяются в данной СК от двух пунктов государственной геодезической сети (ГГС) (в том числе, с целью контроля, при использовании пунктов ГГС в качестве опорных для определения локальных параметров преобразования между геоцентрической и референцной СК при ГНСС-измерениях и т. д.), расположенных на расстоянии 25 км друг от друга.

Таблица 1

Оценка применимости государственных систем координат для целей ведения ЕГРН

ГСК и МСК на ее основе	Относительная точность ГСК (и МСК на ее основе)		Расстояние между исходными пунктами ГГС (км)	Расхождение величин координат характерной точки от соседних ГГС (м) (max/min)	Соответствие требованиям документа [12] по точности определения координат границ ОН
	min	max			
СК-42	1/40 000	1/150 000	25	0,63/0,17	Не соответствует
СК-95	1/300 000		25	0,08	Ограниченно соответствует
ГСК-2011	1/3 000 000		25	0,01	Полностью соответствует

При этом в расчете (см. табл. 1) учтено только влияние взаимной погрешности координат исходных пунктов ГГС на точность координат характерной точки (ХТ) границы объекта недвижимости и не учтена ошибка передачи координат от пункта ГГС на ХТ соответствующим геодезическим методом.

Как видно из табл. 1, точность СК-42, а также МСК, созданных на ее основе (также, как и на основе дочерней от СК-42 системе координат СК-63), не соответствует требованиям документа [12], определяющего точность определения координат характерных точек границ земельного участка не только в отношении земель населенных пунктов (п. 1), но и в отношении двух других категорий земель – земельные участки, отнесенные к землям сельскохозяйственного назначения и предоставленные для ведения личного подсобного, дачного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства (п. 2); земельные участки, отнесенные к землям промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, землям обеспечения космической деятельности, землям обороны, безопасности и землям иного специального назначения (п. 4). Нумерация категорий земель здесь и далее дана в соответствии с таблицей Приказа Минэкономразвития России от 01.03.2016 № 90 [12].

СК-95 и местные системы координат, созданные на ее основе, в соответствии с расчетами, приведенными в табл. 1, можно признать ограниченно соответствующими требованиям Приказа Минэкономразвития России от 01.03.2016 № 90 [12], определяющего точность определения координат характерных точек границ земельного участка, так как в проведенной оценке не учтена погрешность передачи координат от пункта ГГС на ХТ соответствующим геодезическим методом. Даже с использованием спутниковых технологий позиционирования эта погрешность на расстоянии в 25 км составит несколько сантиметров, что приведет к общей погрешности координат ХТ свыше 10 см, это может превысить допустимую погрешность определения ХТ границ объектов недвижимости, расположенных на землях населенных пунктов.

Однако приведенные в [10] и использованные при составлении табл. 1 относительные показатели точности ГСК характеризуют среднюю точность этих СК. К сожалению, СК-42 и СК-95 негомогенны и имеют неоднородную по точности структуру. Так, локальные деформации СК-42 в соответствии с Руководством пользователя по выполнению работ в СК-95 [13], могут составлять величины в несколько (3,5–4) метров, что делает ее использование в качестве базовой СК для создания МСК_NN_42, в которых ведется ЕГРН, неприемлемым в отношении большинства категорий земель, за исключением земельных участков, отнесенных к землям лесного фонда, землям водного фонда и землям запаса (п. 6, допустимая погрешность определения координат ХТ здесь ± 5 м).

Локальные деформации СК-95 на отдельных участках местности могут достигать несколько дециметров [14], что создает риски нарушения требований по точности определения координат характерных точек границ земельного участка не только для земель населенных пунктов, но и в отношении других кате-

горий земель (п. 2). Для полноценного использования МСК_NN_95, созданных на базе СК-95, необходимо осуществлять оценку точности СК-95 в пределах субъекта РФ, где такая МСК используется с тем, чтобы убедиться в отсутствии ее локальных деформаций недопустимого размера.

Наиболее точной государственной системой координат, безусловно соответствующей современным и перспективным требованиям по точности метрического (координатного) описания объектов недвижимости, является ГСК-2011.

Каким же образом используется потенциал государственных систем координат при создании и применении МСК, в том числе МСК, используемых для ведения ЕГРН, в настоящее время?

Несмотря на то, что СК-95 установлена в России в 2000 г., а высокоточная геодезическая система координат ГСК-2011, имеющая в качестве своей координатной основы геодезическую сеть, созданную прецизионными методами относительного спутникового позиционирования и соответствующая по точности самым современным средствам спутниковых геодезических измерений, установлена в Российской Федерации с 01.01.2017, большинство используемых местных систем координат образованы от наименее точной государственной системы координат 1942 года (СК-42) или ее дочерней системы координат 1963 года (СК-63), равноценной СК-42 по точности.

