

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Обиденко Владимир Иванович



Теоретические и методологические основы создания единого
высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации

1.6.22. Геодезия

Диссертация на соискание ученой степени доктора
технических наук

Научный консультант –
доктор технических наук, старший научный сотрудник
Непоклонов Виктор Борисович

Новосибирск – 2026

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	24
1.1 Исследование потребности Российской Федерации в пространственных данных	24
1.2 Анализ состояния координатного пространства субъекта Российской Федерации.....	33
1.2.1 Проблема количества местных систем координат, применяемых в субъекте Российской Федерации.....	35
1.2.2 Точность местных систем координат, применяемых в субъектах Российской Федерации.....	40
1.2.3 Адаптация координатного пространства субъекта Российской Федерации к новым ГСК, устанавливаемым в процессе их эволюционного совершенствования	46
1.2.4 Качественное преобразование пространственных данных между различными версиями координатного пространства субъекта Российской Федерации.....	49
2 МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕГО АКТУАЛИЗАЦИИ.....	55
2.1 Методологические принципы создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации	55
2.2 Методологические решения ключевых проблем построения единого высокоточного координатного пространства региона.....	75
2.2.1 Методологическое решение проблем адаптации единой местной системы координат региона к новым версиям государственных систем координат	76

2.2.1.1 Адаптация единой местной системы координат региона к новой ГСК для «Перехода типа I».....	76
2.2.1.2 Адаптация единой местной системы координат региона к новой ГСК для «Перехода типа II»	81
2.2.2 Методологическое решение проблемы качественного преобразования пространственных данных между смежными версиями координатного пространства субъекта Российской Федерации.....	92
2.2.2.1 Преобразование пространственных данных на этапе «Перехода типа I».....	93
2.2.2.2 Сохранение пространственных данных на этапе «Перехода типа II»	106
3 ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ).....	110
3.1 Технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа I».....	110
3.1.1 Адаптация МСК-NN_42 к СК-95 и ее преобразование в МСК-NN_95.....	112
3.1.2 Разработка программного обеспечения для координатных преобразований	113
3.1.3 Построение цифровых моделей деформации координат	126
3.1.4 Инвентаризация и верификация параметров перехода между МСК и ГСК.....	130
3.1.5 Контроль и верификация результатов координатных преобразований	140
3.1.6 Реализация технологии на примере Черепановского района Новосибирской области	142

3.1.7	Возможности применения методологии и технологии создания ЕВКП региона на «Переходе типа I» для всех субъектов РФ	162
3.2	Технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа II»	165
3.2.1	Технология разработки «гибридной» МСК в качестве единой местной системы координат региона	165
3.2.1.1	Особенности работы с плоскими прямоугольными координатами в «гибридной» МСК.....	167
3.2.1.2	Особенности работы с координатными зонами в «гибридной» МСК	172
3.2.1.3	Определение оптимальных параметров перехода между ГСК-2011 и «гибридной» МСК_2011(МСК НСО)	179
3.2.2	Реализация методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на «Переходе типа II» (на примере Новосибирской области)	184
3.2.3	Адаптация пространственных данных на этапе «Перехода типа II»	194
3.2.4	Порядок установления «гибридной» МСК в качестве единой местной системы координат региона	196
3.2.5	Возможности масштабирования технологии создания ЕВКП региона на этапе «Перехода типа II» для всех субъектов Российской Федерации	199
4	ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	212

4.1 Внедрение методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» в Новосибирской области.....	212
4.1.1 Адаптация МСК-NN_42 Новосибирской области к СК-95	212
4.1.2 Адаптация пространственных данных региона к СК-95	215
4.1.2.1 Качественное преобразование в ЕТКП Новосибирской области пространственного описания объектов недвижимости.....	215
4.1.2.2 Качественное преобразование в ЕТКП Новосибирской области пространственных данных, применяемых в градостроительной деятельности.....	224
4.1.2.3 Применение разработки при установлении границы между Новосибирской областью и смежными субъектами Российской Федерации.....	231
4.1.2.4 Адаптация МСК Город в единое координатное пространство региона, созданное на базе МСК НСО.....	237
4.2 Применение методологии и технологии создания ЕВКП региона для создания ЕВКП иных территорий.....	238
4.3 Применение отдельных технологических решений из состава технологии создания ЕВКП субъекта РФ в иных целях.....	261
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	267
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	269
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) ПРИМЕР СТРАНИЦ СЛУЖЕБНОГО ФАЙЛА ОПИСАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ <i>COOTRANSF.INI</i>	297

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) ПЕРЕЧЕНЬ МСК, ИСПОЛЬЗОВАВШИХСЯ НА ТЕРРИТОРИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ АИС ГКН ПО СОСТОЯНИЮ НА 1.01.2013 г.	300
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) ВЕРИФИКАЦИЯ СТАТИСТИКИ ВХОДНОЙ И ВЫХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ИТОГАМ КООРДИНАТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕРЕПАНОВСКОГО РАЙОНА)	306
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В РОСРЕЕСТРЕ	309
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В ППК «РОСКАДАСТР»	310
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное) КОПИЯ ПИСЬМА ПРЕДПРИЯТИЯ № 8 В ГУГик СССР ПО ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ПРИМЕНЯЕМЫХ МСК.....	313
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное) АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В ГБУ НСО «ГЕОФОНД НСО»	316

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Российской Федерации, как государству с самой большой в мире территорией, предназначено иметь собственную государственную (национальную) систему координат (ГСК), которая посредством государственной геодезической сети (ГГС) распространяется на всю страну с требуемой точностью. Государственной (по ГОСТ Р 70846.2–2023) является система координат, установленная для применения на всей территории Российской Федерации в соответствии с законодательством о геодезии, картографии и пространственных данных. Главной целью построения ГГС является достижение необходимой плотности ее опорных пунктов для создания съемочного обоснования и любых видов пространственных данных (ПД), при этом влияние ошибок координат пунктов ГГС на точность последующих геодезических построений и ПД не должно выходить за рамки установленных допусков [168].

В то же время из-за стремительного развития в последние десятилетия геодезических технологий и геодезических средств измерений и, прежде всего, спутниковых методов космической геодезии и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) [24, 28, 29, 34, 62, 64, 99, 109, 141, 182], точность современных геодезических измерений стала существенно превышать точность координат опорных пунктов ГГС. Поэтому влияние ошибок координат пунктов ГГС на точность создаваемых от них современными методами геодезических сетей и ПД стало причиной возникновения недопустимых деформаций этих геодезических построений и пространственной несогласованности таких данных [168]. В нашей стране проблема несоответствия точности координат пунктов ГГС и точности современных геодезических измерений стала одной из главных причин модернизации ГГС и эволюционного совершенствования ГСК: от ГСК 1942 года (СК-42, установлена 07.04.1946 г. [118]), точность которой сейчас признана недостаточной (среднеквадратические ошибки (СКО) координат достигают 3,5–4 м [176]), до точной ГСК 1995

года (СК-95, установлена 01.07.2000 г. [129], погрешности достигают несколько дециметров [168, 176]), и высокоточной ГСК-2011 года (установлена 24.11.2016 г. [127, 128], погрешности оцениваются в единицах сантиметров [168]).

Критерий точности является одним из наиболее важных, но не единственным фактором, который отличает государственные системы координат. Если на примере государственных систем координат Российской Федерации рассмотреть характеризующие их параметры, то можно классифицировать ГСК на следующие три вида, таблица В. 1.

Таблица В. 1 – Классификация ГСК по видам на примере ГСК Российской Федерации

Параметр ГСК	Примеры ГСК		
	СК-42	СК-95	ГСК-2011, ПЗ-90.11
	Значения параметра		
Абсолютная точность	Техническая	Точная	Высокоточная
Однородность	Неоднородная	Однородная	Однородная
Положение начала ГСК относительно центра масс Земли	Внецентренная/ Референцная	Внецентренная/ Референцная	В центре масс Земли/ Общеземная
Эллипсоид	Ell-KRS	Ell-KRS	Ell-2011/Ell-ПЗ-90.11
Вид ГСК	Технической точности, неоднородная, референцная	Точная, однородная, референцная	Высокоточная, однородная, общеземная
Обозначение вида ГСК	ГСК вид 1 (ГСКВ1)	ГСК вид 2 (ГСКВ2)	ГСК вид 3 (ГСКВ3)

Деление ГСК по критерию точности (технический/точный/высокоточный) определено в ГОСТ Р 55024-2012. Сети геодезические. Классификация. Общие технические требования [56]. Принятое деление геодезических сетей по их точности применимо и к ГСК, которые посредством ГГС реализуются на местности. Для современных ГСК, позиционная точность которых позволяет обнаруживать геодинатические эффекты, существенным фактором также является эпоха ГСК.

Термин «деформированность», введенный отечественными учеными в отношении ГГС, закрепляющих ГСК на местности, как синоним ее неоднородности в точности [168, 176], применим также и к ГСК. Разработчиками ГСК (ППК «Роскадастр») было показано, что деформированность СК-42 обусловлена геометрией полигонального построения ГГС и последовательным нанизыванием полигональных систем из 87 полигонов друг на друга. «Внутренние деформации СК-42 столь велики, что использование единых параметров преобразования для перехода к более точным СК в целом по стране обеспечивает преобразование с СКП порядка 3,5 м. Максимальные погрешности могут для отдельных территорий достигать 10–15 м. Кроме того, СК-42 вследствие ее фрагментарного уравнивания характеризуется крайней неоднородностью локальных и региональных деформаций» [168]. Это дает основания классифицировать СК-42 как «неоднородную» ГСК. В то же время, по оценке ППК «Роскадастр», СК-95 и ГСК-2011 имеют локальные деформации в несколько дециметров, поэтому они могут быть отнесены к «однородным» ГСК.

Деление ГСК на виды по положению их начала относительно центра масс Земли не требует комментариев. Градация по используемым эллипсоидам важна в том аспекте, используют ли смежные ГСК разные или одинаковый эллипсоид. Если в смежных ГСК используется один эллипсоид, то в этом случае сохраняются параметры пересчета координат между их видами, что позволяет сохранить для использования часть ПД, созданных в предыдущей версии ГСК. При замене эллипсоида в смежных ГСК пересчет ПД в новую ГСК, в общем случае, становится неизбежным [42, 60, 113, 167].

Таким образом, по параметрам ГСК, являющимися важными с точки зрения методологического понимания различий между государственными системами координат, можно классифицировать их в три вида: ГСК вида 1 (ГСКВ1) на эллипсоиде Ell-KRS, относящиеся к технической точности, неоднородным, референцным; ГСК вида 2 (ГСКВ2) на эллипсоиде Ell-KRS, относящиеся к точным, однородным, референцным; ГСК вида 3 (ГСКВ3) на эллипсоидах Ell-2011/Ell-ПЗ-90.11 – высокоточные, однородные, общеземные, см. таблицу В. 1.

Следует отметить, что местные системы координат (МСК), создаваемые от указанных в таблице В. 1 видов ГСК, также относятся к этим видам СК с их соответствующими характеристиками.

По мере роста точности геодезических измерений и вычисляемых по ним координат пунктов ГГС, совершенствование ГСК осуществлялось последовательно от ГСКВ1 технической точности, до точной ГСКВ2 и высокоточной ГСКВ3. При смене ГСК важно иметь в виду то обстоятельство, как с методологической точки зрения корректно осуществлять преобразование востребованных ПД между версиями ГСК. Поэтому в цепочке эволюции видов ГСК (ГСКВ1 → ГСКВ2 → ГСКВ3) нужно учитывать различия между смежными видами ГСК, определяющие соответствующие способы преобразования ПД между ними.

Вместе с тем, в соответствии с действующим законодательством [119], ПД в РФ создаются не только в государственных, но и в местных системах координат. Основной целью применения МСК является минимизация разницы между метрическими параметрами, измеренными на местности и на топографическом плане. При этом очевидно, что использование МСК (количество которых в стране насчитывает более 30 000) не прекратится и по мере совершенствования ГСК [65]. Более того, в настоящее время МСК устанавливаются не только на локальных участках местности, в интересах отдельных потребителей, но и на больших площадях вплоть до территорий субъектов РФ для обеспечения многих сфер народнохозяйственной деятельности [35, 131]. Так, например, МСК, установленные в субъектах РФ для ведения Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) [131], применяются в градостроительстве, и в других сферах деятельности [134].

В РФ при создании МСК обязательным условием является использование действующей, т. е. актуальной ГСК (ГСК-А) в качестве базовой ГСК, от которой осуществляется определение параметров перехода к МСК [133, 132]. Но вышеуказанная эволюция ГСК в РФ не сопровождается адаптацией существующих МСК к вновь устанавливаемым ГСК. И МСК, созданные от отмененных ГСК (ГСК-О), – МСК_ГСК-О продолжают использоваться для создания ПД без определения обязательных параметров перехода к ГСК-А и без обеспечения равной точности

в МСК и ГСК-А. Поэтому в таких МСК_ГСК-О, не адаптированных к действующей ГСК-А, ПД создаются с более низкой позиционной точностью по сравнению с точностью ГСК-А и пространственно не согласованными между собой [139]. Это приводит к созданию в таких МСК ПД более низкой позиционной точности по сравнению с точностью действующей ГСК и пространственно не согласованных между собой.

Причиной несогласованности ПД также является применение в субъекте РФ избыточно большого количества МСК, в которых координатное описание ПД в одной МСК не согласовано с метрическим описанием объектов в других МСК, особенно на границе этих МСК [87].

Несогласованность метрического описания ПД обусловлена также тем, что после перехода от технической точности (неоднородной) СК-42 к более точной и однородной ГСК (СК-95 или ГСК-2011) возникает проблема корректного преобразования ранее созданных ПД. Так, например, объекты недвижимости, учет которых в ЕГРН выполнен в МСК_95, МСК_2011, образованных от действующей ГСК (СК-95, ГСК-2011), получают пространственное описание с точностью СК-95/ГСК-2011. Но объекты, учтенные в составе ЕГРН в МСК, основанных на отмененной СК-42, должны быть преобразованы в ЕГРН в МСК_95 или МСК_2011. Однако, если границы объектов недвижимости пересчитать из МСК_42 в МСК_95/МСК_2011 без повышения их точности до точности СК-95/ГСК-2011, то они будут получены в МСК_95/МСК_2011 с искажениями, характерными для СК-42. Поэтому в ЕГРН будут учтены как объекты, определенные с высокой точностью от новой ГСК (СК-95/ГСК-2011), так и объекты, координатное описание которых выполнено от СК-42 с присущими ей погрешностями [87].

Таким образом, единое координатное пространство (КП) страны, формируемое актуальной ГСК-А, своевременно не воспроизводится на уровне субъекта РФ (СРФ) в виде его единого КП, задаваемого МСК-NN_ГСК-А региона (где NN – его код в общероссийском классификаторе), основанной на ГСК-А и соответствующей ей по точности. Это создает проблемную ситуацию в координатном пространстве

субъекта РФ, обуславливающую создание ПД позиционно неточными и пространственно несогласованными, а именно:

- ПД создаются в МСК_ГСК-О, образованных от отмененных ГСК-О, с точностью ниже точности действующей ГСК-А;
- количество таких МСК_ГСК-О избыточно ($\approx 30\,000$);
- отсутствие методологии качественного (с повышением их точности до точности ГСК-А) преобразования ПД из МСК_ГСК-О в их актуализированные версии МСК_ГСК-А.

Для разрешения проблемы требуется все ПД в КП СРФ создавать в МСК_ГСК-А, образованных от действующей ГСК-А, точность которых равна точности ГСК-А, а также обеспечивать качественное преобразование ПД во вновь создаваемые МСК_ГСК-А, что реализуется путем создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, в котором ПД создаются в МСК_ГСК-А с точностью действующей ГСК-А.

Проблема несогласованности создаваемых в стране ПД признается на самом высоком государственном уровне. Так, в Государственной программе РФ «Национальная система пространственных данных», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 01.12.2021 № 2148 [130], определены следующие проблемы в обеспечении качества создаваемой геопространственной информации: значительное количество реестровых ошибок; разобщенность ведомственных и региональных ресурсов, содержащих пространственные данные; недостаточное обеспечение достоверности, сопоставимости, согласованности и возможности интеграции сведений об объектах недвижимости и пространственных данных. Вышеуказанные проблемы несогласованности ПД в Государственной программе признаются причиной низкой эффективности использования объектов недвижимости, земельных ресурсов, неэффективного использования бюджетных средств, барьером для осуществления инвестиционной деятельности, препятствием в достижении национальных целей развития.

Таким образом, создание в МСК ПД низкой позиционной точности вызвано отсутствием в субъектах РФ единого высокоточного координатного пространства

(ЕВКП), основанного на его региональной МСК-NN, обеспечивающего создание геопространственной информации с позиционной точностью действующей ГСК. Поэтому разработка теоретического и методологического обоснования, а также технологии создания ЕВКП субъекта РФ, обеспечивающих создание в нем ПД с позиционной точностью действующей ГСК, удовлетворяющей современным требованиям всех отраслей экономики страны, является актуальной.

При этом под *методологией* понимается совокупность методологических принципов и решений, разработанных для создания ЕВКП субъекта РФ, а под *технологией* – система технологических решений, позволяющих реализовать разработанную методологию для создания такого ЕВКП региона на практике.

Основная идея решения вышеуказанной проблемы заключается в том, чтобы производство пространственных данных с точностью актуальной ГСК на всей территории субъекта РФ обеспечивалось созданием его единого высокоточного координатного пространства посредством установления разработанной пространственной гибридной местной системы координат.

Степень разработанности темы. Разработка актуальных государственных систем координат РФ ГСК-2011 и ПЗ-90.11 была осуществлена путем анализа и адаптации передового международного опыта создания общеземных геоцентрических систем координат ITRF, WGS-84, основанных на международной земной опорной системе координат ITRS (International Terrestrial Reference System). Принципы ориентации такой системы координат в теле Земли были определены Международной службой вращения Земли MCB3 (IERS – International Earth Rotation and Reference Systems Service) и Международной ассоциацией геодезии МАГ (IAG – International Association of Geodesy). Геоцентрическая СК и параметры общеземного эллипсоида определяются Международной службой глобальных навигационных спутниковых систем (International GNSS Service – IGS), представляющей собой объединение более 200 национальных ведомств, занимающихся сбором данных GPS и ГЛОНАСС с постоянно действующих станций, расположенных по всему миру. При разработке геоцентрических СК РФ были использованы данные с расположенных на территории всего земного шара пунктов IGS, наблюдающих, в

том числе, спутники ГНСС ГЛОНАСС, поскольку глобальный подход к сбору данных и их обработке является ключевым элементом построения высокоточных геоцентрических систем координат.

Установление высокоточной геоцентрической системы координат ГСК-2011, в которой, согласно постановлению Правительства РФ от 24.11.2016 № 1240, выполняются геодезические и картографические работы, заложило фундамент создания ПД, необходимых для социально-экономического развития страны, в требуемой мере позиционно точными и пространственно согласованными при их создании как в ГСК-2011, так и в создаваемых на ее базе МСК.

Значительный вклад в разработку теории и практики создания координатной основы страны, развития ГСК и МСК, построения ГГС и геодезических сетей специального назначения внесли Бовшин Н. А., Бойков В. В., Бровар Б. В., Брынь М. Я., Галазин В. Ф., Герасимов А. П., Глушков В. В., Горобец В. П., Гусев И. В., Демьянов Г. В., Долгополов Д. В., Ефимов Г. Н., Зубинский В. И., Кафтан В. И., Косенко В. Е., Красовский Ф. Н., Мазурова Е. М., Максимов В. Г., Майоров А. Н., Молоденский М. С., Мустафин М. Г., Назаров В. Г., Насретдинов К. К., Непоклонов В. Б., Нейман Ю. М., Пасынок С. Л., Пеллинен Л. П., Побединский Г. Г., Плешаков Д. И., Попадьев В. В., Проворов К. Л., Соловицкий А. Н., Столяров И. А., Сурнин Ю. В. Усилиями вышеуказанных исследователей решены фундаментальные вопросы геодезического обеспечения Российской Федерации.

Следует отметить особый вклад специалистов Министерства обороны РФ (Герасимов А. П., Назаров В. Г., Непоклонов В. Б.) в разработку теории и практики установления МСК в СССР и РФ. Именно ими впервые предложена инновационная идея перехода от множества МСК на отдельные локальные участки местности к единой МСК территории, которая под их же руководством реализована в виде системы координат 1963 года (СК-63) и МСК субъектов РФ (МСК-NN). Данное исследование продолжает и развивает работы указанных ученых в новых условиях – при появлении новых ГСК и формировании современной нормативной базы по

установлению МСК в РФ. Как и исследования предшественников, настоящая работа нацелена на обеспечение преемственности и сохранение ранее созданных фондов пространственных данных при переходе к новым ГСК и МСК, а также на достижение равной точности ПД, создаваемых в МСК и в действующей ГСК.

Вместе с тем, эволюционное совершенствование ГСК не сопровождалось разработкой методологии и технологии адаптации применяемых в регионах МСК ко вновь устанавливаемым ГСК. Такая адаптация состоит в уточнении порядка и параметров перехода от действующей МСК к новой ГСК, а также в разработке способов качественного преобразования ПД, ранее созданных в действующей МСК, в ее версию, актуализированную на базе вновь установленной ГСК, обеспечивающих соответствие позиционной точности ПД и новой ГСК.

На начало исследований (2012 г.), в условиях отсутствия методологии и технологии, обеспечивающих качественное преобразование ПД из МСК-NN_42 в МСК-NN_95, пересчет ПД выполнялся методами, не обеспечивавшими требуемой потребителям позиционной точности. При переходе СК-95 → ГСК-2011 адаптация МСК субъектов РФ к ГСК-2011 путем их уточнения относительно ГСК-2011 была выполнена ППК «Роскадастр» в 2016–2022 гг. Однако это уточнение, выполненное по цифровым моделям деформаций координат СК-42/СК-95 относительно ГСК-2011, не повысило точность координат пунктов ГГС в уточненных МСК до точности ГСК-2011 и не позволило установить параметры перехода от них к ГСК-2011, как того требует законодательство РФ.

Вышеизложенное позволяет оценить степень разработанности темы как не обеспечивающую создание единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, в котором пространственные данные создаются в МСК с точностью действующей ГСК, что подтверждает актуальность выбранной темы и определяет содержание диссертационного исследования.

Целесообразность выполнения исследований обусловлена необходимостью разработки теоретического и методологического обоснования для создания в каж-

дом субъекте РФ единого высокоточного координатного пространства, образованного на базе региональной МСК-NN_ГСК-А, обеспечивающего создание ПД с точностью действующей государственной системы координат – ГСК-А.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является теоретическое и методологическое обоснование, а также разработка технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации, обеспечивающего создание пространственных данных с точностью государственной системы координат, установленной в соответствии с действующим законодательством.

Основные задачи диссертационного исследования:

- выявить (путем исследования потребности в пространственных данных в РФ) востребованную максимальную точность координатного описания ПД для обоснования требуемой точности создаваемого ЕВКП субъекта РФ;
- выполнить теоретическое и методологическое обоснование для решения проблемы отсутствия единого высокоточного координатного пространства региона в целях обеспечения принципиальной возможности его создания;
- проанализировать состояние и выявить существующие недостатки координатного пространства субъекта РФ, устранение которых обеспечит создание ЕВКП региона;
- выполнить концептуальное и методологическое обоснование принципиально нового свойства пространственных МСК – таргетирования, обеспечивающего совпадение плоских прямоугольных координат в таргетированной МСК и в другой системе координат, выбранной в МСК в качестве целевой СК – ЦСК;
- теоретически и методологически обосновать решение дилеммы перехода к новой ГСК вида 3 (ГСКВ3) от единой МСК-NN_ГСКВ2 субъекта РФ путем установления ее обновленной версии на базе ГСКВ3 – МСК-NN_ГСКВ3, обеспечивающей равную точность в ГСКВ3 и в МСК-NN_ГСКВ3 и совпадение плоских прямоугольных координат в МСК-NN_ГСКВ3 и в отменяемой МСК-NN_ГСКВ2, несмотря на использование разных эллипсоидов в ГСКВ2 и ГСКВ3;

- выполнить теоретическое и методологическое обоснование для разработки технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, обеспечивающей его построение путем поэтапной адаптации единой МСК-NN региона ко вновь устанавливаемым ГСК;

- практически реализовать теоретические и методологические решения, а также разработанную технологию создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ (на примере региона РФ).

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются: создание и развитие геодезической координатно-временной основы различного назначения с использованием геодезических методов измерений; развитие теорий построения и реализации координатных систем отсчета; методы, технические средства и технологии геодезического обеспечения строительно-монтажных, кадастровых, землеустроительных, проектно-изыскательских, маркшейдерских работ; создание геодезических сетей сгущения для площадных и линейных инженерных сооружений, в том числе специальных геодезических сетей; создание крупномасштабных цифровых инженерно-топографических планов промплощадок наземными и воздушными методами.

Предметом исследования являются теоретические и методологические основы создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации.

Научная новизна диссертационного исследования:

- проведен анализ состояния координатного пространства субъекта РФ, впервые выявивший его системные проблемы, устранение которых обеспечивает создание единого высокоточного координатного пространства региона;

- сформулированы научные принципы для реализации разработанных новых методологических решений по созданию единого высокоточного координатного пространства региона, обеспечивающие построение ЕВКП и его актуализацию в процессе эволюции ГСК с учетом видов ГСК и типов переходов между ними;

- теоретически обоснован разработанный в классе пространственных МСК подкласс таргетированных МСК_ИСК(ЦСК), где ИСК – исходная, а ЦСК – целевая

системы координат, обеспечивающих принципиально новое свойство МСК: совпадение плоских прямоугольных координат в таргетированной МСК и в ЦСК;

- теоретически обоснован разработанный новый «гибридный» вид МСК – МСК_ГСКВ3(ЦСК), принципиально отличающийся от всех МСК тем, что плоские прямоугольные координаты в ней и в целевой системе координат совпадают, несмотря на использование в них разных эллипсоидов. Такие МСК обеспечивают сохранение ПД, созданных в отменяемой МСК без необходимости их пересчета во вновь устанавливаемую «гибридную» МСК_ГСКВ3(ЦСК);

- теоретически и методологически обоснована разработка технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, обеспечивающей:

- равную позиционную точность ГСКВ2 как ПД, создаваемых в МСК-NN_ГСКВ2, так и ПД, преобразуемых в нее из МСК_ГСКВ1 (на «Переходе типа I» от технической точности и неоднородной ГСК вида 1 (ГСКВ1) к точной и однородной ГСК вида 2 (ГСКВ2), основанных на едином эллипсоиде);

- равную позиционную точность ГСКВ3 и ПД, создаваемых в МСК-NN_ГСКВ3, а также сохранение ПД, созданных в отменяемой МСК-NN_ГСКВ2, без их пересчета в МСК-NN_ГСКВ3 (на «Переходе типа II» между точной, однородной и референцной ГСК вида 2 (ГСКВ2) и высокоточной, однородной, обще-земной ГСК вида 3 (ГСКВ3), основанных на разных эллипсоидах).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что:

- разработанный в классе пространственных МСК подкласс таргетированных МСК_ИСК(ЦСК), где ИСК – исходная, а ЦСК – целевая системы координат, обеспечивает принципиально новое свойство таких МСК – совпадение плоских прямоугольных координат в таргетированной МСК и в ЦСК;

- впервые разработанный новый «гибридный» вид МСК, обозначаемой как МСК_ИСК(ЦСК), где ИСК – исходная, а ЦСК – целевая система координат, обеспечивающей совпадение плоских прямоугольных координат в «гибридной» МСК и в ЦСК (несмотря на использование в них разных эллипсоидов), развивает теорию

построения и реализации координатных систем отсчета. Разработанный вид МСК обеспечивает решение дилеммы адаптации действующих МСК ко вновь устанавливаемой ГСК: обеспечение равной точности в ГСК и в «гибридной» МСК; совпадение плоских прямоугольных координат в «гибридной» МСК и в отменяемой МСК;

– разработанное теоретическое и методологическое обоснование технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ позволяет построить ЕВКП региона путем адаптации МСК к эволюционирующим видам ГСК: ГСКВ1 → ГСКВ2 → ГСКВ3.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные теоретические и методологические основы создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ реализованы в виде технологии, позволяющей ее использование на этапах эволюции ГСК: СК-42 → СК-95 → ГСК-2011. Разработка востребована на практике: в Новосибирской области она внедрена в части «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95, где создано единое точное координатное пространство региона, базирующееся на СК-95; в части «Перехода типа II» она реализована (на примере Новосибирской области) и готова к внедрению; в части «гибридной» МСК – внедрена на практике: четыре таких МСК разработаны автором и введены в действие в трех регионах РФ на площади 352 000 км².

Востребованность разработанных теоретических и методологических основ создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ обоснована необходимостью их применения для построения ЕВКП в регионах, где ПД создаются в МСК, не соответствующих по точности актуальной ГСК.

Методология и методы исследования. Теоретические и практические исследования выполнялись на базе научных основ и математического аппарата высшей геодезии, сфероидической геодезии, сферической тригонометрии, математической статистики и теории математической обработки геодезических измерений, а также последних достижений в области географических информационных систем и структуры пространственных данных.

Положения, выносимые на защиту:

– эмпирически (по оценкам экспертного сообщества) установленная востребованная максимальная точность координатного описания пространственных данных в РФ обеспечивает требуемую потребителям точность создаваемого ЕВКП субъекта РФ (пункт 3 паспорта научной специальности 1.6.22);

– сформулированные научные принципы, реализующие разработанные принципиально новые методологические решения по созданию единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, обеспечивают построение ЕВКП региона путем поэтапной адаптации МСК к эволюционирующим видам ГСК (пункт 3 паспорта научной специальности 1.6.22);

– теоретически обоснованный и впервые разработанный в классе пространственных МСК подкласс таргетированных МСК_ИСК(ЦСК), где ИСК – исходная, а ЦСК – целевая системы координат, обеспечивает наличие в них принципиально нового свойства – совпадение плоских прямоугольных координат в таргетированной МСК и в ЦСК (пункт 3 паспорта научной специальности 1.6.22);

– теоретически обоснованный и разработанный «гибридный» вид МСК – МСК_ГСКВ3(ЦСК) обеспечивает совпадение плоских прямоугольных координат в «гибридной» МСК и в целевой системе координат, несмотря на использование в них разных эллипсоидов. Такие МСК применяются для адаптации к новой ГСК вида 3 (ГСКВ3) единой МСК-NN_ГСКВ2 субъекта РФ путем установления «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2). Это обеспечивает решение дилеммы перехода к новой ГСКВ3: равную точность в ГСКВ3 и в «гибридной» МСК; совпадение плоских прямоугольных координат в гибридной МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) и в отменяемой МСК-NN_ГСКВ2, несмотря на использование в них разных эллипсоидов (пункт 14 паспорта научной специальности 1.6.22);

– выполненное теоретическое и методологическое обоснование разработанной технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, обеспечивает:

– соответствие точности ГСКВ2 как ПД, вновь создаваемых в МСК-NN_ГСКВ2, так и ПД, преобразуемых в нее из МСК_ГСКВ1 (на «Переходе типа I»

от технической точности и неоднородной ГСК вида 1 (ГСКВ1) к точной и однородной ГСК вида 2 (ГСКВ2), основанных на едином эллипсоиде);

– равную точность ГСКВ3 и ПД, создаваемых в образованной от нее МСК-NN_ГСКВ3, а также сохранение для использования ПД в отменяемой МСК-NN_ГСКВ2 без необходимости их пересчета в новую МСК-NN_ГСКВ3 (на «Переходе типа II» от точной, однородной и референцной ГСК вида 2 (ГСКВ2) к высокоточной, однородной и общеземной ГСК вида 3 (ГСКВ3), основанных на разных эллипсоидах) (пункт 11 паспорта научной специальности 1.6.22).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует областями исследования: 3 – Создание и развитие геодезической координатно-временной основы различного назначения с использованием геодезических, астрономических, гравиметрических и других (космических, наземных, подземных и подводных) методов измерений; оценка их стабильности и характера изменений, вопросы проектирования и оптимизации. Разработка и развитие теорий построения и реализации координатных, высотных и гравиметрических систем отсчета; 11 – Методы, технические средства и технологии геодезического обеспечения строительно-монтажных, кадастровых, землеустроительных, проектно-изыскательских, маркшейдерских, геолого-разведочных и лесоустроительных работ; освоения шельфа; монтажа, юстировки и эксплуатации технологического оборудования и других прикладных задач; 14 – Создание геодезических сетей сгущения для площадных и линейных инженерных сооружений, в том числе специальных геодезических сетей. Создание крупномасштабных цифровых инженерно-топографических планов промплощадок наземными и воздушными методами, включая лазерное сканирование паспорта научной специальности 1.6.22. Геодезия, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Достоверность результатов исследований в достаточной мере обеспечена:

– корректностью поставленных задач, предлагаемых методов их решения и проверенными многолетней практикой методами и алгоритмами математической обработки результатов геодезических измерений;

- использованием для обработки данных надежного программного обеспечения от ведущих мировых производителей, а также его апробированных функциональных дополнений, разработанных в процессе исследований;
- успешным внедрением разработанной методологии и технологии в Новосибирской области, а также в интересах крупных недропользователей;
- применением для экспериментов реальных ПД: выгрузка из АИС ГКН по Черепановскому району Новосибирской области; координаты свыше 9 000 пунктов ГГС в СК-42/СК-95/ГСК-2011/МСК; параметры перехода от МСК к ГСК.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались, обсуждались и нашли положительный отклик на следующих научных конференциях: на IX Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013», 24–26 апреля 2013 г., Новосибирск; на X Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014», 16–18 апреля 2014 г., Новосибирск; на XI Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015», 13–25 апреля 2015 г., Новосибирск; на XIV Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018», 25–27 апреля 2018 г., Новосибирск; на XVI Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2020», 22–24 апреля 2020 г., Новосибирск; на XIX Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2023», 17–19 мая 2023 г., Новосибирск; на Межрегиональном форуме 2024 «Национальная система пространственных данных. Полный и точный реестр», 25–26 января 2024 г., Махачкала; на XX Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2024», 15–17 мая 2024 г., Новосибирск; на Международной конференции «Геострой», Новосибирск, 20–21 ноября 2024 г.; на Международной выставке-форуме оборудования и технологий для горнодобывающей промышленности и переработки полезных ископаемых, 18–20 марта 2026 г., Новосибирск.

Результаты исследований внедрены:

- в Росреестре, где в Новосибирской области на базе МСК НСО, образованной от СК-95, создано ЕТКП, а все объекты недвижимости, учтенные в АИС ГКН, в 2013 г. пересчитаны из 224 МСК, основанных на СК-42, в МСК НСО. Благодаря

этому ЕГРН в области ведется в МСК НСО, что повысило точность координатного описания объектов недвижимости до нормативно установленной, а иные ПД создаются в требуемой мере точными и согласованными;

– в ГБУ «Фонд пространственных данных Новосибирской области», где в 2019–2023 гг. границы между Новосибирской областью и Алтайским краем, Омской и Томской областями пересчитаны из МСК смежных регионов, основанных на СК-42, в МСК НСО и в ГСК-2011, что позволило поставить эти границы на кадастровый учет; в 2019 г. из множества МСК НП в единую МСК НСО преобразованы координаты 16 747 пунктов сетей сгущения, а также из более чем 700 МСК НП в МСК НСО пересчитано свыше 10 000 топографических планов;

– в СГУГиТ, где в 2023–2025 гг. исполнены заказы по разработке и введению в действие на площади 352 000 км² четырех «гибридных» МСК, чем на этой территории создано ЕВКП, соответствующее по точности ГСК-2011;

– в филиале ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия», где ПО *CooTransf* используется с 2013 г. для преобразования ПД между различными СК.