Причины применения СК-42 для местных систем координат населенных пунктов и других локальных территорий очевидны: МСК создавались и соответствующие геодезические и топографические работы в них выполнялись тогда, когда СК-42 была единственной государственной системой координат.

К сожалению, местные системы координат МСК–NN, установленные Роснедвижимостью в отношении субъектов РФ в 2007 г., также основаны на СК-42 (СК-63), хотя необходимые организационно-технические мероприятия для перехода к использованию более прогрессивной системы геодезических координат 1995 года, определенные Постановлением Правительства РФ [15], были завершены еще в 2002 г. [10]. Таким образом был упущен исторический шанс формирования единой координатной основы (в пределах субъектов РФ) для ведения ГКН на сравнительно с СК-42 более точной и более гомогенной координатной основе – на базе СК-95.

Понимая пагубность применения МСК, основанных на СК-42 (МСК–NN_42) для ведения ГКН, в отдельных регионах Российской Федерации (около 10) были приняты решения об установлении и введении в действие местных систем координат, основанных на СК-95 (МСК–NN_95), и осуществлено преобразование объектов ГКН из множества МСК, основанных на СК-42, в эту единую, более точную и гомогенную МСК субъекта РФ (МСК–NN_95) [9, 16]. Несмотря на отличие в технологических подходах реализации этой задачи, дающих относительно разные по точности результаты [9], решения о переходе на МСК–NN_95 были стратегически верными на пути к построению единого высокоточного гомогенного координатного пространства на территории соответствующих субъектов РФ, обеспечивающего качественное формирование

единых общегосударственных пространственных баз данных и геоинформационных ресурсов этих регионов, включая ЕГРН.

Однако, к сожалению, общей тенденцией это не стало и в большинстве субъектов РФ ведение ЕГРН продолжает и в настоящее время осуществляться пусть и в единых, но негомогенных МСК, основанных на наименее точной, имеющей существенные (в несколько метров) локальные деформации в государственной системе координат СК-42, не обеспечивающей необходимые требования по точности пространственного описания объектов недвижимости.

***Тенденции и перспективы построения единого высокоточного
гомогенного координатного пространства территорий
и применения местных систем координат***

Применение для ведения ЕГРН систем координат, не соответствующих требованиям по точности пространственного описания объектов недвижимости (при наличии более точных государственных систем координат), до последнего времени имело своим последствием некачественное формирование метрического описания объектов недвижимости в составе АИС ЕГРН.

Однако ситуация изменилась с выходом Приказа Минстроя от 25.02.2019 № 127/пр [17], установившего, что представляемые в составе материалов и результатов инженерных изысканий пространственные данные должны иметь привязку к системе координат, используемой для ведения Единого государственного реестра недвижимости, а инженерно-топографические планы и другая картографическая продукция (ситуационные планы, обзорные схемы и др.) должны создаваться в местных системах координат, используемых при ведении Единого государственного реестра недвижимости.

В настоящее время Минстроем России и региональными министерствами строительства начаты работы по преобразованию координат пунктов геодезических сетей сгущения, крупномасштабных топографических планов и материалов инженерных изысканий из местных систем координат (типа МСК) в системы координат ведения ЕГРН. Например, в 2019 г., по заказу ГБУ Новосибирской области «Фонд пространственных данных Новосибирской области» (ГБУ НСО «Геофонд НСО», входит в состав регионального Минстроя) СГУГиТ выполнил работы по преобразованию координат пунктов геодезических сетей сгущения (16 250 пунктов полигонометрии 1-го, 2-го разряда), а также свыше 10 000 растровых изображений номенклатурных листов крупномасштабных топографических планов из множества МСК (свыше 700) в единую МСК Новосибирской области.

В процессе выполнения этих работ автору, осуществлявшему преобразование координат пунктов геодезических сетей сгущения (полигонометрии 1-го, 2-го разряда), пришлось еще раз убедиться в низком качестве местных систем координат, ранее установленных в отношении отдельных населенных пунктов. Так, в процессе верификации параметров перехода (ключей) между местными

системами координат и государственными системами координат, осуществляемой путем пересчета координат пунктов ГГС из ГСК в МСК по имеющимся ключам МСК с последующим их сравнением с каталожными значениями координат пунктов ГГС в этих МСК, в 37 % случаев получены отрицательные результаты. Из 30 населенных пунктов (районные центры и города Новосибирской области, включая г. Новосибирск) имеющиеся ключи у 11 МСК не соответствовали реальным параметрам связи МСК и ГСК.