Акты о внедрении разработки в Росреестре, в ППК «Роскадастр» и в ГБУ НСО «Генофонд НСО» прилагаются (Приложения Г, Д, Ж).

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 32 публикациях, из которых 20 статей – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, 2 – свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 3 статьи – в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 317 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 198 наименований, содержит 31 таблицу, 60 рисунков, 7 приложений.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1.1 Исследование потребности Российской Федерации в пространственных данных

Очевидно, что главной функцией геодезической основы страны, включающей государственную систему координат и местные системы координат, реализуемые на местности с требуемой точностью посредством государственной геодезической сети, является обеспечение возможности создания пространственных данных [125], позиционная точность которых удовлетворяет актуальным запросам потребителей, в том числе органов власти, бизнеса и всех сфер экономической деятельности, обороны и безопасности государства, научные и гражданские сообщества [1, 141, 198, 177, 184]. При этом влияние погрешностей координат опорных пунктов ГГС на точность создаваемых от них геодезических построений и пространственных данных не должно выходить за рамки установленных допусков [168].

В этой связи важно оценивать требования к точности определения координат опорных пунктов ГГС, в том числе в местных системах координат, в которых создаются требуемые для социально-экономического развития Российской Федерации пространственные данные, как с позиций текущих нормативных требований к точности координатного описания пространственных данных в соответствующих сферах деятельности, так и исходя из перспективных запросов потребителей.

С целью получения актуальных показателей востребованности в нашей стране геопространственной информации и, в том числе, запросов потребителей на точность их координатного описания, в рамках диссертационной работы проведено исследование потребности федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) Российской Федерации в пространственных данных. Хотя заинтересованность центральных органов власти страны в геопространственной информации не представляет собой генеральной совокупности потребностей всех потребителей в ПД, эта выборка является представительной: выполняя функции организатора соответству-

ющих сфер экономической деятельности, обороны и безопасности, ФОИВ являются прекрасным индикатором показателя востребованности пространственных данных в Российской Федерации.

Исследование проведено в период 2018–2021 гг. во исполнение соответствующего решения Межведомственной рабочей группы по совершенствованию топогеодезического и навигационного обеспечения системы управления обороной государства Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации, в состав которой автор входит от СГУГиТ. Особенностью исследования является то, что опрос проводился прямым анкетированием федеральных органов исполнительной власти путем рассылки в их адрес от имени комитета по обороне Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации формы опроса (анкеты), разработанной с участием автора и согласованной с членами рабочей группы.

Подобные исследования по анализу и прогнозу потребностей органов государственного управления в пространственных данных осуществлялись и ранее, в том числе были проведены в 2016 г. Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) в процессе инвентаризации материалов и данных федерального картографо-геодезического фонда [31, 125, 160, 162, 172, 178].

Поэтому форма анкеты, использованной для опроса ФОИВ, была выбрана автором идентичной той, что использовалась в процессе аналогичного исследования Росреестра [160, 162, 178], осознанно. При этом преследовалась цель обеспечить возможность осуществления анализа изменений потребности ФОИВ в пространственных данных в динамике. В рамках настоящей работы исследований динамики изменений востребованности федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации пространственных данных не проводилось.

Автором выполнена интерпретация (с показом результатов в форме тематических карт и диаграмм) заполненных форм опроса с акцентом на аспекты: востребованность, актуальность, желаемая ФОИВ степень оперативности доступа к геопространственной информации, желаемая точность координатного описания ПД.

В опросе приняли участие основные, наиболее заинтересованные в применении геопространственной информации и данных дистанционного зондирования Земли федеральные органы исполнительной власти. Для проведения оценки потребностей заполненные анкеты были получены из 16 ФОИВ.

Для автоматизации процесса интерпретации результатов анкетирования ФОИВ автором, с использованием программного обеспечения геоинформационных систем (ПО ГИС) «*GeoMedia Professional*» [195], была создана геоинформационная система «Потребность федеральных органов исполнительной власти РФ в пространственных данных», в базу данных которой в формализованном виде была введена вся информация из анкет. С использованием стандартных средств ПО ГИС «*GeoMedia Professional*» было создано: 70 сводных тематических карт, объединяющих 382 тематических карты по отдельным показателям; 44 сводных диаграммы, объединяющих 318 диаграмм по отдельным показателям. Вся информация была интегрирована в более чем 170 слайдов. Материалы были представлены автором в докладе на 2-м заседании Межведомственной рабочей группы по совершенствованию топогеодезического и навигационного обеспечения системы управления обороной государства Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации (26.06.2019 г., г. Москва, конгрессно-выставочный центр «Патриот»), проходившем в рамках пятого Международного военно-технического форума «Армия 2019». Следует также отметить, что открытое опубликование материалов исследования было одобрено только в варианте анонимности участников опроса – исследуемых федеральных органов исполнительной власти. Поэтому все респонденты в опубликованных результатах материалов исследования именовались так: ФОИВ-1, ФОИВ-2, ..., ФОИВ-14.

По материалам исследований опубликована монография [83], содержащая детальный отчет о результатах исследования, а также научная статья [82]. В исследовании содержится информация о востребованности ФОИВ, в том числе, в цифровой и аналоговой (бумажной) картографической продукции мелких масштабов (от 1 : 10 000 до 1 : 1 000 000), в цифровых и полиграфически изготовленных крупно-

масштабных топографических планах (от 1 : 2 000 до 1 : 1 5 000); материалах дистанционного зондирования различного пространственного разрешения и точности пространственной привязки; возможности определения пространственного местоположения и нормальной высоты объектов на территории отдельных населенных пунктов, субъектов РФ и страны в целом, в желаемой точности координатного описания пространственных данных [82, 83].

В настоящей диссертационной работе приводятся лишь основные результаты исследований, коррелирующие с темой диссертации.

Исследование в части оценки потребности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации и подведомственных им учреждений в определении плановых координат и нормальной высоты объектов выполнялось с целью получения сведений о степени использования ФОИВ пространственных данных для осуществления своих полномочий и функций курируемых организаций и сфер деятельности, а также для получения информации о наиболее востребованных этими правительственными учреждениями диапазонах точностей координатной привязки используемой геопространственной информации.

Для определения регионов, в использовании пространственных данных на территории которых ФОИВ заинтересованы в наибольшей степени, в исследовании были выбраны четыре области интересов: территории отдельных населенных пунктов Российской Федерации, территории субъектов Российской Федерации, территории России в целом, зарубежная территория – мир и отдельные его регионы [82, 83].

Для определения интервалов точностей координатной привязки пространственных данных, наиболее востребованных ФОИВ для осуществления их полномочий, в исследовании были выбраны шесть диапазонов точностей определения плановых координат и нормальной высоты со следующими среднеквадратическими погрешностями (СКП): 5 м и более; 1–5 м; 0,5–1,0 м; 0,1–0,5 м; 0,01–0,1 м; менее 0,01 м.

Наряду с потребностью в определении плановых координат и нормальной высоты с заданной точностью в опросных формах также запрашивалось минимально

требуемое ФОИВ время для определения плановых координат и нормальной высоты используемых пространственных данных с заданной точностью (количество часов, в режиме реального времени).

Потребность федеральных органов исполнительной власти в определении плановых координат с СКП в диапазоне от 5 м до 0,01 м показана на рисунке 1.1. В среднем по ФОИВ позиционирование с точностью 1–5 м наиболее востребовано и, в зависимости от категории территорий, находится в интервале от 68,8 % (территория населенных пунктов) до 25,0 % (зарубежная территория) от всех участвовавших в опросе респондентов, см. рисунок 1.1.

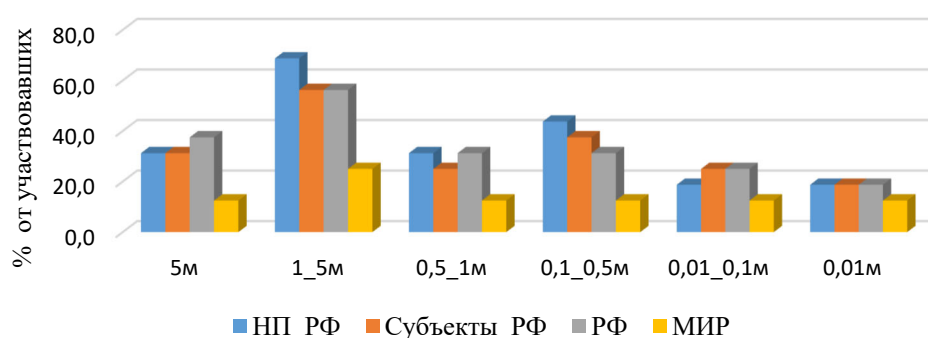


Рисунок 1.1 – Востребованная точность координатного описания пространственных данных в Российской Федерации

При этом следует отметить, что в получении координат с точностью от 0,1 до 0,01 м и даже точнее 0,01 м на территории отдельных населенных пунктов и на территории субъектов Российской Федерации заинтересовано до 25 % ФОИВ, участвовавших в опросе. И хотя более грубое определение координат (в точностном диапазоне 1–5 м) является наиболее востребованным, геодезическое обеспечение территории субъектов Российской Федерации и страны в целом должно ориентироваться на потребности самых требовательных пользователей. Ведь такие потребности ФОИВ зафиксированы в соответствующих нормативных документах ведомств, определяющих точность (среднеквадратическую погрешность) пространственной

(координатной) привязки пространственных данных в соответствующих сферах деятельности. Так, например, среднеквадратическая погрешность определения координат характерной точки границы объекта недвижимости в соответствии с Приказом [136] не должна превышать 10 см на землях населенных пунктах. Аналогично высокие требования и в градостроительной деятельности [134].

Время, требуемое ФОИВ на определение плановых координат используемых ПД с показанной на рисунке 1.1 точностью, составляет (от количества заинтересованных в позиционировании в плане): онлайн – 80 %; от 5 до 30 минут – 20 %. В среднем по ФОИВ минимально допустимое время определения плановых координат с такой точностью находится в диапазоне от 2 минут (территория субъектов РФ) до 6 минут (территория Российской Федерации в целом), рисунок 1.2.

Результаты исследований показали, что время, желаемое ФОИВ для определения плановых координат используемых ПД, составляет менее 12 мин, при этом такое время требуется участвовавшим в опросе ФОИВ и для позиционирования с СКП менее 1 см, см. рисунок 1.2.

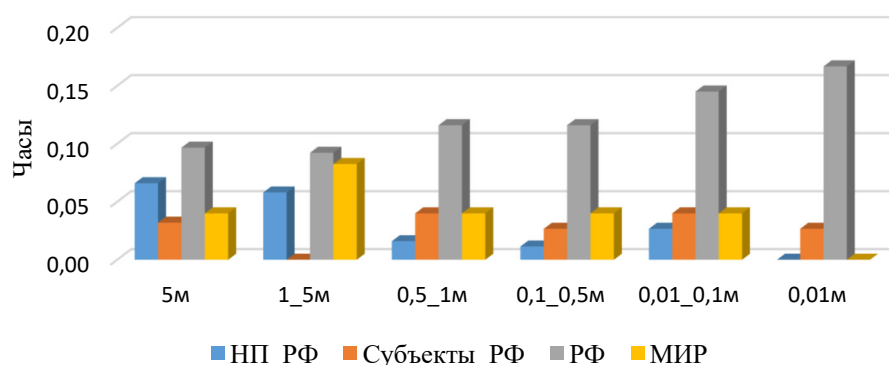


Рисунок 1.2 – Желаемое время координатного описания ПД в плане с заданной точностью на территории

Максимально допустимое отдельными респондентами время на определение плановых координат не превышает 30 мин, при этом по многим позициям 70 % ФОИВ необходимо определять местоположение в режиме онлайн. Очевидно, что

потребность в такой оперативности позиционирования с учетом требуемой точности может быть удовлетворена только с использованием методов относительного спутникового позиционирования и достаточно развитой сети постоянно действующих пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) и федеральной сети геодезических станций (ФСГС).

Потребность федеральных органов исполнительной власти в определении нормальной высоты с СКП в диапазоне от 5 м до 0,01 м показана на рисунке 1.3.

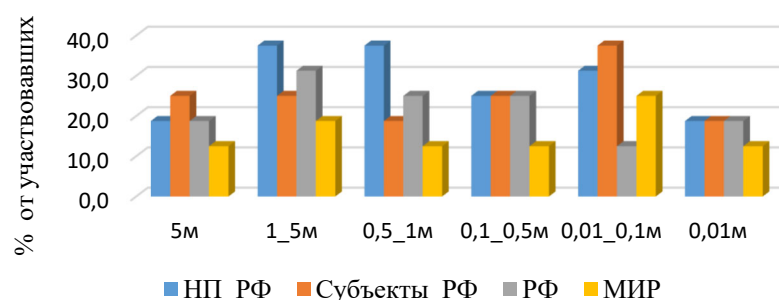


Рисунок 1.3 – Потребность ФОИВ в определении нормальной высоты с заданной точностью на территории

В целом по ФОИВ наиболее востребовано получение нормальной высоты в двух диапазонах точностей: 1–5 м и 0,01–0,1 м и, в зависимости от категории территорий, находится в интервале от 37,5 % (территория населенных пунктов) до 12,5 % (РФ в целом) от всех участвовавших в опросе респондентов, см. рисунок 1.3.

Минимальное время, желаемое ФОИВ для определения нормальной высоты с такой точностью, составляет (из числа участников опроса): онлайн – 50 %; от 5 до 30 минут – 50 %. В среднем по ФОИВ минимально допустимое время определения нормальной высоты с такой точностью находится в диапазоне от 2 минут (зарубежная территория) до 11 минут (территория Российской Федерации в целом), рисунок 1.4.

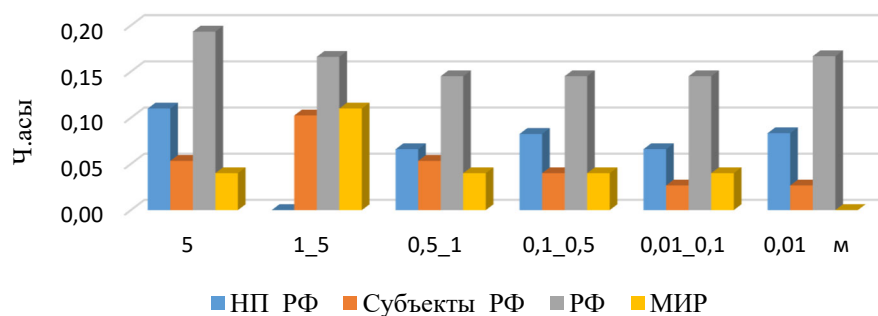


Рисунок 1.4 – Желаемое время (среднее по ФОИВ) определения нормальной высоты на территории с заданной точностью

Очевидно, что запросы ФОИВ в определении нормальных высот с точностью 0,1–0,01 м в таком оперативном режиме (от 30 минут до on-line) могут быть удовлетворены преимущественно с использованием технологий спутникового нивелирования, основанных на применении глобальных и локальных моделей геоида [2, 4, 25, 26, 40, 106, 152, 169, 183], однако традиционные методы определения нормальных высот остаются все также востребованными [185].

Если проанализировать результаты исследований в части востребованности опции координатной привязки пространственных данных на территории страны и в глобальном масштабе (в плане и по высоте), интересно отметить, что четыре ФОИВ из 14 показали отсутствие потребности в определении координат, хотя полномочия этих ведомств в их сфере деятельности свидетельствует о том, что они пользуются обеспеченной и поддерживаемой государством возможностью определения координат и нормальных высот как на территории РФ, так и в глобальном масштабе.

Так, на заседании Межведомственной рабочей группы (состоялось 26.06.2019 в г. Москве), где автором были доложены результаты исследования, было показано, что одно из таких ведомств, показавших в своей анкете отсутствие потребности в определении координат, активно использует технологию позиционирования с применением глобальных навигационных спутниковых систем и, в частности, российской системы спутникового позиционирования ГЛОНАСС для исполнения своих полномочий, с чем присутствовавший на заседании представитель данного федерального органа власти согласился. Этот факт возможно объяснить

тем, что созданные в стране многочисленные возможности для автономного позиционирования в пространстве (система ГЛОНАСС, различные ГНСС-приемники любых классов точности, в том числе интегрированные в гаджеты), делают процедуру определения местоположения в пространстве с заданной точностью малозаметной, а потому не воспринимаемой отдельными потребителями самостоятельной ценностью. В то же время недооценка значения геодезического обеспечения (в том числе в части возможности автономного определения координат объектов с требуемой точностью) для социально-экономического развития страны, сохранения ее обороноспособности и безопасности ведет к преуменьшению важности усилий и инвестиций государства в развитие инфраструктуры для автономного определения местоположения (государственная геодезическая сеть, федеральная сеть геодезических станций, ГЛОНАСС, Эра-ГЛОНАСС и т. д.), а также к неоправданно заниженной оценке роли картографо-геодезической отрасли страны, что опасно с точки зрения дальнейшего ее развития и полноценного удовлетворения потребностей государства в пространственных данных [82, 83].

Резюмируя приведенные выдержки из результатов исследования потребности федеральных органов исполнительной власти РФ в пространственных данных, касающиеся желаемой ФОИВ точности координатной привязки пространственных данных, следует констатировать существующие высокие требования в этой части – до 1 см в точности плановых координат. Очевидно, что потребность в определении координат на территории субъектов Российской Федерации с погрешностью до 1 см указана федеральными ведомствами в анкетах не в качестве самоцели, а как способ обеспечения возможности соблюдения нормативных требований по точности пространственного описания ПД, используемых в соответствующих сферах деятельности, и обязательное условие для создания требуемых для социально-экономического развития страны наборов пространственных данных в необходимой степени позиционно точными и топологически взаимно согласованными.

Именно для удовлетворения таких потребностей, заключающихся в необходимости определения со среднеквадратической погрешностью ± 1 см плановых координат пространственных данных, создаваемых в местных системах координат на

территории субъектов Российской Федерации, направлены исследования, проводимые в рамках диссертационной работы. Очевидно, что координатное пространство субъекта Российской Федерации, включая применяемые здесь местные системы координат, реализующие их на местности геодезические сети, а также создаваемые пространственные данные должны быть позиционно точны, и взаимно топологически согласованы в той степени, в какой это требуется самым требовательным участникам рынка геопространственных услуг, отраженным в ведомственных нормативных документах, регулирующих соответствующие секторы геопространственной деятельности.

1.2 Анализ состояния координатного пространства субъекта Российской Федерации

С целью уточнения понятийного аппарата в исследуемом предмете дадим определение координатного пространства (КП) субъекта Российской Федерации (СРФ), его единства и точности.

Под координатным пространством субъекта Российской Федерации будем понимать совокупность расположенных на территории региона элементов геодезической и геопространственной инфраструктуры (рисунок 1.5), включая государственные системы координат, образованные от них МСК и созданные в этих МСК пространственные данные.



Рисунок 1.5 – Структура координатного пространства субъекта РФ

Точность КП СРФ – это точность единой МСК-NN региона, других МСК и создаваемых в них пространственных данных. Единое КП СРФ – это КП региона, в котором применяется только единая МСК-NN, образованная от актуальной ГСК, а также МСК крупных городов (ранее обозначены МСК Город), имеющие точность МСК-NN и строгие параметры перехода к ней.

Хотя показанные на рисунке 1.5 государственные системы координат не являются элементом только координатного пространства субъекта Российской Федерации, а формируют такое единое координатное пространство для всей страны, они являются для него базовым элементом. При этом следует констатировать, что наряду с актуальной (действующей) государственной системой координат (ГСК-А) в КП регионов используются отмененные государственные системы координат (ГСК-О), работа в которых в РФ юридически запрещена. И хотя использование отмененных ГСК происходит не непосредственно, а через МСК, образованные от отмененных ГСК-О (единые МСК-NN_ГСК-О региона, МСК НП_ГСК-О населенных пунктов, МСК Город_ГСК-О городов) (см. рисунок 1.5), тем не менее такое опосредованное применение отмененных ГСК нарушает единство и точность координатного пространства, которое должно быть полностью построено на единой МСК-NN_ГСК-А региона, созданной от актуальной ГСК-А субъекта РФ.

Анализ состояния координатного пространства субъекта РФ далее проведен путем формирования идеального образа такого пространства, сравнения реального состояния дел в исследуемом вопросе с идеалом, на основании чего сформулированы проблемы, требующие решения. Анализ выполнен в следующих аспектах:

- а) количество местных систем координат, применяемых в субъектах Российской Федерации, и их влияние на состояние координатного пространства региона;
- б) проблема точности МСК координат, применяемых в субъектах РФ;
- в) проблема адаптации координатного пространства субъекта РФ к новым видам ГСК, устанавливаемым в процессе их эволюционного совершенствования;
- г) проблема качественного преобразования пространственных данных между различными версиями координатного пространства субъекта РФ.

1.2.1 Проблема количества местных систем координат, применяемых в субъекте Российской Федерации

Единое координатное пространство страны задается единой государственной системой координат и государственной геодезической сетью, реализующей эту ГСК на местности. Если бы все работы в нашей стране выполнялись только в единой ГСК страны, то не существовало бы никаких других координатных пространств, кроме как единого общегосударственного.

Однако фактически на территории субъектов Российской Федерации значительная часть пространственных данных, необходимых для социально-экономического развития регионов и страны в целом, в соответствии с действующим законодательством [1, 57, 121], создается в местных системах координат. По оценкам, приведенным в [45, 65, 139], всего в РФ насчитывается свыше 30 000 МСК. По мнению многих исследователей [36, 35, 45, 65, 66, 71, 75, 139, 120, 181], такое широкое распространение МСК получили исторически, в связи с необходимостью создания на локальных территориях крупномасштабных топографических планов для целей возведения отдельных объектов, основания и развития населенных пунктов. В настоящее время МСК продолжают использоваться по двум основным причинам: снижение грифа секретности топографических материалов, создаваемых в таких МСК; стремление к минимизации на локальной территории различий между измерениями на местности и на крупномасштабном топографическом плане [65, 69, 72, 73, 166]. С целью обеспечения минимального различия измеряемых параметров на местности и на крупномасштабном топографическом плане центральный меридиан такой МСК располагается посередине территории, в отношении которой она устанавливалась, и МСК создавалась без деления на зоны (беззональная МСК). Такие МСК в работе условно названы «МСК населенных пунктов» и обозначены «МСК НП».

Вместе с тем, такая ситуация с обилием МСК в нашей стране в настоящее время все в большей мере становится негативным моментом развития в геодезии. Местные системы координат, обеспечивая, как было показано выше, на отдельной

локальной территории требуемое минимальное отличие измеряемых параметров на местности и на крупномасштабном топографическом плане, при этом раздробляют единое координатное пространство этой территории на отдельные фрагменты, что создает существенные проблемы в создании и использовании пространственных данных. Так, современные тенденции цифровизации, создания компьютерных моделей, в том числе в 3-D виде и в виде «цифровых двойников» населенных пунктов, обширных территорий и объектов реального мира, предполагают воссоздание в указанных компьютерных моделях естественных свойств объектов в части непрерывности их пространственного простираия и согласованности их взаимного положения [90, 77]. Формирование цифровых образов объектов местности и природы, существующих в географическом пространстве реального мира, непрерывно и взаимно согласовано, в геоинформационных системах (ГИС), базах пространственных данных (БПД), базах геопространственных знаний (БГЗ) целесообразно осуществлять также с воссозданием этих принципов пространственного положения и взаимосвязи объектов. Применение на территории субъекта РФ единой, высокоточной, гомогенной (однородной в точности) системы координат при создании указанных баз пространственных данных и баз знаний, «цифровых двойников» на больших по площади территориях позволяет воссоздать в цифровых моделях реального мира единство географического пространства этой территории и естественных свойств объектов в части непрерывности их пространственного простираия и согласованности взаимного положения [90].

По мере развития компьютерных и геоинформационных технологий и применения в практической деятельности технологий создания «цифровых двойников», формирования баз пространственных данных и баз геознаний, охватывающих значительные территории, стало очевидным, что местные системы координат вышеуказанного типа (МСК НП) являются препятствием для формирования качественных общегосударственных геоинформационных ресурсов, таких, например, как Единый государственный реестр недвижимости. Невозможность с топологической точностью согласовать объекты ЕГРН, учитываемые в тысячах таких МСК, приво-

дило к значительному количеству пересечений границ объектов недвижимости, которые, вне единого координатного пространства, на этапе введения в ЕГРН не выявлялись и накапливались в нем в виде потенциальных кадастровых ошибок.

В этой связи Приказом Роснедвижимости [131] был введен новый тип МСК: местные системы координат, установленные в отношении территорий субъектов РФ (далее – МСК-NN), где NN – код субъекта РФ в соответствии с общероссийским классификатором. В отличие от беззональных МСК НП, 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 от осевого меридиана соответствующей зоны МСК-NN (соответственно трех- или шестиградусной) здесь существенное, приводящее к относительным искажениям картографической проекции на краях трехградусных зон до 1/4200 (с перекрытием зон в 0,5°). Таким образом, необходимость формирования единого координатного пространства субъекта РФ как важное условие формирования качественного общегосударственного геоинформационного ресурса (ЕГРН) стала причиной отказа от создания пространственных данных в системе координат, обеспечивающей 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, покрывающих большие территории (вплоть до территории субъектов РФ), оно может быть заменено автоматизированным геокалькулятором, осуществляющим то же сравнение, но уже с учетом искажения проекции.

Введенные Росреестром для ведения ЕГРН единые местные системы координат субъектов Российской Федерации МСК-NN стали применяться и в других отраслях экономики и сферах деятельности. Так, Приказом Минстроя от 25.02.2019

№ 127/пр [134], установлено, 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 ЕГРН.

Таким образом, МСК-NN стали базой для формирования единого координатного пространства субъектов РФ, в которых ПД начали создаваться доступными для совместного использования на всей территории региона, в том числе для создания качественных единых общегосударственных геоинформационных ресурсов, таких, как ЕГРН. В этих условиях дальнейшее использование множества МСК НП, низкая точность которых обусловлена погрешностями реализующих их на местности геодезических сетей, становится нецелесообразным, поскольку они нарушают единство и точность такого единого координатного пространства субъектов РФ. После преобразования востребованных ПД из МСК НП в МСК-NN их применение целесообразно прекратить.

Однако, несмотря на создание единых региональных МСК-NN, разумно прекратить использование не всех, а только низкоточных МСК НП. При этом целесообразно продолжить применение тех МСК НП, которые имеют точность, равную или выше точности действующей ГСК и надежные параметры перехода к этой ГСК. Это позволит ПД, созданные в таких МСК, без потери точности преобразовывать в единую МСК-NN региона, обеспечивая возможность «встраивания их» в координатное пространство региона и, тем самым, не нарушая его единства и точности. К таким относятся МСК крупных городов, закрепленных качественными геодезическими сетями, равных по точности ГГС, которые могут поддерживаться в актуальном состоянии при появлении новых ГСК.

Применив классификацию видов ГСК (таблица В.1) на момент установления в качестве действующей высокоточной, однородной, общеземной ГСК вида 3 (ГСКВ3) к ситуации в регионах страны, где используются МСК-NN, созданные как от актуальной ГСКВ3 (МСК-NN_ГСКВ3), так и от отмененных ГСКВ2 (МСК-

NN_ГСКВ2) и ГСКВ1 (МСК-NN_ГСКВ1), фактическую и идеальную модель ЕКП СРФ в части количества используемых МСК покажем на рисунке 1.6.

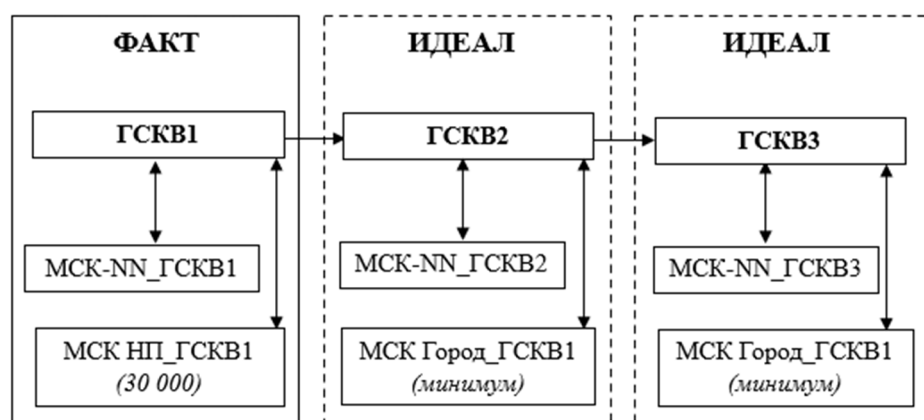


Рисунок 1.6 – Схема фактической и идеальной модели единого координатного субъектов Российской Федерации в аспекте количества МСК

Идеальная модель ЕКП СРФ состоит из единой МСК-NN, применяемой для ведения ЕГРН, созданной от действующей ГСК, для ГСК вида 3 обозначаемая «МСК-NN_ГСКВ3»; минимума качественных МСК, названных «МСК Город», точность которых равна или выше точности действующей ГСК, обозначаемых «МСК Город_ГСКВ1», параметры перехода от которых к действующей ГСК актуализируются при появлении новых ГСК.

Ретроспективный охват отмененных ГСК (см. рисунок 1.6) включает в себя два вида ГСК: ГСКВ2, замененная актуальной ГСК вида 3 (ГСКВ3) и предшествующую ей ГСК вида 1 (ГСКВ1). Т. е. при адаптации координатного пространства региона к актуальной ГСКВ3 методологически правильно рассматривать все версии ГСК и образованные от них МСК, в которых созданы востребованные ПД.

Как видно на рисунке 1.6, фактическая ситуация с количеством МСК в регионах страны отличается от идеальной, которую требуется создать на этапе построения единого координатного пространства субъекта РФ и поддерживать при появлении новых версий ГСК тем, что количество МСК НП_ГСКВ1 здесь слишком большое (порядка 30 000). Это обстоятельство и создает проблемную ситуацию,

которую предстоит решать в рамках настоящих исследований по разработке методологии и технологии создания ЕВКП субъекта Российской Федерации, в том числе по уменьшению количества МСК НП, используемых на территории региона.

1.2.2 Точность местных систем координат, применяемых в субъектах Российской Федерации

Идеальной ситуацией в аспекте точности применяемых в субъектах РФ МСК следует считать такой, когда их точность соответствует точности действующей в данный момент государственной системы координат. Добиться этого можно тем, чтобы все применяемые в регионе МСК были образованы только от действующих ГСК, как это показано на рисунке 1.6. Это касается как единой МСК-NN_ГСК региона, которая на эпоху действия соответствующей ГСК должна быть образована от нее, так и «МСК Город», у которой по выходу каждой актуальной версии ГСК должны обновляться порядок и параметры перехода к этой ГСК.

С точки зрения оценки общих закономерностей эволюционного совершенствования государственных систем координат важно констатировать то объективное обстоятельство, что рост точности координат пунктов ГГС в очередной версии ГСК происходит не равномерно, а скачкообразно. То есть переход от начальной в эволюции государственной системы координат вида 1 (ГСКВ1) к последующим ГСК вида 2 (ГСКВ2) и вида 3 (ГСКВ3) сопровождается не постепенным, а неравномерным повышением точности координат пунктов ГГС, закрепляющих эти ГСК на местности. Это видно, если от видов ГСК вернуться к реальным представителям ГСК, на основании которых произведена классификация ГСК по этим видам, т. е. приняв, что ГСКВ1=СК-42, ГСКВ2=СК-95, ГСКВ3=ГСК-2011. Так, на рисунке 1.7, где показано снижение по мере эволюционного совершенствования ГСК погрешностей координат смежных пунктов ГГС, видно, что наибольший скачок повышения точности ГСК происходит на этапе перехода от СК-42 (ГСКВ1) к СК-95 (ГСКВ2). То есть во всей цепочке эволюции ГСК именно на этапе перехода ГСКВ1→ГСКВ2 происходит смена между двумя государственными системами координат, имеющими самую большую разность в точности: по точности координат

смежных пунктов – в шесть раз. Объясняется это тем, что замена ГСКВ1 на ГСКВ2 происходит именно вследствие революционных изменений в технологии геодезических измерений, появлении точных методов космической геодезии, а также с ростом возможностей компьютерных технологий, позволившим уравнивать всю ГГС страны как единое геометрическое построение, существенно снизив тем самым ошибки блочного уравнивания ГСКВ1 (подразумеваем СК-42, где локальные погрешности достигают 10 м, особенно на стыках блоков) и погрешности координат смежных пунктов ГГС [168]. В то же время переход на этапе ГСКВ2 → ГСКВ3 (имеем в виду СК-95 и ГСК-2011 соответственно), вызванный внедрением в технологию построения ГГС относительных методов спутниковой геодезии и глобальных навигационных спутниковых систем, привел уже к важному и необходимому, но не такому существенному повышению точности.

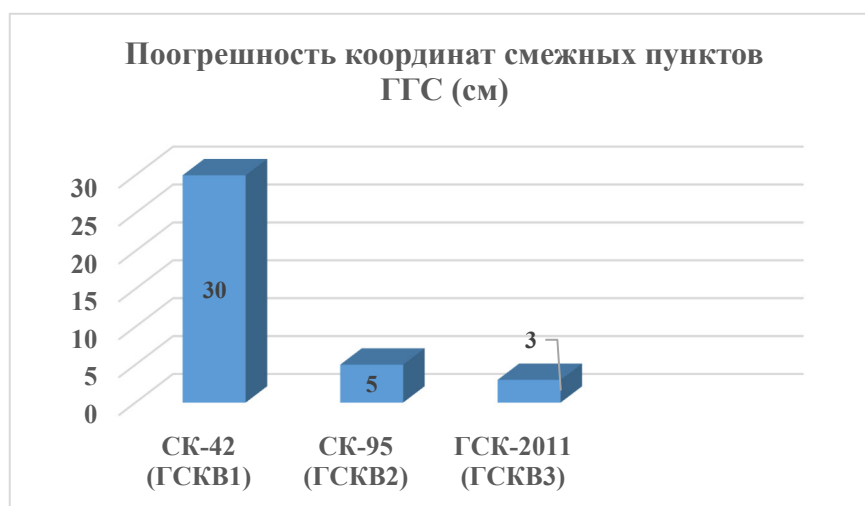


Рисунок 1.7 – Погрешности координат смежных пунктов ГГС, достигаемые в ГСК

Фактор неравномерного, скачкообразного повышения точности ГСК в процессе их эволюции, выявленный в процессе проведенного анализа, является важным с позиции разработки методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации. Он объективно задает необходимость разработки различных методологических и технологических подходов на разных этапах эволюционного совершенствования ГСК. Исходя из этого введено новое базовое понятие двух типов переходов между смежными ГСК.