Примеры отрицательных результатов верификации МСК для некоторых населенных пунктов Новосибирской области приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты верификации МСК для некоторых населенных пунктов

Название пункта ГГС (п. тр.)	Каталожные координаты в МСК		Вычисленные по ключам координаты в МСК		Разность координат	
	X, м	Y, м	X, м	Y, м	Dx, м	Dy, м
1	2	3	4	5	6	7
Кочки						
Кирпичный завод	13 028,51	11 501,29	13 028,23	11 501,54	0,28	-0,25
Красносибирское	7 077,13	918,80	7 076,79	919,34	0,34	-0,54
Ур. Вороновка	6 692,69	13 438,49	6 692,34	13 438,79	0,35	-0,3
Кочки	12 731,31	3 744,83	12 730,90	3 745,40	0,41	-0,57
Купино						
ГЛФ	16 577,75	21 672,62	16 576,80	21 673,09	0,95	-0,47
Купино	14 833,9	25 911,59	14 832,47	25 913,14	1,43	-1,55
СТФ	19 262,09	24 699,64	19 261,86	24 700,91	0,23	-1,27
Элеватор	13 440,64	22 978,66	13 438,85	22 979,43	1,79	-0,77
Стеклоанное	14 278,16	18 052,42	14 276,59	18 051,86	1,57	0,56
Маслянино						
Совхозный	10 000,00	4 000,00	10 000,34	4 000,42	-0,34	-0,42
Мамоново	4 352,85	13 611,37	4 352,93	13 610,98	-0,08	0,39
Маслянинский свхз.	2 594,27	6 039,09	2 594,39	6 039,00	-0,12	0,09
Обь						
Обь	2 938,67	3 006,33	2 939,25	3 006,64	-0,58	-0,31
Змейка	-1 063,54	2 060,36	-1 063,53	2 060,41	-0,01	-0,05
Мачта	-3 590,44	6 465,22	-3 590,87	6 465,84	0,43	-0,62
Северное						
Образцово	1 999,96	999,99	2 000,00	1 000,00	-0,04	-0,01
Северное	3 673,55	9 589,66	3 673,52	9 589,30	0,03	0,36
пп 6657	5 466,92	2 184,14	5 466,98	2 184,59	-0,06	-0,45

Объяснение причин таких результатов верификации МСК удалось найти в сохранившемся письме главного инженера Предприятия № 8 В. А. Лазаренко заместителю начальника ГУГиК при СМ СССР Л. А. Кашину, посвященном теме качества МСК на закрепленной за Предприятием № 8 территории. В нем указывалось на следующее:

«– параметры ранее принятых ведомственными организациями местных систем координат были заданы без учета требований основных положений и действующей инструкции по крупномасштабным съемкам относительно необходимости вычисления координат геодезических пунктов в проекции Гаусса в трехградусной зоне;

– обработка геодезических сетей ведомственными организациями выполнена в большинстве случаев упрощенными способами, с отклонениями от проекции Гаусса: масштабирование сети произведено относительно осевого меридиана, проходящего через начальный пункт местной системы координат или вблизи его, а ориентирование сети – относительно осевого меридиана шестиградусной зоны, при этом разность долгот меридианов составляет $2,0\text{--}2,5^\circ$. В ряде случаев координаты исходных пунктов (ГГС. – Прим. автора) были взяты из предварительного уравнивания;

– по вышеуказанным причинам координаты пунктов, вычисленные предприятием, получили расхождения с координатами ведомственных организаций на величину более $0,1$ м и достигают максимального расхождения до $2,5$ м».

Во многих населенных пунктах хода полигонометрии 1-го, 2-го разряда развивались ведомственными организациями (вне системы ГУГК) с опорой на единственный исходный пункт ГГС или без привязки к ГГС вовсе. Кроме того, при получении отрицательных результатов развития сетей сгущения и установлении фактов некачественного выполнения работ, их исполнителями (ведомственные организации вне системы ГУГК) зачастую работы не браковались и не переделывались измерения в сети и ее уравнивание заново, а вносились изменения, соответствующие порядку ошибок в полигонометрии, в параметры МСК, чем МСК и геометрия закрепляющей ее геодезической сети еще больше деформировались.

Наиболее высокое качество имеют МСК крупных городов (Новосибирск, Татарск), где, вследствие (как справедливо отмечается в [1]) развития опорных геодезических сетей, погрешность верификации МСК не превысила $0,1$ м.