Так, переход ГСКВ1→ГСКВ2 назван в работе «Переход типа I» или «Переход между разноточными ГСК», поскольку на этом этапе происходит транзит к точной ГСКВ2 от технической точности ГСКВ1, погрешности которой имеют неоднородный, нелинейный, случайный характер, что требует методологических подходов, позволяющих учесть такую существенную разность в точности и однородности смежных ГСК.

В то же время переход ГСКВ2 → ГСКВ3 назван в работе «Переход типа II» или «Переход между равноточными ГСК», поскольку на этом этапе сменяются ГСК примерно равной точности и однородности, что позволяет использование методологических приемов преобразования между системами координат равной позиционной точности.

Таким образом, новое базовое понятие двух типов переходов между смежными ГСК введено с тем, чтобы произвести научную классификацию типов перехода между государственными системами координат в процессе их эволюционного совершенствования, что обуславливает необходимость применения различных методологических подходов и технологических решений для создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ и его поддержания в актуальном состоянии в зависимости от степени разноточности и неоднородности смежных ГСК на всех этапах эволюции ГСК.

Очевидно, что осуществление «Перехода типа I» и «Перехода типа II» будет иметь свои особенности исходя из других критериев смежных ГСК: по используемым эллипсоидам, по их взаимному пространственному положению и геоцентричности. Кроме того, если при внедрении ГСКВ3 будут выявлены участки отдельных, локальных деформаций ГСКВ2, не соответствующие критерию оценки такой ГСК как системы координат точной и однородной, то на таких отдельных, локальных участках может быть применена методология «Перехода типа I».

Объективная оценка точности системы координат 1942 года (а значит и МСК, созданных на ее основе) сделана главной научной организацией страны в сфере геодезии – Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИГАиК) и приведена в документе [176]: «В целом

по сети деформации СК-42 могут быть оценены величинами средних квадратических ошибок координат, равными примерно 3,5–4 м. Именно с такой точностью (СКО) в среднем могут быть преобразованы координаты СК-42 в СК-95 при использовании единого для всей ГГС набора параметров ортогонального преобразования. При этом абсолютные величины ошибок могут достигать 10 и более метров» [176].

Все местные системы координат, используемые на территории субъектов Российской Федерации к моменту введения в действие новой государственной системы координат СК-95, были созданы от ранее существовавшей государственной системы координат СК-42, а значит по точности они полностью соответствовали своей материнской системе координат. Таким образом, исходя из вышеуказанной объективной оценки точности СК-42, созданные на ее основе местные системы координат, используемые на момент введения в действие государственной системы координат СК-95 в субъектах Российской Федерации для создания пространственных данных, и, в том числе, для осуществления кадастровой деятельности и пространственного описания объектов недвижимости, не соответствовали в полной мере требованиям потребителей. Так, например, как показано в [139], точность используемых для осуществления кадастровой деятельности МСК, основанных на СК-42, не соответствует требованиям документа [136], определяющего точность определения координат характерных точек границ объектов недвижимости как на землях населенных пунктов (п. 1), так и на некоторых других категориях земель: на земельных участках, отнесенных к землям сельскохозяйственного назначения и предоставленных для ведения личного подсобного, дачного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства (п. 2); на земельных участках, отнесенных 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 приведена в соответствии с таблицей приложения к Приказам Минэкономразвития России от 17.08.2012 № 518 [126], от

01.03.2016 № 90 [135], к приказу Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 № П/0393 [136], задающей требования к средней квадратической погрешности определения координат характерных точек границ объектов недвижимости, которые, оставаясь неизменными в последние десятилетия, действуют и в настоящее время.

То есть к моменту ввода в действие СК-95 на территории каждого субъекта Российской Федерации использовались местные системы координат, точность которых не обеспечивала соблюдение соответствующих требований по точности пространственного описания объектов недвижимости. При этом степень негомогенности (неоднородности) таких МСК, основанных на СК-42, вследствие локальных деформаций последней (до 3,5–4 м в соответствии с [176]), создает риски нарушения требований по точности определения координат характерных точек границ объектов недвижимости в отношении остальных категорий земель, за исключением земельных участков, отнесенных к землям лесного фонда, землям водного фонда и землям запаса (допустимая погрешность метрического описания границ объектов здесь ± 5 м).

Таким образом, геодезическое обеспечение территорий субъектов Российской Федерации в части местных систем координат, применяемых для создания пространственных данных, в том числе в процессе наиболее массового и социально значимого вида геодезических работ – пространственного описания объектов недвижимости, характеризовалось негативными оценками в аспекте точности и гомогенности применяемых местных систем координат, вызванных аналогичными деформациями материнской системы координат – СК-42.

Результаты анализа, проведенного в аспекте точности применяемых в регионах МСК, показывают, что использование МСК, основанных на ГСКВ1 (фактически на СК-42) для геодезической деятельности в большинстве сфер экономики, где требуется координатное описание пространственных данных с погрешностью, меньшей 3 м, недопустимо после введения ее новой, более точной версии ГСКВ2 (под которой подразумевается СК-95), а тем более высокоточной ГСКВ3 (под ко-

торой имеется ввиду ГСК-2011). Именно эта проблема – низкая точность применяемых в регионах МСК, основанных на аналогичной точности отмененных ГСК, не соответствующих требованиям во многих сферах экономической деятельности по точности координатного описания пространственных данных, является одной из главных, на решение которой нацелена разрабатываемая в рамках настоящих исследований методология и технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации.

С учетом этого, реализацию разработанной методологии создания ЕВКП региона предложено осуществить путем последовательных переходов «типа I» и «типа II» между смежными видами ГСК, как это показано на рисунке 1.8, а.

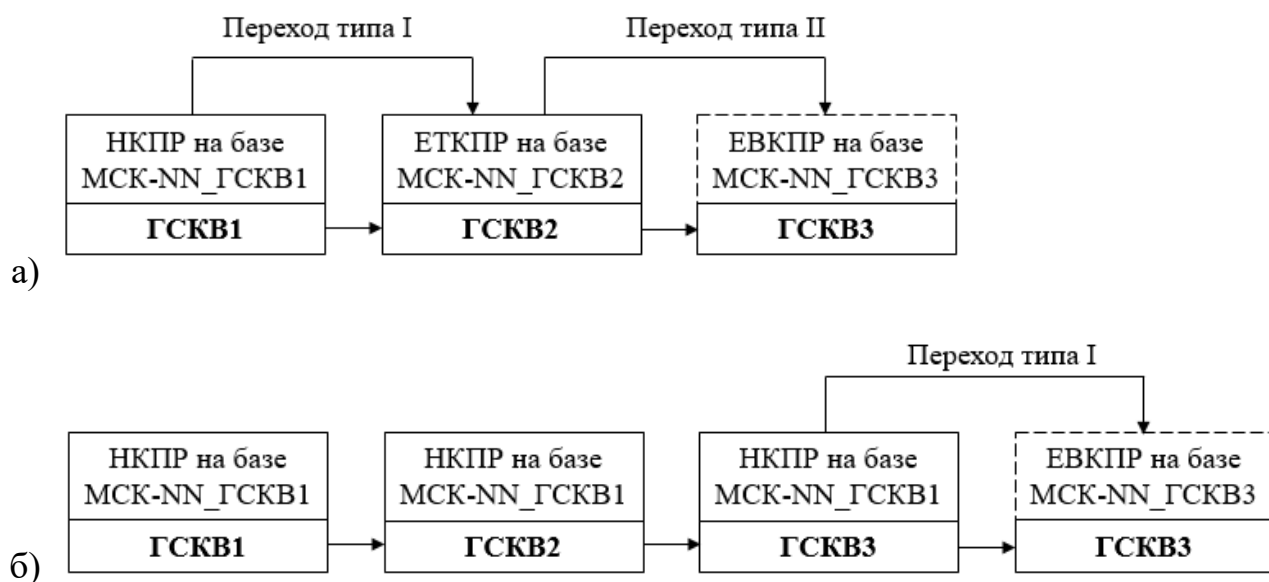


Рисунок 1.8 – Технологическая схема реализации методологии создания ЕВКП субъекта РФ: а) предложенная; б) отложенная, обуславливающая системные ошибки КП СРФ, имеющие место в настоящее время

Как стартовый этап в цепочке эволюции ГСК, координатное пространство субъекта РФ, основанное на ГСК вида 1 (ГСКВ1), является не единым (при наличии единой МСК-NN_ГСКВ1 региона, но и еще 30 000 МСК НП), и низкоточным (из-за низкой точности базовой для него ГСК вида ГСКВ1), поэтому на рис. 1.8, а оно обозначено НКПР (низкоточное координатное пространство региона), без добавления характеристик его единства.

Координатное пространство субъекта РФ, основанное на ГСК вида 2 (ГСКВ2), на рисунке 1.8, *а* названо ЕТКПР («единое точное координатное пространство региона»), т. к. ГСКВ2 является точной, и в таком пространстве остались лишь компоненты, обеспечивающие его единство.

Координатное пространство региона, основанное на ГСК вида 3 (ГСКВ3), обозначено на рисунке 1.8, *а* ЕВКПР «единое высокоточное координатное пространство региона», т. к. и ГСК такого вида является «высокоточной», и в составе такого КПР лишь элементы, обеспечивающие его единство.

1.2.3 Адаптация координатного пространства субъекта Российской Федерации к новым ГСК, устанавливаемым в процессе их эволюционного совершенствования

Эволюционное совершенствование государственных систем координат, результатом которого стало последовательное введение вместо неоднородной, технической точности, референцной ГСК вида 1 (ГСКВ1), однородной, точной, референцной ГСК вида 2 (ГСК-2), созданных на одинаковом эллипсоиде, а затем – однородной, высокоточной, геоцентрической ГСК вида 3 (ГСКВ3) на новом эллипсоиде, требует своевременной адаптации применяемых на территории субъектов РФ МСК ко вновь вводимым в действие государственным системам координат. Суть такой адаптации, прежде всего, заключается в актуализации (уточнении, обновлении) порядка и параметров перехода от действующей МСК к новой ГСК.

Так, например, на этапе перехода между видами 1 и 2 ГСК (ГСКВ1 → ГСКВ2), вследствие того, что координаты пунктов ГГС в ГСК вида 2 (ГСКВ2) получают новое (по сравнению с ГСКВ1) значение, использование этих, измененных координат для пересчета по ранее установленным параметрам перехода от предыдущего вида ГСК (ГСКВ1) к МСК даст аналогичные изменения координат уже в МСК. Такие изменения координат для переходов между видами ГСК, которые имеют существенное различие в точности и однородности (ГСКВ1 → ГСКВ2), а также между видами ГСК, в которых могут применяться разные эллипсоиды (например, ГСКВ2

→ ГСКВ3) обычно составляют величины, существенно превышающие графическую точность карт и требования по точности метрического описания иных видов пространственных данных. Это делает невозможным продолжение создания пространственных данных, которые ранее создавались в МСК, основанных на предыдущем виде ГСК (например, МСК_ГСКВ1), в МСК, созданной от нового вида ГСК (ГСКВ2) – МСК_ГСКВ2, поскольку между собой такие данные будут рассогласованы на величины различий координат в МСК_ГСКВ1 и МСК_ГСКВ2, характер и размер которых является нелинейным и не поддающимся описанию строгими функциональными зависимостями.

В этой связи на этапе перехода ГСКВ1→ГСКВ2 возникают следующие варианты способов адаптации МСК_ГСКВ1, созданной на базе ГСК вида 1 (ГСКВ1), к новой ГСК вида 2 (ГСКВ2) и превращения МСК_ГСКВ1 в свою актуализированную версию – МСК_ГСКВ2.

1 Сохранить ранее установленные параметры перехода от предыдущей версии государственной системы координат вида 1 (ГСКВ1) к МСК_ГСКВ1 и после введения новой ГСК вида 2 (ГСКВ2) и использовать их без изменения уже для преобразования между ГСКВ2 и МСК_ГСКВ2. Очевидно, что такой подход, приводящий к существенному изменению координат в МСК_ГСКВ2 по сравнению с МСК_ГСКВ1, создает проблему несовместимости фондов пространственных данных, созданных ранее в МСК_ГСКВ1, с новой геопространственной информацией, которая будет создаваться в МСК_ГСКВ2. Отсюда возникает проблема качественного преобразования ранее созданных, востребованных фондов пространственных данных из МСК_ГСКВ1 в МСК_ГСКВ2. Однако безусловным достоинством такого подхода является то, что применение строгих математических зависимостей, входящих в параметры перехода между ГСК и МСК, позволяет создавать новые пространственные данные в местной системе координат МСК_ГСКВ2, адаптированной к новой ГСК вида 2 (ГСКВ2), с точностью этой ГСКВ2.

2 С целью сохранения ранее созданных геодезических и картографических материалов и данных в дополнение к варианту 1 определить и применить параметры 2D-преобразования: смещение по осям координат, разворот вокруг точки примерно

в центре территории и масштабный коэффициент. Применение такого двойного преобразования (по двум наборам параметров преобразования) может приблизить координаты точек в МСК_ГСКВ2 к координатам точек в МСК_ГСКВ1, что позволяет в некоторых случаях сохранить часть ранее созданных в МСК_ГСКВ1 пространственных данных. Недостатком такого метода является громоздкость осуществляемых координатных преобразований, а также невозможность задания параметров двойного преобразования в ГНСС-приемники, ПО для обработки ГНСС-измерений, программное обеспечение геоинформационных систем (ПО ГИС). Кроме того, наличие существенных, нелинейного характера искажений между государственными системами координат вида 1 (ГСКВ1) и вида 2 (ГСКВ2), что, как было показано выше, является характерной особенностью эволюционного совершенствования ГСК на этапе «Перехода типа I», делает невозможным с требуемой точностью определение параметров указанного 2D-преобразования на значительной территории, а на такой большой площади, как территория субъекта РФ, эта задача является нерешаемой.

В то же время, как это было показано ранее, только на первом этапе совершенствования ГСК переход между смежными ГСК видов 1 и 2 (ГСКВ1 → ГСКВ2) в процессе их эволюции сопровождается радикальным повышением точности новой версии ГСК по сравнению с предыдущей и существенными искажениями координат пунктов ГГС в предыдущей ГСК по сравнению с новой ГСК. На дальнейших этапах эволюции видов ГСК (ГСКВ2 → ГСКВ3) смежные ГСК имеют близкие показатели точности и гомогенности, что делает возможным искать способы адаптации действующих МСК ко вновь вводимым ГСК, учитывающие эту особенность таких переходов. В то же время следует иметь в виду, что на дальнейших этапах перехода (в нашем случае ГСКВ2 → ГСКВ3, что применимо для перехода СК-95 → ГСК-2011) осуществляется смена эллипсоида, применяемого в государственной системе координат [43, 44, 45, 60, 61, 174, 111], а значит, в соответствии с [132] эллипсоид ГСКВ3 должен применяться и в образуемых от нее МСК_ГСКВ3. Таким образом, переход ГСКВ2 → ГСКВ3 как между системами координат близкой точ-

ности и однородности предполагает возможность поиска методологических и технологических решений в адаптации МСК_ГСКВ2 к ГСКВ3 и создания МСК_ГСКВ3, наиболее адекватных такому переходу, однако использование разных эллипсоидов в МСК_ГСКВ2 и МСК_ГСКВ3 делает эту задачу нетривиальной, научного решения которой ранее не имелось. Детальное изложение решения данной проблемы, разработанное автором, приводится далее.

1.2.4 Качественное преобразование пространственных данных между различными версиями координатного пространства субъекта Российской Федерации

Координатное пространство субъекта Российской Федерации, базирующееся на действующей государственной системе координат и созданных от нее местных системах координат, закрепленное на местности пунктами ГГС, геодезической сети специального назначения, федеральной сети геодезических станций, существует в конечном итоге для того, чтобы создавать в используемых в нем МСК пространственные данные, требуемые для социально-экономического развития страны. То есть пространственные данные, создаваемые в интересах экономической деятельности региона и страны в целом, в действующих в субъекте РФ МСК являются главным элементом такого координатного пространства.

Однако на каждом из этапов эволюции видов ГСК, показанных на рисунке 1.6 (допустим ГСКВ1 $\rightarrow$ ГСКВ2), происходит адаптация единой действующей местной системы координат субъекта РФ (МСК-NN_ГСКВ1) к новой ГСК вида 2 (ГСКВ2), вследствие чего появляется ее новая, актуализированная на базе ГСКВ2 версия МСК-NN_ГСКВ2. Создаваемые в этой, новой МСК-NN_ГСКВ2 новые пространственные данные будут иметь главное положительное качество: их точность будет соответствовать точности новой ГСК вида 2 (ГСКВ2), однако при этом они не будут согласовываться (не будут совпадать географически) с той геопространственной информацией и продукцией, которая была ранее создана в МСК_ГСКВ1.

Но поскольку многие из ранее созданных пространственных данных продолжают оставаться востребованными, возникает проблема преобразования ПД, со-

зданных в предыдущих версиях применяемых в регионе МСК, в ее новую, адаптированную к новому виду ГСК, версию – в вышеприведенном случае: из МСК_ГСКВ1 в МСК_ГСКВ2. При этом, имея задачей разработку единого высоко-точного координатного пространства субъекта Российской Федерации, преобразование ранее созданных ПД в обновленную версию такого пространства (построена на новой МСК_NN_ГСКВ2 региона) должно осуществляться качественно, с повышением их точности до уровня точности вновь установленной МСК-NN_ГСКВ2.

Под качественным преобразованием здесь подразумевается, в зависимости от этапа перехода между ГСК, либо:

а) такое преобразование пространственных данных из предыдущей (технической точности, неоднородной) в новую (точную и однородную) местную систему координат, которое за счет алгоритма эластичной коррекции метрического (координатного) описания пространственных объектов в процессе пересчета устраняет в них ошибки и искажения старой МСК, тем самым повышая их точность и однородность до уровня соответствующих показателей новой, адаптированной к новому виду ГСК местной системы координат (применимо для «Перехода типа I» между смежными МСК, основанными от ГСК, имеющих существенную разность в точности и однородности, например, для преобразования из МСК_ГСКВ1 в МСК_ГСКВ2, созданных на базе ГСК видов ГСКВ1/ГСКВ2 соответственно);

б) такое методологическое решение, которое существенно уменьшало бы, а во многих случаях и исключало бы необходимость пересчета координатного описания пространственных объектов, созданных в действующей МСК, в ее актуализированную версию, адаптированную ко вновь установленной государственной системе координат (применимо для «Перехода типа II» между смежными МСК, основанными от ГСК, имеющих близкую точность и однородность, например, для преобразования из МСК_ГСКВ2 в МСК_ГСКВ3 созданных на базе ГСК видов ГСКВ2/ГСКВ3 соответственно). Результаты разработки таких методологических и технологических решений будут изложены далее, в следующих разделах исследования. Однако важным, вводным проблемным обстоятельством для проведения таких исследований является то, что в процессе эволюции ГСК РФ ее разработчиками

преобразована из референцной, центр которой не совпадал с центром масс Земли на величину порядка 200 м, в геоцентрическую, с заменой ранее применявшегося в ней эллипсоида (эллипсоид Красовского) на новый эллипсоид, параметры которого близки к общеземному эллипсоиду.

По итогам проведенного анализа установлено, что на момент начала исследований (2012 г.) отсутствовали методология и технология, обеспечивающие автоматизированное, качественное преобразование пространственных данных, созданных в применяемых в субъектах Российской Федерации местных системах координат, в новые версии этих МСК, образованных от новых версий ГСК, устанавливаемых в процессе их эволюционного совершенствования. При этом с целью выполнения производственных работ по преобразованию ранее созданных пространственных данных из МСК_ГСКВ1 в МСК_ГСКВ2, в том числе объектов, учтенных в АИС ГКН, выполнявшихся в некоторых регионах страны независимо от настоящих исследований [187], применялись методы, не обеспечивавшие нормативно установленной позиционной точности пространственного описания объектов недвижимости. Задача одновременного преобразования пространственных данных (прежде всего координатного описания объектов недвижимости в составе государственного кадастра недвижимости) из множества местных систем координат МСК_ГСКВ1, используемых на территории субъекта РФ и основанных на ГСК вида 1 (ГСКВ1), в единую МСК региона МСК-NN_ГСКВ2, основанную на ГСК вида 2 (ГСКВ2), в вышеуказанных проектах решалась в коммерческом ПО ГИС, не обладающем (по признанию самих исполнителей таких проектов) необходимым инструментарием и возможностями и не обеспечивающем вышеуказанное качественное преобразование пространственных данных [187].

Резюмируя результаты анализа состояния проблемы построения единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации на момент начала исследований (2012 год) во всех вышеуказанных аспектах, можно констатировать следующее.

1 Отсутствие методологических и технологических решений, которые можно было бы использовать для построения единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации. Применяемые в отдельных регионах страны подходы не позволяли решать данную задачу методологически корректно, без потери в точности пространственных данных, как вновь создаваемых, так и преобразуемых из ранее созданных фондов [87, 187]; в них проблема не рассматривается комплексно, на всех этапах совершенствования государственных (а соответственно, и местных) систем координат ($\text{ГСКВ1} \rightarrow \text{ГСКВ2} \rightarrow \text{ГСКВ3}$), а отрабатывается только технология перехода на этапе $\text{ГСКВ1} \rightarrow \text{ГСКВ2}$.

2 Использование для создания пространственных данных, в том числе с целью пространственного описания границ объектов недвижимости, множества (свыше 30 000 в целом по стране) местных систем координат. Использование множества МСК в пределах субъекта РФ раздробляет его координатное пространство на множество разобщенных систем отсчета, что является серьезным препятствием для формирования качественных единых общегосударственных геоинформационных ресурсов, таких, например, как ЕГРН. В то же время местная система координат нового типа (МСК–NN), установленная Приказом Роснедвижимости [131] в отношении территорий субъектов РФ, является базисом, на котором должно формироваться единое координатное пространство регионов. При этом, с целью создания в таком едином координатном пространстве региона только точных и согласованных пространственных данных, помимо региональных МСК–NN в них имеют право сохраняться только те МСК («МСК Город»), адаптацию которых ко всем новым видам ГСК их пользователи могут обеспечить, и точность создания пространственных данных в которых будет соответствовать точности их создания в МСК–NN.

3 Точность местных систем координат, используемых в субъектах РФ, как единой МСК–NN в регионах, так и множества местных систем координат населенных пунктов и локальных территорий (МСК НП), соответствует точности их материнской системы координат – ГСКВ1 (подразумеваем для РФ, что $\text{ГСКВ1} = \text{СК-42}$) и не удовлетворяет требованиям в большинстве отраслей экономики в части точ-

ности координатного описания пространственных данных, в том числе требованиям по среднеквадратической погрешности определения координат характерных точек границ объектов недвижимости при ведении ЕГРН [136].

4 Эволюция государственных систем координат в части точности координат пунктов ГГС, реализующих их на местности, происходит неравномерно, скачкообразно: на начальных этапах (ГСКВ1 → ГСКВ2) смежные виды ГСК существенно разнятся в точности, в то время как на дальнейших этапах (ГСКВ2 → ГСКВ3) уменьшение соответствующих ошибок происходит несущественно. Этот результат анализа позволил автору классифицировать переходы между смежными видами ГСК в 2 типа – «Переход тип I», «Переход тип II», что обеспечило возможность на дальнейших этапах исследования использовать разные методологические принципы и технологические решения для адаптации действующего координатного пространства субъекта РФ к его версии, модернизированной на основе вновь установленного вида ГСК, исходя из типа перехода между смежными ГСК, на которых они базируются.

5 Проблема качественного преобразования пространственных данных между различными версиями координатного пространства субъекта РФ, а фактически из предыдущей в последующие версии единой МСК региона (МСК-NN_ГСК) по мере введения в действие в нем ГСК нового вида, не решена как в целом для страны, так и в отдельных его регионах. Применяемые в отдельных регионах страны подходы не решают эту задачу без потери в точности пространственных данных, как вновь создаваемых, так и преобразуемых из ранее созданных фондов [87, 187]. Вместе с тем, полученный по итогам анализа вывод о скачкообразном характере эволюции видов ГСК в части их точности и введение нового базового понятия двух типов переходов между смежными видами ГСК в зависимости от степени взаимного искажения координат пунктов ГГС в этих ГСК открывают возможность искать разные методологические и технологические подходы для преобразования востребованных ПД из предыдущего варианта МСК-NN_ГСК в последующие ее версии в зависимости от типа перехода между смежными ГСК, на которых они базируются.

Таким образом, результаты проведенного анализа показали, что на момент начала исследований (2012 г., этап перехода от СК-42 к СК-95), в соответствии с данным в начале данного раздела определением, координатное пространство субъекта Российской Федерации существовало, однако оно не являлось ни единым, ни высокоточным. Это приводило к созданию в регионах страны пространственных данных, в недопустимой мере неточными и взаимно пространственно не согласованными, что являлось существенным фактором, сдерживающим социально-экономическое развитие регионов. Так, например, формирование объектов государственного кадастра недвижимости с нарушением нормативных требований точности их пространственного описания приводило к систематическому внесению ошибочных данных в ЕГРН, что вело к нарушению одного из краеугольных прав человека – нарушению гарантий прав собственности на землю и недвижимость. Ошибки в ЕГРН, влияющие на основополагающие права граждан, – частную собственность на землю и недвижимость, создавали предпосылки для возможных судебных разбирательств в будущем и потенциального роста социальной напряженности в обществе.

2 МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕГО АКТУАЛИЗАЦИИ

2.1 Методологические принципы создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации

Результаты анализа состояния проблемы создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ и выполненные исследования позволили автору на базе общенаучных методологических подходов сформулировать принципы реализации разработанных методологических решений, использованные в исследовании для достижения этой цели.

Принцип непрерывности и последовательности. *Методология создания ЕВКП региона должна: а) непрерывно охватывать все этапы его создания и актуализации по мере эволюции ГСК; б) учитывать последовательность и тип переходов между смежными ГСК.*

Если единое высокоточное координатное пространство региона, созданное на актуальной ГСК вида 3 – ГСКВ3, обозначить как ЕВКПР_ГСКВ3, то положения такого принципа можно изложить так (см. рисунок 1.8, а):

а) если $\text{ГСКВ1} \rightarrow \text{ГСКВ2} \rightarrow \text{ГСКВ3}$, то $\text{НКПР_ГСКВ1} \rightarrow \text{ЕТКПР_ГСКВ2} \rightarrow \text{ЕВКПР_ГСКВ3}$;

б) переход $\text{НКПР_ГСКВ1} \rightarrow \text{ЕТКПР_ГСКВ2} = \text{«Переход типа I»}$;
переход $\text{ЕТКПР_ГСКВ2} \rightarrow \text{ЕВКПР_ГСКВ3} = \text{«Переход типа II»}$;
«Переход типа I» предшествует «Переходу типа II»;

в) «Переход типа I» и «Переход типа II» неравнозначны и имеют особенности, обусловленные разностью в точности и однородности смежных ГСК, а также используемыми в них эллипсоидами, где:

$\text{ГСКВ1} \rightarrow \text{ГСКВ2} \rightarrow \text{ГСКВ3}$ – последовательность видов ГСК, сменяющих друг друга в процессе эволюционного совершенствования;

«Переход типа I», «Переход типа II» – введенные ранее обозначения типов перехода между смежными ГСК в зависимости от вида, к которому эти ГСК относятся.

Принцип непрерывности в разрабатываемой методологии создания ЕВКП субъекта РФ, обусловленный непрерывностью процесса модернизации ГГС и совершенствования ГСК на рассматриваемом промежутке времени, позволяет исключить принятие точечных методологических решений, вне общего контекста всего процесса эволюции ГСК, приемлемых на конкретном этапе перехода между смежными ГСК, но которые могли бы существенно усложнить или сделать невозможным дальнейшее совершенствование координатного пространства региона.

Принцип последовательности в методологии создания ЕВКП субъекта РФ предлагает конкретное методологическое решение: использовать на протяжении всего процесса актуализации координатного пространства субъекта РФ к новым версиям ГСК последовательно переходы двух типов: «Переход типа I», «Переход типа II». Данный принцип основывается на объективном факте, установленном в результате проведенного в работе анализа: с точки зрения точности координат пунктов ГГС в смежных версиях ГСК эволюция ГСК осуществляется не равномерно, а скачкообразно. Установлено, что по критерию погрешностей координат пунктов ГГС существует переход между смежными видами ГСК $ГСКВ1 \rightarrow ГСКВ2$, для которого характерен существенный скачок повышения точности, и такой переход автором назван «Переход типа I». В то же время существуют переходы между смежными ГСК видов $ГСКВ2 \rightarrow ГСКВ3$, для которых характерно небольшое повышение точности и такой переход автором назван «Переход типа II».

Такая классификация переходов между смежными ГСК на два типа позволяет, с одной стороны, понять величину и характер искажений координат пунктов ГГС в смежных ГСК на протяжении всего процесса их эволюционного совершенствования, а с другой стороны, искать адекватные им методологические и технологические решения адаптации координатного пространства региона к последующим версиям государственной системы координат.

В свете сказанного, для перехода на этапе ГСКВ1 → ГСКВ2, который относится, в соответствии с проведенной классификацией, к «Переходу типа I», поскольку искажения координат пунктов ГГС в ГСКВ1 по сравнению с ГСКВ2 имеют существенное значение и неоднородный (нелинейный) характер (под ГСКВ1 и ГСКВ2 в РФ подразумевается, как было показано ранее, СК-42 и СК-95 соответственно), следует применять методологию преобразования между существенно разноточностными системами координат.

В то же время для перехода на этапе ГСКВ2 → ГСКВ3, который относится к «Переходу типа II», поскольку искажения координат пунктов ГГС в предыдущей ГСК по сравнению с ее последующей версией незначительны (под ГСКВ2 и ГСКВ3 в РФ подразумевается СК-95 и ГСК-2011 соответственно), следует применять методологию преобразования между системами координат равной точности.

На рисунке 1.8, *а* показана предложенная оптимальная последовательность переходов в процессе эволюции ГСК, которая реализуется при своевременной адаптации координатного пространства региона (КПР) ко вновь устанавливаемым видам ГСК. Если же, как это показано на рисунке 1.8, *б* и как это существует сейчас в большинстве субъектов РФ, НКПР продолжает функционировать на базе МСК вида МСК-NN_ГСКВ1 и после введения ГСК вида ГСКВ3, то «Переход типа I» следует реализовывать уже между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ3.

Таким образом даже при наличии возможности адаптации единого координатного пространства субъекта Российской Федерации на этапе ГСКВ2 → ГСКВ3 по «Переходу типу II» (за счет близости этих ГСК по точности), реализовать такой переход невозможно до проведения «Перехода типа I». Поэтому установление ГСК вида 2 (ГСКВ2) или вида 3 (ГСКВ3), без адаптации единой МСК-NN_ГСКВ1 региона к такой ГСКВ2 (или ГСКВ3) с получением МСК-NN_ГСКВ2 (или МСК-NN_ГСКВ3) и без качественного преобразования ПД, созданных в МСК-NN_ГСКВ1, в МСК-NN_ГСКВ2 (или в МСК-NN_ГСКВ3) не создает на базе ГСК вида ГСКВ2 (или ГСКВ3) ЕТКПР (или ЕВКПР). Для этого нужно реализовать мероприятия, предусмотренные «Переходом типа I», перечень которых будет изложен далее в работе.

Важно также иметь в виду, что при предлагаемой оптимальной реализации методологии создания ЕВКПР (см. рисунок 1.8, а) в «Переходе типа I» эллипсоид Ell-KRS не изменяется, в то время как в «Переходе типа II» эллипсоид Ell-KRS заменяется на Ell-2011. Поэтому в этом, «отложенном» варианте реализации методологии создания ЕВКПР (см. рисунок 1.8, б), «Переход типа I» между ГСК разной точности будет самым сложным, поскольку здесь он обременяется фактором смены эллипсоидов.

Принцип единства. Единое координатное пространство субъекта РФ задается единой МСК-NN региона, в которой ведется ЕГРН. В ЕКПР сохраняются МСК Город, точность которых равна или выше точности ЕКП региона.

В соответствии этим принципом единство КП субъекта РФ заключается не в том, что в регионе должна быть только одна региональная МСК-NN, а в том, что используемые наряду с ней другие МСК (ранее названы «МСК Город») встроены в такое КП и не нарушают его единства и точности.

Такая встроенность МСК Город в ЕКП региона, задаваемого его базовой, единой МСК-NN, достигается тем, что они обязаны на всех этапах модернизации этого пространства (в соответствии с эволюцией ГСК):

а) быть актуализированы в части параметров перехода между МСК Город и действующей ГСК (а значит и в части параметров перехода между МСК Город и МСК-NN), которые должны обеспечивать преобразование между МСК Город и ГСК/МСК-NN без потери точности;

б) все ПД, создаваемые в МСК Город, должны поддерживаться в актуальной версии МСК Город и быть легко доступными для преобразования в актуальную версию МСК-NN без потери точности.

Как было показано ранее, МСК Город, соответствующие вышеизложенным критериям, которые целесообразно сохранить в ЕКП региона, требуют для своего существования качественной ГГС, которые реализуют ее на местности, точность которой соответствует точности действующей ГСК или выше, а также поддержания в актуальном состоянии как самой МСК Город, так и созданных в ней ПД по мере появления новых версий ГСК и соответствующих им версий МСК-NN_ГСК.

Поддержание таких МСК Город требует определенных инвестиций, кадрового и интеллектуального потенциала в сфере геопространственных технологий, а поэтому возможности для сохранения таких МСК в актуальном состоянии доступны преимущественно крупным городам, областным центрам. Кроме того, ПД, созданные в таких МСК Город на территорию крупных городов, областных центров, имеют наибольшую ценность, стоимость и значимость для социально-экономического развития городов и регионов, что оправдывает инвестиции в МСК, в которых они созданы. Именно поэтому такие МСК, которые в предлагаемом принципе могут быть сохранены в ЕКП РФ, условно названы автором «МСК Город». Очевидно, что число таких «МСК Город» в пределах региона должно остаться минимальное количество – единицы в пределах первого десятка.

Использование в регионах остальных МСК, ранее названных в общем виде «МСК населенных пунктов», «МСК НП», целесообразно прекратить как нарушающих ЕКП субъекта РФ, поскольку пространственные данные в них не могут быть созданы с точностью, соответствующей точности действующей ГСК и актуальной МСК-NN. Очевидно, что ПД, созданные в таких МСК НП, востребованные в социально-экономической деятельности региона и страны, должны быть преобразованы в актуальную МСК_NN. При этом методология такого преобразования должна соответствовать изложенному далее Принципу адаптации пространственных данных к ГСК, обеспечивающему точность преобразованных ПД на уровне точности актуальной ГСК и актуализированной на ее основе МСК-NN.

Принцип точности. Позиционная точность ЕКП субъекта РФ задается точностью действующей ГСК, а также актуализированной на ее базе единой МСК-NN_ГСК региона. Все элементы координатного пространства региона должны соответствовать этой точности.