С целью преобразования координат пунктов сетей сгущения в единую местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО, построенную, как указывалось выше, на СК-95) и согласования их наилучшим образом с МСК НСО для населенных пунктов, где получены отрицательные результаты верификации МСК, параметры связи МСК и ГСК (СК-95) восстановлены заново.

Вышеприведенный практический пример преобразования координат пунктов геодезических сетей сгущения и крупномасштабных топографических планов из множества МСК в МСК ведения ЕГРН на территории Новосибирской области (МСК–54_95) позволяет говорить о начале новой тенденции в применении МСК и формировании координатного пространства территорий субъектов РФ. Эта тенденция заключается в том, что вслед за переходом к единым местным системам координат субъектов РФ для ведения ЕГРН, инициированным Росреестром, остальные отрасли экономики (начиная с Минстроя РФ, уже принявшим это решение) выбирают для себя в качестве ориентира МСК ведения

Единого государственного реестра недвижимости и начинают использовать ее в качестве СК для создания своих пространственных данных, ведомственных пространственных баз данных и ГИС.

Эта тенденция создает новый исторический шанс сформировать на территории субъектов РФ не просто единое, но при этом гомогенное и высокоточное координатное пространство, соответствующее современным средствам геодезических измерений.

Для этого, переходя на единую в субъекте РФ МСК для ведения ЕГРН, целесообразно:

- отказаться от МСК, созданных на базе СК-42, применение которых в современных условиях недопустимо (нормативная точность координирования характерных точек границ объектов недвижимости в этих МСК не соблюдается для трех категорий земель из семи (пп. 1, 2, 4) и существуют реальные риски ее несоответствия еще для 3-х других категорий земель (пп. 3, 5, 7));

- инициировать процесс создания (модернизации) и использования для ведения ЕГРН (а, следовательно, в свете намечающейся тенденции, и для создания большинства других пространственных данных гражданских ведомств) местных систем координат субъектов РФ на основе высокоточной государственной системы координат ГСК-2011.

В таком едином, гомогенном и высокоточном координатном пространстве местных систем координат субъектов РФ, созданных на базе ГСК-2011 (МСК–NN_2011), станет возможным не только гарантированно обеспечить нормативно установленное качество пространственного описания границ объекта недвижимости (его уникальной характеристики, позволяющей идентифицировать объект недвижимости как индивидуально-определенную вещь и исключить возможные споры и судебные разбирательства по этому поводу), но на таком же уровне точности создавать согласованные пространственные данные во всех сферах российской экономики.

Однако для того, чтобы ГСК-2011 стала базой для создания (модернизации) местных систем координат субъектов РФ, и ведения в этих МСК–NN_2011 ЕГРН, необходимо, чтобы ее координатной основой являлись не только пункты спутниковых геодезических сетей (ФАГС, ВГС, СГС-1), что составляет менее 5 % от количества пунктов всей ГГС, а вся государственная геодезическая сеть (в объеме, уменьшенном в соответствии с установленными правительством нормами плотности пунктов ГГС [18]). Как показано в [19], пункты традиционных ГГС 1–4-го класса не стали полноценной (соответствующей точности) координатной основой ГСК-2011 даже после их уравнивания совместно со спутниковыми сетями при установлении ГСК-2011. В этой связи целесообразно инициировать процесс сбора и систематического накопления современной измерительной информации (ГНСС-векторы, измеренные по методике СГС-1) на пунктах ГГС 1–4-го классов для последующего переуравнивания этой сети совместно с СГС с целью устранения имеющихся локальных и региональных деформаций и повышения точности их координат. Этот подход позволит начать

создавать на базе пунктов традиционной ГГС полноценную (соответствующей точности) координатную основу ГСК-2011 уже сейчас, а не в неопределенном будущем, как это предусмотрено в новой структуре ГГС [20], предполагающей развитие СГС-1 вместо (а не на основе существующих пунктов) ГГС 3–4-го классов лишь «при снижении плотности пунктов государственной сети за счет утраты пунктов геодезических сетей сгущения на этой территории».

При этом под сбором измерительной информации (ГНСС-векторы) понимается не только (и не столько) выполнение спутниковых измерений на пунктах ГГС за счет государственных средств (в условиях нынешнего финансирования отрасли геодезии решение такой задачи только за счет бюджетных средств нереалистично). Речь идет в большей степени о сборе сырых ГНСС-данных спутниковых измерений на пунктах ГГС (по нормативно установленным требованиям к таким измерениям) в геодезическом сообществе, с последующей их централизованной обработкой. По такому же принципу функционирует IGS (установка IGS-станций и выполнение на них ГНСС-измерений отдельными организациями во всем мире с их обработкой в единых центрах), по всей видимости, так же (на основе государственно-частного партнерства) будет формироваться и российская федеральная сеть дифференциальных геодезических станций (включение в ФСДГС соответствующих заданным техническим параметрам ДГС станций, созданных и поддерживаемых различными организациями).

Характер ГНСС-измерений таков, что при установлении минимальных к ним требований (продолжительность сеанса наблюдений базовой линии, интервал регистрации сигналов ГНСС и т. д., обеспечивающих вычисление базовой линии с разрешением целочисленной неоднозначности фазовых циклов), можно собрать качественные данные спутниковых измерений, выполненных различными организациями, а сходимости в заданных пределах координат пунктов ГСС, вычисленных по нескольким базовым векторам, будет служить контролем отсутствия в них грубых ошибок измерений (прежде всего в высотах установки антенн и центрировании ГНСС-приемников). Очевидно, что таких ГНСС-измерений на пунктах ГГС в геодезическом сообществе в нашей стране уже сейчас накопилось достаточно. Например, только в СГУГиТ имеются ГНСС-измерения на более чем 400 пунктах ГГС, выполненные в процессе привязки ДГС Новосибирской области к государственной системе координат.

При наличии соответствующей программы по сбору, накоплению ГНСС-векторов, измеренных между пунктами ГГС, для дальнейшего их использования при уравнивании ГГС 1–4-го классов совместно с СГС с целью повышению точности ГГС, очевидно, в нее включились бы большинство геодезических фирм, выполняющих полевые ГНСС-измерения. Они могли бы предоставить уже имеющиеся у них данные ГНСС-измерений на пунктах ГГС, а также в будущем, при выполнении на данной территории работ в интересах своих компаний, планировать их с учетом потребностей данной программы.

Предположение, что для ГСК-2011 достаточно координатной основы в виде спутниковой геодезической сети в составе ФАГС, ВГС, СГС-1, а также раз-

витых на территории субъектов РФ сетей дифференциальных геодезических станций (ДГС), является нежизненным по следующим причинам.

Не во всех случаях возможно применение спутниковых технологий с опорой на координатную основу ГСК-2011 исключительно в виде СГС. В условиях, затрудненных для приема сигналов ГНСС (плотная застройка, узкие ущелья, залесенная местность, в полях радиопомех) все еще остается необходимость использовать традиционные наземные измерения с привязкой к координатной основе ГСК-2011 в виде пунктов классической ГГС 1–4-го класса. При спутниковых измерениях на территориях, не покрытых с достаточной плотностью пунктами спутниковой геодезической сети и ДГС, также остается необходимость использования ГГС 1–4-го класса в качестве координатной основы ГСК-2011. В случае, если точность традиционной ГГС не будет повышена в соответствии с вышеприведенной методикой до СГС, результаты измерений по определению координат требуемых точек интереса от пунктов этой сети не будут совпадать с результатами позиционирования от ДГС и/или от СГС, что нарушает однородность единого координатного пространства территории и приводит к рассогласованности создаваемых на базе такой геодезической основы пространственным данных.

Кроме того, пункты ГГС 1–4 классов остаются элементом государственной координатной основы страны, очень важным для распространения и надежного закрепления на территории Российской Федерации ГСК-2011 (особенно в условиях возможной частичной (искажение или глушение сигналов ГНСС) или полной (деградация спутниковой группировки вследствие преднамеренного воздействия) потери возможности использования ГНСС-технологий, а также в тех районах, где отсутствуют ДГС. Интересы безопасности государства и надежности функционирования его экономики предполагают использование традиционной ГГС 1–4-го классов в качестве резервного (дублирующего) канала для обеспечения доступа потребителей к ГСК-2011 [21]. В этой связи целесообразно ускорить процесс вышеуказанного совершенствования традиционной ГГС 1–4-го классов путем преобразования части ее пунктов (в соответствии с новыми нормами плотности) в спутниковую геодезическую сеть с тем, чтобы введение МСК–NN_2011 было окончательным решением по совершенствованию МСК и полноценной координатной основой МСК–NN_2011 могла быть вся ГГС.

Заключение

Очевидно, что идеальным сценарием геодезического (координатного) обеспечения территории является использование в ее пределах единой однородной системы координат, точность координатной основы которой в необходимой и достаточной степени обеспечивает нужды потребителей. В свете существующих тенденций формирования общегосударственных геоинформационных ресурсов и пространственных баз данных оптимальным было бы примене-

ние для этих целей государственной системы координат ГСК-2011, точностные параметры которой соответствуют современным и перспективным запросам потребителей, в том числе полностью удовлетворяют нормативным требованиям по точности пространственного описания характерных точек границ объектов недвижимости в составе ЕГРН.