Под точностью государственной системы координат ГСК, а также актуализированной на ее базе единой МСК-NN_ГСК региона здесь и далее в исследовании подразумевается позиционная точность координат пунктов государственной геодезической сети в действующей ГСК и МСК-NN_ГСК соответственно, которая для

каждого конкретного пункта ГГС в этих системах координат должна быть идентичной. Этот принцип может быть формализован в виде следующих выражений:

$$M_{ГСК} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (2.1)$$

$$M_{МСК-NN_ГСК} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (2.2)$$

$$M_{ГСК} = M_{МСК-NN_ГСК}, \quad (2.3)$$

где M_x , M_y – погрешность координат пункта ГГС по осям абсцисс и ординат соответственно, представленных в виде плоских прямоугольных координат в действующей ГСК и в местной системе координат МСК-NN_ГСК;

$M_{ГСК}$, $M_{МСК-NN_ГСК}$ – погрешность в плане координат пункта ГГС в действующей ГСК и в актуализированной на ее базе единой МСК-NN_ГСК региона, представленных в виде плоских прямоугольных координат, соответственно.

Координаты идентичных пунктов иных геодезических сетей (ГССН, ФСГС), расположенных на территории региона, представленные в ГСК и МСК-NN_ГСК, также должны иметь идентичную между собой точность, а по отношению к координатам пунктов ГГС в ГСК и МСК-NN_ГСК – точность, соответствующую заложенной в технических проектах на их создание и привязку к ГГС. Теоретически внутренняя точность таких геодезических построений, представленных в системе координат их создания, может быть даже выше, чем точность ГСК и МСК-NN_ГСК. Однако в целях создания от таких геодезических сетей пространственных данных, используемых в интересах социально-экономического развития, важна именно точность их встраивания в единое координатное пространство такого региона, т. е. точность координат пунктов этих сетей в ГСК и МСК-NN_ГСК, которая оценивается по следующим формулам:

$$M_{ФСГС_ГСК} = \sqrt{M_{ГСК}^2 + M_{ФСГС}^2}, \quad (2.4)$$

$$M_{ГССН_ГСК} = \sqrt{M_{ГСК}^2 + M_{ГССН}^2}, \quad (2.5)$$

где $M_{\text{ФСГС_ГСК}}$, $M_{\text{ГССН_ГСК}}$ – погрешность в плане координат пункта ФСГС, ГССН соответственно в действующей государственной системе координат ГСК, представленных в виде плоских прямоугольных координат;

$M_{\text{ФСГС}}$, $M_{\text{ГССН}}$ – погрешность в плане в системе координат их создания координат пункта ФСГС, ГССН соответственно, представленных в виде плоских прямоугольных координат.

Очевидно, что в случае получения координат пунктов ФСГС, ГССН сразу в ГСК, с привязкой к пунктам ГГС на территории региона в ГСК, их погрешность сразу будет получаться как $M_{\text{ФСГС_ГСК}}$, $M_{\text{ГССН_ГСК}}$ и необходимость в вычислениях по формулам (2.4), (2.5) отпадает.

Таким образом, современные геодезические построения (ФСГС, ГССН), внутренняя точность которых может быть выше точности действующей ГСК и созданной от нее МСК-NN_ГСК, будучи встроенными в единое координатное пространство региона (путем привязки геодезическими методами к пунктам ГГС на этой территории в ГСК и МСК-NN_ГСК), становятся определяемыми относительно ГСК и, в соответствии с формулами (2.4), (2.5), их точность будет ниже точности ГСК, за счет объединения погрешности развития ГГС и этих геодезических построений. Однако в аспекте построения ЕКП региона приведение «к общему знаменателю», т. е. к единой системе координат субъекта РФ с целью создания на территории региона только позиционно точных, взаимно в необходимой степени географически согласованных ПД, такой подход является оправданным и обоснованным.

Однако наличие геодезических построений, точность которых выше, чем точность координат пунктов государственной геодезической сети в ГСК, дает очередные поводы для совершенствования ГСК с опорой на такие сети и применяемые в них технологии: например, путем изменения статуса ФСГС или отдельных ее фрагментов на ГГС, встраивания ГССН в ГГС и т. д.

Под точностью пространственных данных, которые являются элементом ЕКП региона и создаются в единой МСК-NN_ГСК региона, а также в МСК Город (после

сохранения в таком качестве лишь немногих из МСК НП региона), подразумевается точность их создания, с учетом погрешности координат исходных пунктов ГГС в МСК-NN и технологии сбора ПД, что выражается формулой:

$$M_{\text{ПД_МСК-NN}} = \sqrt{M_{\text{МСК-NN}}^2 + M_{\text{ПД}}^2}, \quad (2.6)$$

где $M_{\text{ПД_МСК-NN}}$ – погрешность создания (в плане) пространственных данных, представленных в виде плоских прямоугольных или двумерных геодезических координат в единой МСК-NN_ГСК региона;

$M_{\text{МСК-NN}}$ – погрешность (в плане) координат опорного пункта ГГС, от которого осуществляется привязка создаваемых ПД в единой МСК-NN_ГСК региона. Если привязка создаваемых ПД осуществлялась от нескольких пунктов ГГС, то СКП их привязки следует рассчитывать с учетом этого обстоятельства;

$M_{\text{ПД}}$ – непосредственно технологическая погрешность (в плане) метода сбора ПД, представленных в виде плоских прямоугольных или двумерных геодезических координат в единой МСК-NN_ГСК региона.

Принципы адаптации МСК к ГСК. Адаптация единой МСК субъекта РФ к новым ГСК осуществляется: а) на «Переходе типа I» между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 путем сохранения параметров перехода от ГСК вида 1 (ГСКВ1) к МСК вида МСК-NN_ГСКВ1 и для перехода от ГСК вида 2 (ГСКВ2) к МСК вида МСК-NN_ГСКВ2; б) для «Перехода типа II» между ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3 установлением на базе ГСК вида 3 (ГСКВ3) «гибридной», единой МСК-NN_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) региона, плоские прямоугольные координаты в которой и в отменяемой МСК-NN_ГСКВ2 региона совпадают.

Обоснование этого принципа вытекает из результатов проведенного анализа и сделанного на их основании вывода, что характер переходов между смежными, последовательно сменяющими друг друга на различных этапах эволюции государственными системами координат в части степени повышения их точности, а значит и в степени искажений координат пунктов ГГС в смежных ГСК, существенно различен. При этом переходы между смежными ГСК классифицированы в два типа:

«Переход типа I», где координаты пунктов ГГС в предыдущей ГСК имеют существенно более низкую точность, при этом такая ГСК имеет существенные (до 4 м в пределах региона) и неоднородные деформации координат по сравнению с последующей ГСК; «Переход типа II» для случая, когда координаты пунктов ГГС в смежных ГСК имеют незначительное различие в погрешностях, а значит такие смежные ГСК можно считать примерно равной точности и однородности.

В этой связи предлагаются методологически разные подходы в адаптации действующих МСК ко вновь установленной ГСК.

Для «Перехода типа I», который в процессе эволюции государственных систем координат отмечается на этапе перехода между ГСК видов ГСКВ1 → ГСКВ2 (под которыми подразумеваются СК-42 и СК-95 соответственно), ранее действовавшие параметры перехода от ГСК вида 1 (ГСКВ1) к МСК-NN_ГСКВ1 сохраняются и применяются уже при пересчете между ГСК вида ГСКВ2 и МСК-NN_ГСКВ2. В этом случае координаты пунктов ГГС в ГСКВ2 перевычисляются в МСК-NN_ГСКВ2 с применением старых, ранее действовавших параметров перехода, но с использованием на входе новых координат пунктов ГГС в ГСКВ2. Безусловно, вместо использования старых параметров перехода можно было бы попытаться подобрать их новые версии или сделать двухэтапное преобразование: применить старые параметры перехода, а затем подобрать параметры локального 2D-преобразования для приближения координат в новой и в старой версиях МСК-NN_ГСК. Однако, как это было показано ранее, при такой большой разности в точности и однородности смежных ГСК (а именно этим характеризуется «Переход типа I»), сделать это на такой большой площади, как территория субъекта Российской Федерации, с приемлемой точностью не представляется возможным.

Применяемый для «Перехода типа I» принцип адаптации единой региональной МСК-NN к новой версии ГСК дает важный позитивный результат: координаты и все иные виды ПД, полученные в единой МСК-NN_ГСКВ2 региона, актуализированной на базе ГСК вида 2 (ГСКВ2), путем пересчета (по строгим алгоритмам и по параметрам перехода) из ГСКВ2, будут иметь точность этой ГСК. Именно таким образом – путем актуализации единой МСК-NN региона ко вновь введенной ГСК –

реализуется первый компонент процесса адаптации ЕКП субъекта РФ к новой версии ГСК, устанавливаемой в процессе совершенствования этих систем координат.

Однако следствием установления новой МСК-NN_ГСКВ2 региона, базирующейся на более точной, вновь установленной ГСК вида 2 (ГСКВ2), является изменение координат пунктов ГГС в МСК-NN_ГСКВ2 по сравнению с ее предыдущей версией МСК-NN_ГСКВ1 на величины, существенно превышающие графическую точность большинства картографических материалов и нормативно установленную точность координатного описания иных ПД. В этой связи возникает необходимость реализации второго компонента процесса адаптации КП субъекта РФ к новой единой МСК-NN региона – преобразование ранее созданных ПД, востребованных в социально-экономической деятельности региона и страны в целом, из ранее действовавшей МСК-NN_ГСКВ1 в новую МСК-NN_ГСКВ2.

При этом следует иметь в виду, что такое преобразование ПД из ранее действовавшей МСК-NN_ГСКВ1 в новую МСК-NN_ГСКВ2 не является рутинной задачей, простым пересчетом. Вследствие того, что одна из этих двух смежных версий МСК региона (предыдущая), переход между которыми относится к «Переходу типа I», имеет существенные и неоднородные искажения координат, невозможно подобрать какие-либо единые параметры перехода для пересчета ПД на территорию региона, из МСК-NN_ГСКВ1 в новую МСК – МСК-NN_ГСКВ2. Попытки дробить территорию региона на отдельные фрагменты, как, например, это сделано в [187], с целью подобрать единые параметры уже для таких, более мелких территорий (кадастровые, административные районы и т. д.), приводит к нарушению единства координатного пространства субъекта РФ, разрушению топологической согласованности объектов, имевшихся на стыке этих территорий и к появлению существенных ошибок (в случае, изложенном в [187] такие ошибки, по признанию самих авторов, превышают 1 м). При этом важно отметить, что преобразование по таким «единым параметрам» для отдельных, локальных территорий, приводит к тому, что искажения, имевшиеся в ПД в исходной МСК-NN_ГСКВ1 не будут полностью устранены, и в значительной своей части перейдут и в новую МСК-NN_ГСКВ2. Таким образом во вновь формируемое более точное (по сравнению с ГСКВ1) ЕКП

субъекта РФ, основанное на ГСКВ2, мигрируют ПД, которые не соответствуют ему по точности и однородности, и будут вносить в него недопустимые ошибки и расхождения. Таким образом, научная концепция построения такого координатного пространства региона как единого и точного будет нарушена.

В этой связи для адаптации КП субъекта РФ к новым версиям ГСК, устанавливаемым в процессе их эволюционного совершенствования, в части его второго компонента – пространственных данных, автором предлагается концепция «Качественного преобразования пространственных данных». Как было сказано ранее, под качественным преобразованием здесь, на этапе «Перехода типа I», подразумевается такое преобразование пространственных данных из старой (технической точности и существенно неоднородной) в новую (точную и однородную) единую МСК региона, которое за счет алгоритма эластичной коррекции метрического описания пространственных объектов в процессе пересчета устраняет в них ошибки и искажения старой МСК, тем самым повышая их точность и однородность до уровня соответствующих показателей новой МСК, адаптированной ко вновь установленной версии ГСК. Это применимо для перехода между смежными МСК, основанными на ГСК, имеющих существенную разность в точности и однородности, например, для преобразования из МСК_ГСКВ1 в МСК_ГСКВ2, созданных на базе ГСК видов ГСКВ1/ГСКВ2 соответственно, в качестве которых в РФ могут быть приняты СК-42/СК-95 соответственно. Более детально методологическое решение указанного аспекта (в части «Качественного преобразования пространственных данных» на этапе «Перехода типа I») адаптации единой МСК региона ко вновь устанавливаемым ГСК изложено в последующих разделах.

Для «Перехода типа II», который в процессе эволюции государственных систем координат отмечается на этапах перехода между ГСК видов ГСКВ2 → ГСКВ3 (под которыми, подразумеваются СК-95/ГСК-2011 соответственно), адаптацию КП региона к новым ГСК в части его первого компонента (адаптацию единой МСК региона к новой ГСК) предлагается осуществлять с учетом особенностей такого перехода. Эта особенность заключается в том, что смежные ГСК, а значит и основанные на них смежные единые МСК региона, являются близкими между собой по

своей точности и однородности. В общем случае для преобразования между такими системами координат уместно применять ортогональные методы преобразования, в том числе пространственного типа [168]. То есть, очевидно, что между координатами пунктов ГГС в смежных ГСК видов ГСКВ2, ГСКВ3, точность и однородность которых близка, параметры ортогонального преобразования, в том числе пространственного, могут быть отысканы с той точностью, с какой эти ГСК взаимно согласованы, взаимно близки по точности и однородности. Таким образом адаптация единой МСК-NN_ГСКВ2 региона к ГСКВ3 с созданием ее актуализированной на базе ГСК-3 версии – МСК-NN_ГСКВ3 заключалась бы в определении новых параметров перехода между МСК-NN_ГСКВ2 и МСК-NN_ГСКВ3 в виде параметров пространственного ортогонального преобразования, которые были бы вычислены по набору координат в этих 2-смежных местных системах координат пунктов ГГС, расположенных на территории региона.

Однако препятствием для реализации такого технологически обоснованного подхода является тот факт, что на этапе перехода между ГСК видов ГСКВ2 → ГСКВ3, под которыми подразумеваются СК-95/ГСК-2011 соответственно, произошла замена используемого в государственной системе координат эллипсоида: вместо эллипсоида Красовского, применявшегося в СК-42/СК-95 в ГСК-2011 был принят новый эллипсоид, эллипсоид ГСК-2011, на 108,5 м меньший эллипсоида Красовского по большой полуоси, при этом произошло смещение системы координат из референсного (внецентренного) положения в СК-95 в геоцентрическое положение (в центр масс Земли) в ГСК-2011. Вследствие этих двух факторов различия координат пунктов ГГС в СК-95 и ГСК-2011 на территории Российской Федерации достигают 200 м [113, 140, 144].

Фактор замены в процессе эволюции ГСК используемого эллипсоида создает определенные сложности в отыскании оптимального способа адаптации координатного пространства субъекта РФ к новой системе координат вида ГСКВ3 на этапе перехода между ГСК видов ГСКВ2 → ГСКВ3. Однако общесистемный научный анализ характера перехода между ГСК видов ГСКВ2 → ГСКВ3 (под которыми подразумеваются СК-95 и ГСК-2011 соответственно) подсказывал, что:

а) для «Перехода типа II» между примерно равной точности и однородности ГСК здесь целесообразно применять именно способ ортогонального преобразования, который даст в этом случае хорошую точность (в пределах взаимной точности этих смежных ГСК), а соответственно позволит с такой же точностью осуществлять преобразование как координат пунктов ГГС, так и иных ПД из МСК-NN_ГСКВ2 в МСК-NN_ГСКВ3. Однако получаемые при этом по таким параметрам координаты в МСК-NN_ГСКВ3 будут существенно (до 200 м) отличаться от координат МСК-NN_ГСКВ2 и, поэтому, потребуется обязательное преобразование ранее созданных ПД из МСК-NN_ГСКВ2 в МСК-NN_ГСКВ3, что является существенным обременением для субъектов геодезической деятельности, как в смысле финансовых и трудовых затрат, так и в аспекте рисков потери качества преобразуемых ПД (появление несводок, нестыковок, наложений и т. д.);

б) с другой стороны (с целью обеспечения преемственности и сохранения ранее созданных в МСК-NN_ГСКВ2 фондов пространственных данных), идея как-то сделать во вновь устанавливаемой единой МСК-NN_ГСКВ3 региона координаты равными координатам в МСК-NN_ГСКВ2 заходила в тупик в связи с тем, что (при ГСКВ2=СК-95, ГСКВ3=ГСК=2011), в соответствии с [132] МСК-NN_ГСКВ3 должна быть создана от ГСКВ3 (имеем ввиду ГСК-2011) на другом, используемом в ГСКВ3 эллипсоиде (эллипсоиде ГСК-2011), при том, что в МСК-NN_ГСКВ2 используется эллипсоид от ГСКВ2 (имеем ввиду СК-95) – эллипсоид Красовского. Это делало эту задачу очевидно нерешаемой напрямую.

Тем не менее, методологическое решение этой дилеммы, взаимоисключающие части которой изложены выше в п. а), б), было найдено автором именно с опорой на уверенность в том, что необходимо искать такой подход, который позволил бы достичь двуединой цели: применение ортогонального метода преобразования между МСК-NN_ГСКВ2 и МСК-NN_ГСКВ3; сохранение координат в МСК-NN_ГСКВ3 равными координатам в МСК-NN_ГСКВ2.

Такое методологическое решение, найденное автором в процессе проведенных исследований, заключается в том, что разработан новый, «гибридный» вид местной системы координат, которая таргетирована на совпадение в ней не всех

видов координат, а только плоских прямоугольных координат, получаемых в результате пространственного ортогонального преобразования из ГСК-2011, с плоскими прямоугольными координатами в целевой системе координат (ЦСК) даже при условии, что в исходной (ГСК-2011) и целевой системах координат используются разные эллипсоиды.