Однако, в свете сложившихся в нашей стране традиций ухода от режимных ограничений, использование местных систем координат, устанавливаемых в отношении субъектов Российской Федерации для ведения ЕГРН (МСК–NN), является разумным компромиссом между указанными в статье ограничениями МСК и необходимостью соответствовать запросам пользователей на формирование единых общегосударственных геоинформационных ресурсов. При этом использование в качестве основы для формирования этих МСК–NN, в которых не только ведется ЕГРН, но и, начиная с 2019 г., будут создаваться пространственные данные и материалы инженерных изысканий градостроительной деятельности, государственной системы координат СК-42, не соответствующей по своим точностным параметрам ни ЕГРН, ни градостроительной деятельности, в условиях наличия в стране более прогрессивной СК-95 и современной высокоточной гомогенной государственной системы координат ГСК-2011, нецелесообразно.

Очевидно, что создание в структуре общегосударственных геоинформационных ресурсов (ЕГРН, базы пространственных данных градостроительной деятельности и т. д.) пространственных данных, имеющих ошибки координатного описания, существенно превышающие нормативно установленные допустимые величины, может быть с абсолютной уверенностью прекращено только путем создания местных систем координат субъектов РФ (МСК–NN) на базе гомогенной и высокоточной системы координат – ГСК-2011.

Местные системы координат, установленные в отношении отдельных населенных пунктов и некоторых других локальных территорий, все еще будут использоваться в практике геодезических работ (прежде всего в отношении крупных городов), однако очевидно, что количество их существенно уменьшится. Описанный в статье практический опыт преобразования пространственных данных из множества МСК в единую МСК Новосибирской области показывает, что после преобразования объектов ГКН (2013 г.), пунктов геодезических сетей сгущения и крупномасштабных топографических планов (2019 г.) из этих МСК в единую МСК Новосибирской области (МСК–54_95) никакие новые работы (при наличии официально установленной единой для субъекта РФ МСК НСО) не будут в них выполняться, что сделает их дальнейшее существование бессмысленным. Очевидно, что аналогичные процессы в свете принятых Минстроем РФ решений [17] будут проходить по всей стране.

Таким образом, современные тенденции и потребности общества в формировании единых общегосударственных пространственных баз данных и геоинформационных ресурсов изменяют практику применения местных систем координат. МСК для отдельных населенных пунктов и локальных территорий бу-

дуг использоваться в практике геодезических работ все меньше и преимущественно там, где вышеуказанные негативные последствия от их применения могут быть минимизированы: создана качественная координатная основа, соответствующая по точности ГСК-2011; созданы автоматизированные инструменты для обмена пространственными данными между этими МСК и действующими на данной территории МСК–NN (в идеальном варианте это МСК–NN_20011). Только при таких условиях эти МСК смогут гармонично вписаться в единое высокоточное гомогенное координатное пространство каждого субъекта РФ в отдельности и страны в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демьянов Г. В., Майоров А. Н., Побединский Г. Г. Местные системы координат, существующие проблемы и возможные пути их решения // Геопрофи. – 2009. – № 2. – С. 52–57.
2. Аврунев Е. И., Метелева М. В. О совершенствовании системы координатного обеспечения государственного кадастра недвижимости // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (25). – С. 60–66.
3. Аврунев Е. И., Вылегжанина В. В., Гиниятов И. А., Совершенствование кадастровых работ по уточнению границ ранее учтенных земельных участков // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 126–135.
4. Совершенствование аналитического способа вычисления границ земельных участков / Е. И. Аврунев, В. В. Вылегжанина, И. А. Гиниятов, В. Г. Колмогоров, Х. К. Ямбаев // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 126–135.
5. Афонин К. Ф. Преобразование плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 57–62.
6. Виноградов А. В., Мазуров Б. Т. Перспективы использования специальных геодезических проекций и местных систем координат // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 18–29.
7. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский // Геопрофи. – 2013. – № 6. – С. 4–9.
8. Карпик А. П., Обиденко В. И. Формирование единого геопространства территорий для повышения качества геодезического обеспечения государственного кадастра недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 3–11.
9. Карпик А. П., Ламерт Д. А., Обиденко В. И. Реализация «дорожной карты»: пути повышения качества пространственного описания объектов государственного кадастра недвижимости // Геодезия и картография. – 2013. – № 12. – С. 45–49.
10. Демьянов Г. В., Майоров А. Н., Побединский Г. Г. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России // Геопрофи. – 2011. – № 4. – С. 15–21.
11. Об утверждении Положения о местных системах координат Роснедвижимости на субъекты Российской Федерации [Электронный ресурс] : приказ Роснедвижимости от 18.06.2007 № П/0137. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, соору-

жения и помещения [Электронный ресурс] : приказ Министерства экономического развития РФ от 01.03.2016 № 90. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

13. ГКИНП (ГНТА)-06-278-04. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95) [Электронный ресурс] : приказ Роскартографии от 01.03.2004 № 29-пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

14. Попадьев В. В., Ефимов Г. Н., Зубинский В. И. Геодезическая система координат 2011 года // *Астрономия, геодезия и геофизика*. – М. : Изд-во ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2018. – С. 139–228.

15. Об установлении единых государственных систем координат [Электронный ресурс] : постановление Правительства Российской Федерации от 28.07.2000 № 586. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. Шавук В. С. Введение в действие местных систем координат в Северо-Кавказском федеральном округе // *Геодезия и картография*. – 2012. – № 10. – С. 10–13.

17. Об утверждении свода правил «Инженерные изыскания при планировке территорий. Общие требования» [Электронный ресурс] : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 25.02.2019 № 127/пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

18. Об утверждении норм плотности размещения на территории Российской Федерации геодезических пунктов государственной геодезической сети, нивелирных пунктов государственной нивелирной сети и гравиметрических пунктов государственной гравиметрической сети [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.11.2016 № 2347-р. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

19. Обиденко В. И. Методология геодезического обеспечения цифровой экономики Российской Федерации // *Геодезия и картография*. – 2019. – Т. 80. – № 12. – С. 42–55. Doi: 10.22389/0016-7126-2019-954-12-00-00.

20. Об установлении структуры государственной геодезической сети и требований к созданию государственной геодезической сети, включая требования к геодезическим пунктам [Электронный ресурс] : приказ Росреестра от 29.03.2017 № 138. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

21. О геодезическом обеспечении территории России. К 80-летию Г. В. Демьянова / А. В. Басманов, В. П. Горобец, В. И. Забнев, В. И. Кафтан, Г. Г. Побединский, И. А. Столяров, П. А. Ходаков // *Геопрофи*. – 2019. – № 6. – С. 10–15.

Получено 17.02.2020

© В. И. Обиденко, 2020

A SINGLE HIGH-PRECISION HOMOGENEOUS COORDINATE SPACE OF TERRITORIES AND LOCAL COORDINATE SYSTEMS: WAYS OF HARMONIZATION

Vladimir I. Obidenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Vice-rector for Secondary Professional Education – Director of Novosibirsk Technical School of Geodesy and Cartography, e-mail: ovi62@yandex.ru

The article presents research on the issue of constructing a single high-precision homogeneous coordinate space of territories and the place in this process of local coordinate systems (LCS). A description is given of two main types of local coordinate systems used in the Russian Federation. It is shown, that local coordinate systems of settlements and local territories (LCS) in their cur-

rent form, in general, are an obstacle to building a single high-precision homogeneous coordinate space of territories. At the same time, local coordinate systems of the Regions of the Russian Federation (LCS–NN) can be a full-fledged tool for constructing such a single coordinate space of territories, provided that they are created on the basis of the corresponding accuracy of the state coordinate system (preferably based on high-precision the State Coordinate System of 2011 (SCS-2011). Current trends in the application of LCSs are noted, including the fact, that local coordinate systems for maintaining the SSRI are becoming the main CS in which civilian departments, starting with the Ministry of Construction of the Russian Federation, will create their spatial data. An example of practical experience of converting spatial data of the regional Ministry of Construction of the Novosibirsk Region from a multitude of LCSs to a single LCS of the Novosibirsk Region is presented, confirming the noted national trend towards the transition from many low-precision LCSs of settlements and individual local territories to a single, more accurate and more homogeneous LCSs of the subject of the Russian Federation (LCS–NN).

Key words: the State Coordinate System of 2011, local coordinate systems, a single high-precision homogeneous coordinate space of territories, local coordinate systems of maintaining the USRI.

REFERENCES

1. Dem'yanov, G. V., Majorov, A. N., & Pobedinskij, G. G. (2009). Local coordinate systems, existing problems and possible solutions. *Geoprofi*, 2, 52–57 [in Russian].
2. Avrunev, E. I., & Meteleva, M. V. (2011). On improving the system of coordinate support of the state real estate cadaster. *Vestnik SGGa [Vestnik SGGa]*, 1(25), 60–66 [in Russian].
3. Avrunev, E. L., Vylegzhanina, V. V., & Giniyatov, I. A. (2017). Improvement of cadastral works on specification of the boundaries of previously surveyed land. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(4), 126–135 [in Russian].
4. Avrunev, E. I., Vleglegzhanina, V. V., Giniyatov, I. A., Kolmogorov, V. G., Yambaev, & Kh. K. (2019). Improving the analytical method for calculating land boundaries. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 126–135 [in Russian].
5. Afonin, K. F. (2010). Conversion of flat rectangular Gauss – Krueger coordinates from MSK-54 to SK NSO. *Vestnik SGGa [Vestnik SSGa]*, 1(12), 57–62 [In Russian].
6. Vinogradov, A. V., & Mazurov, B. T. (2017). Prospects for the use of special geodetic projections and local coordinate systems. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(1), 18–29 [in Russian].
7. Gorobets, V. P., Demyanov, G. V., Mayorov, A. N., & Pobedinsky, G. G. (2013). Current state and directions of development of geodetic support of the Russian Federation. Coordinate systems. *Geoprofi*, 6, 4–9 [In Russian].
8. Karpik, A. P., & Obidenko, V. I. (2013). Formation of a single geospatial territory to improve the quality of geodetic support of the state real estate cadaster. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: T. 1. Plenarnoe zasedanie [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2013: Vol. 1. Plenary Session]* (pp. 3–11). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
9. Karpik, A. P., Lamert, D. A., & Obidenko, V. I. (2013). Implementation of the Road Map: ways to improve the quality of the spatial description of objects of the state real estate cadastre. *Geodezia i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 12, 45–49 [in Russian].
10. Dem'yanov, G. V., Majorov, A. N., & Pobedinskij, G. G. (2011). Problems of continuous improvement of the GHS and the geocentric coordinate system of Russia. *Geoprofi*, 4, 15–21 [in Russian].
11. Order of Rosnedvizhimost on June 18, 2007 No. P / 0137. On approval of the Regulation on local coordinate systems of Rosnedvizhimost on the subjects of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

12. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of March 1, 2016 No. 90. On approval of requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the boundaries of a land plot, requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the outline of a building, structure or construction-in-progress object on land site, as well as requirements for determining the area of a building, structure and premises. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian]
13. Order of Roskartografiya of March 01, 2004 No. 29-pr. User manual for the performance of work in the coordinate system of 1995 (SK-95). GKNP (GNTA)-06-278-04. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
14. Popad'ev, V. V., Efimov, G. N., & Zubinskii, V. I. (2018). The geodetic coordinate system of 2011. In *Nauchno-tekhnicheskii sbornik: Astronomiya, geodeziya i geofizika [Scientific and Technical Collection: Astronomy, Geodesy and Geophysics]* (pp. 139–228). Moscow: FGBU Publ. "Tsentr geodezii, kartografii i IPD" [in Russian].
15. Decree of the Government of the Russian Federation of July 28, 2000 No. 586. On the establishment of unified state coordinate systems. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
16. Shavuk, V. S. (2012). Implementation of local coordinate systems in the North Caucasus Federal District. *Geodezia i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 10, 10–13 [in Russian].
17. Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation of February 25, 2019 No. 127 / pr. On the approval of the code of practice "Engineering surveys in the planning of territories. General requirements". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
18. Order of the Government of the Russian Federation dated 03.11.2016 No. 2347-r. On approval of density standards for the placement of geodetic points of the state geodetic network, leveling points of the state leveling network and gravimetric points of the state gravimetric network on the territory of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
19. Obidenko, V. I. (2019). The methodology of geospatial support of the digital economy of the Russian Federation. *Geodezia i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 80, 12, 42–55. Doi: 10.22389/0016-7126-2019-954-12-00-00 [in Russian].
20. On establishing the structure of the state geodetic network and the requirements for the creation of the state geodetic network, including the requirements for geodetic points. Rosreestr's order of March 29, 2017 No. 138. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
21. Basmanov, A. V., Gorobec, V. P., Zabnev, V. I., Kaftan, V. I., Pobedinskij, G. G., Stolyarov, I. A., & Hodakov, P. A. (2019). On the geodetic support of the territory of Russia. To the 80th anniversary of G. V. Demyanov. *Geoprofi*, 6, 10–15 [in Russian].

Received 17.02.2020

© V. I. Obidenko, 2020