Эта гибридная местная система координат, создаваемая от ГСК-2011, с использованием применяемого в ГСК-2011 эллипсоида ГСК-2011, которой автором присвоено обобщенное обозначение МСК_2011(ЦСК) (где 2011 – обозначение базовой ГСК, от которой МСК создана, а ЦСК – наименование целевой системы координат, плоские прямоугольные координаты в которой совпадают с плоскими прямоугольными координатами в гибридной МСК_2011(ЦСК)), вводится в регионе в качестве единой МСК субъекта РФ, при этом плоские прямоугольные координаты в ней совпадают с плоскими прямоугольными координатами в целевой системе координат, в качестве которой выбирается ранее действовавшая в регионе МСК-NN_ГСКВ2. При выборе ГСК вида ГСКВ3 в качестве исходной СК для создания «гибридной» МСК как новой единой МСК региона, а ранее действовавшей единой МСК-NN_ГСКВ2 региона – в качестве целевой СК в «гибридной» МСК, последняя будет обозначаться так: МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2). Более детально суть разработанного автором в рамках диссертационных исследований нового, «гибридного» вида МСК, а также алгоритм ее функционирования для достижения вышеизложенной цели будет показан далее, при изложении методологического решения Принципа адаптации МСК к ГСК.

Это методологическое решение становится базой для создания ЕВКП субъекта РФ на этапах переходов между ГСК видов ГСКВ2 → ГСКВ3. То есть оно будет применимо для реализации как первого компонента модернизации ЕКП региона на этапе перехода ГСКВ2 → ГСКВ3 (адаптации МСК-NN_ГСКВ2 региона к ГСКВ3), когда МСК-NN_ГСКВ2 будет заменена на единую «гибридную» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) региона, так и для второго компонента – адаптации ПД, созданных в МСК-NN_ГСКВ2, к новой единой «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) региона. То есть такой методологический подход

является решением вышеуказанной дилеммы и позволяет достичь вышеуказанной двуединой цели:

- пространственное ортогональное преобразование между смежными МСК-NN_ГСКВ2 и МСК-NN_ГСКВ3 как системами координат близкой точности и однородности будет отыскано с приемлемой точностью, соответствующей взаимной точности этих систем координат (СК), а значит с такой же точностью будут преобразовываться и ПД между этими СК;

- применение МСК «гибридного» вида для создания МСК-NN_ГСКВ3 позволит получать в ней для идентичных точек плоские прямоугольные координаты, совпадающие с аналогичными координатами в МСК-NN_ГСКВ2, что, исключая необходимость преобразования ПД из МСК-NN_ГСКВ2 в МСК-NN_ГСКВ3, обеспечивает преемственность в использовании ранее созданных фондов ПД.

Следует отметить еще одно важное достоинство такого принципа адаптации КПП региона к новой ГСК на этапе «Перехода типа II». Все ПД будут создаваться в МСК-NN_ГСКВ3 с точностью ГСКВ3, то есть с точностью ГСК-2011, которую мы подразумеваем под ГСКВ3. Этот будет происходить как в случае, если ПД будут сразу создаваться в «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_ГСКВ2) (за счет того, что точность координат пунктов ГГС в ГСК-2011 и в МСК_2011(МСК-NN_ГСКВ2) идентична), так и в случае, если они будут произведены в ГСК-2011, а затем будут пересчитаны в «гибридную» МСК_2011(МСК-NN_ГСКВ2) (за счет применения математически строгого способа преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_ГСКВ2) в виде пространственного ортогонального преобразования, не искажающего, а сохраняющего метрику пространства исходной высокоточной системы координат при его преобразовании в «гибридную» МСК).

Как следует из вышеприведенного изложения принципов построения ЕВКП РФ, на этапах переходов ГСКВ2 → ГСКВ3, в общем случае, не потребуется осуществлять преобразование ПД из единого координатного пространства, созданного на основе предыдущей версии ГСК в последующую. Для этого достаточно будет ввести в регионе новую версию единой местной системы координат (допустим

МСК-NN_ГСКВ3), основанной, но новой версии государственной системы координат (при указанном допущении это ГСКВ3), в виде гибридной МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2), после чего как все вновь создаваемые в «гибридной» МСК ПД, так и геопространственная информация, ранее созданная в МСК-NN_ГСКВ2, будучи в обеих системах представлены в плоских прямоугольных координатах, будут интегрируемы и доступны для взаимобмена, согласованного использования, поскольку в этом виде координат они будут совпадать.

Однако изложенный принцип адаптации КПП к новому виду ГСК вида ГСКВ3 на этапе перехода ГСКВ2 $\rightarrow$ ГСКВ3 будет работать лишь при условии, что в цепочке переходов ГСКВ2 $\rightarrow$ ГСКВ3 обе смежные ГСК, сменяющие друг друга в процессе эволюционного совершенствования, на всем пространстве своего действия соответствуют принятому в нем допущению: они являются СК близкой точности и однородности и соответствуют в этом смысле «Переходу типа II». Фактически, это действительно именно так: если на начальном этапе эволюции ГСК, на этапе перехода между ГСК видов ГСКВ1 $\rightarrow$ ГСКВ2 («Переход типа I») осуществлена адаптация КПП как в части МСК, так и в части ПД, что позволило повысить точность обоих этих компонентов ЕКП субъекта РФ от уровня технической точности, неоднородной ГСК вида 1 (ГСКВ1) до точной и однородной ГСК вида 2 (ГСКВ2), то после этого все последующие ГСК становятся системами координат близкой точности и однородности, т. е. соответствующим «Переходу типа II».

В то же время, если на каком-то отдельном участке территории по какой-то причине (выявление ранее не обнаруженных в процессе уравнивания ГГС грубых ошибок и т. д.) выявляются локальные искажения координат пунктов ГГС в смежных государственных системах координат на этапах переходов между ГСК видов ГСКВ2 $\rightarrow$ ГСКВ3 существенного характера, не соответствующие статусу такого перехода как «Переход типа II», то для такой территории рекомендуется осуществить адаптацию координатного пространства региона между смежными ГСК с применением «Перехода типа I».

То же самое касается и случаев, если в каком-то субъекте РФ не осуществляется своевременно создание ЕВКП и/или ранее установленные единые МСК региона не адаптируются ко вновь вводимым в действие ГСК. В этом случае «Переход типа I» в таком субъекте РФ смещается по времени «вправо», в будущее, к новым версиям ГСК, пока он не будет реализован. В этом случае этот переход может быть осуществлен уже на этапе перехода между ГСК видов ГСКВ1 → ГСКВ3, см. рисунок 1.8, б. Однако негативные последствия реализации такого перехода не своевременно, т. е. сразу же после установления новой ГСК вида 3 (ГСКВ3), а позже, будут тем более существенными для экономики страны, чем позже это случится.

Это утверждение справедливо потому, что:

- во-первых осуществление «Перехода типа I» в построении и поддержании в актуальном состоянии ЕВКП субъектов РФ является неизбежным. Ведь только однажды осуществив преобразование координат пунктов ГГС из технической точности, неоднородной МСК вида 1 (МСК-NN_ГСКВ1), основанной на ГСК вида 1 (ГСКВ1), в ее более точную и однородную в этой точности версию МСК-NN_ГСКВ2», основанную на ГСК вида 2 (ГСКВ2), а затем аналогичным образом преобразовав между этими МСК все востребованные ПД, возможно поднять уровень точности ЕКП региона до точности действующей ГСК вида 2 (ГСКВ2), а также обеспечить создание ПД с точностью, установленной обязательными к исполнению нормативными актами РФ в соответствующих сферах деятельности;

- во-вторых бонусом для регионов страны, которые своевременно сделают такой переход, как и полагается исторически, на этапе смены ГСКВ1 на ГСКВ2, является то, что в дальнейшем, за счет особенностей и преимуществ «Перехода типа II», который в настоящих исследованиях обеспечен методологическим решением, позволяющим практически «ничего не делать» с ЕКП региона, а лишь установить на территории субъекта РФ новую, единую местную систему координат региона в виде разработанной автором «гибридной» МСК и ввести ее в действие;

- в-третьих, негативные последствия для социально-экономической жизни в регионе от того, что такой «Переход типа I» в нем своевременно не осуществлен,

будут существенными. С технологической точки зрения, с позиций прогресса и развития в сфере геодезического обеспечения территорий субъектов РФ, негативные последствия применения МСК, основанных на СК-42, заключающиеся в систематическом формировании недостоверных сведений о координатном описании объектов недвижимости, объектов землеустройства и накоплении вызванных этим реестровых ошибок в ЕГРН, сдерживании развития методов спутниковой геодезии, требуется принятие безотлагательных мер по переходу на использование более точной и однородной государственной системы координат 1995 года в качестве основы для создания местных систем координат субъектов РФ – МСК-NN_95. Продолжение использования МСК, основанных на СК-42 (МСК-NN_42), вместо безотлагательного перехода на МСК, базирующиеся на СК-95 (МСК-NN-95), является в этих условиях консервативной мерой, не только сохраняющей все недостатки геодезического обеспечения территорий субъектов РФ, но и усугубляющей ситуацию вследствие продолжающегося в течение десятков лет систематического создания и накопления несогласованных и противоречивых пространственных данных в таком низкоточном координатном пространстве регионов.

В то же время для создания ПД на территории субъектов РФ и, прежде всего, для пространственного описания объектов недвижимости в процессе ведения ЕГРН, переход на ГСК вида 2 (ГСКВ2) вместо ГСК вида 1 (ГСКВ1) (под которыми подразумеваются СК-42 и СК-95 соответственно) является очевидно технологически обоснованным, прогрессивным шагом, позволяющим обеспечить создание на территории субъектов РФ более точное и более однородное координатное пространство, практически удовлетворяющее требованиям по точности позиционирования во всех сферах деятельности, в том числе при ведении ЕГРН.

Следует отметить, что переход на территории субъектов РФ от МСК, основанных на СК-42 к МСК, созданным на основе СК-95, даже в преддверии введения в действие ГСК-2011, является методологически правильным, прогрессивным и обоснованным шагом не только с организационной точки зрения (с этого момента прекращается создание неточных, несогласованных, противоречивых ПД, а также

формирование недостоверных сведений о координатном описании объектов недвижимости в составе ЕГРН), но и с позиций технологии координатных преобразований между системами координат существенно разной степени гомогенности. Суть этого утверждения заключается в том, что, осуществив однажды переход от неоднородной, технической точности системы координат 1942 года (локальные деформации составляют в соответствии с [176] 3–4 м, а отдельные ошибки достигают 10 м) к СК-95 (локальные деформации в соответствии с [168] не превышают нескольких дециметров), решается задача перехода в систему координат, степень точности и однородности которой удовлетворяет практически основные группы потребителей, в том числе обеспечивает требования по точности формирования сведений о координатном описании объектов недвижимости в составе ЕГРН.

Принцип адаптации пространственных данных к ГСК. *Адаптация востребованных ПД, созданных в МСК, к новым ГСК проводится путем их качественного преобразования в смежные ЕКП.*

В соответствии с данным принципом востребованные ПД, созданные в отменяемых МСК, подлежат качественному преобразованию в актуализированную версию единой МСК региона. При этом также, как и для смежных МСК, предлагается два методологических решения в преобразовании ПД, в зависимости от вида смежных ГСК: «Переход типа I» и «Переход типа II».

Для «Перехода типа I» между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 предусмотрено использование методологических решений по качественному преобразованию ПД, заключающихся в таком преобразовании ПД, созданных в единой МСК региона вида МСК-NN_ГСКВ1, основанной на ГСК вида 1 (ГСКВ1), в ее версию вида МСК-NN_ГСКВ2, актуализированную на базе ГСК вида 2 (ГСКВ2), которое повышает их точность до точности МСК вида МСК-NN_ГСКВ2. После реализации «Перехода типа I», на этапах эволюции между ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3 пересчет ПД больше не потребуется, поскольку этот переход относится к «Переходу типа II», где применяется «гибридная» МСК. За счет совпадения плоских прямоугольных координат в «гибридной» МСК и в ранее действовавшей МСК-NN региона, ПД,

созданные в МСК-NN, могут быть интегрированы в этом виде координат с «гибридной» МСК без их пересчета.

Суть данного принципа очевидна и заключается в том, что созданные в отмененной МСК региона востребованные ПД, как один из элементов ЕКП субъекта РФ, также подлежат преобразованию во вновь устанавливаемую единую МСК региона. При этом также, как и для смежных МСК, предлагается два методологических решения для адаптации ПД, в зависимости от степени совпадения в точности и однородности смежных ГСК: «Переход типа I» и «Переход типа II». При этом на этапе перехода между смежными ГСК видов ГСКВ1 → ГСКВ2 (под которыми подразумеваются СК-42 и СК-95 соответственно), относящегося к «Переходу типа I», предполагается использование методологических решений, позволяющих осуществлять преобразование ПД, созданных в единой МСК-NN_ГСКВ1 региона, основанной на ГСКВ1 в свою более прогрессивную версию МСК-NN_ГСКВ2, базирующуюся на ГСКВ2, с повышением их точности до точности МСК-NN_ГСКВ2. После такого преобразования, все элементы ЕКП субъекта РФ (единая МСК-NN_ГСКВ2 региона, вновь создаваемые в ней ПД, а также ПД, ранее созданные в предыдущей версии МСК-NN_ГСКВ1 региона и преобразованные в соответствии с вышеуказанным методологическим решением (с повышением точности) в ее адаптированную к новой ГСК версию – МСК-NN_ГСКВ2) станут соответствовать точности действующей государственной системе координат ГСКВ2.

Это также означает, что на дальнейших этапах эволюционного совершенствования ГСК между их видами ГСКВ2 → ГСКВ3 преобразование этих ПД больше не потребуется, т. к., в соответствии с проведенной ранее классификацией, все эти переходы относятся к «Типу перехода II», где возможно применить разработанное в рамках настоящего диссертационного исследования методологическое решение, обеспечивающее достижение двуединой цели: установление целевым (таргетированным) образом между вновь установленной ГСК вида 3 (ГСКВ3) и новой версией единой МСК-NN_ГСКВ3 региона таких (специальным образом вычисленных) параметров пространственного ортогонального перехода, которые обеспечивали бы

совпадение плоских прямоугольных координат в новой МСК-NN_ГСКВ3 с плоскими прямоугольными координатами в предыдущей версии единой МСК-NN_ГСКВ2 региона. Осуществляется такое методологическое решение посредством установления на территории региона нового, «гибридного» вида МСК, которая решает данную двуединую задачу, что изложено далее в работе.

2.2 Методологические решения ключевых проблем построения единого высокоточного координатного пространства региона

Изложенные в предыдущем разделе принципы создания ЕВКП субъекта РФ определяют основные методологические подходы реализации этой задачи, нацеленные на приведение отдельных элементов ЕКП региона разной позиционной точности к точности действующей ГСК и объединения их в совокупности в цельную геопространственную инфраструктуру, которая, предоставляя возможность создания ПД, оказания геопространственных услуг и сервисов на их основе в требуемой степени точными и согласованными, осуществляет геодезическое обеспечение социально-экономического развития региона с тем уровнем качества, который доступен на данный момент развития отечественных геодезических технологий и реализован в виде действующей версии ГСК РФ. Многие из этих методологических принципов очевидны и не требуют специальной методологической проработки.

Вместе с тем, некоторые из таких принципов требуют более тщательной проработки с тем, чтобы они были представлены в виде конкретных методологических решений, готовых к использованию для разработки технологии их применения и практического использования. Ниже приведена разработка методологических решений для реализации следующих принципов создания ЕВКП субъектов РФ: принципа адаптации МСК к ГСК и принципа адаптации ПД к ГСК.

2.2.1 Методологическое решение проблем адаптации единой местной системы координат региона к новым версиям государственных систем координат

2.2.1.1 Адаптация единой местной системы координат региона к новой ГСК для «Перехода типа I»

Как было показано ранее, адаптация единой МСК-NN_ГСКВ1 субъекта РФ, основанной на ГСК вида 1 (ГСКВ1), к новой версии ГСК вида 2 (ГСКВ2) и ее превращение таким образом в МСК-NN_ГСКВ2 (где под ГСКВ1/ГСКВ2 подразумеваются СК-42/СК-95 соответственно), в соответствии с проведенной классификацией происходит по «Переходу типа I» между смежными видами ГСК. А это значит, что такая адаптация происходит в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2.1.

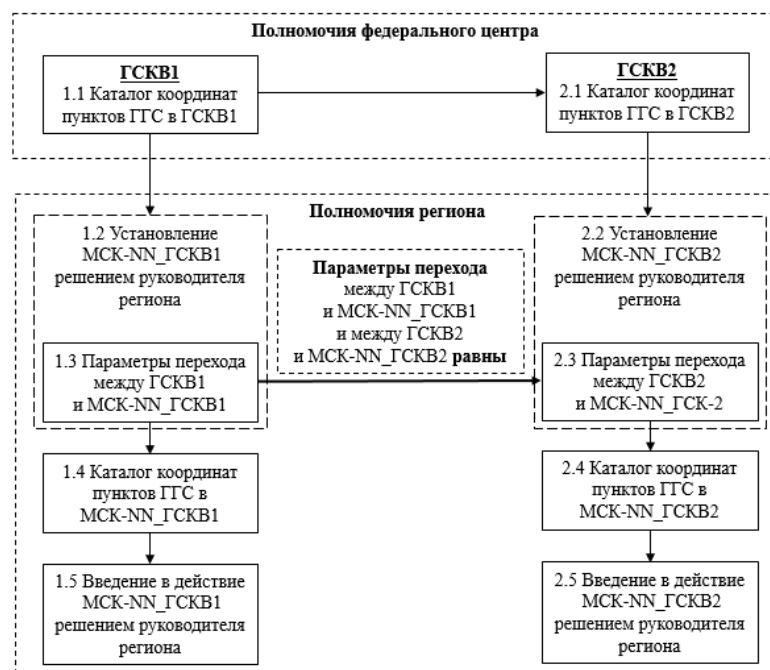


Рисунок 2.1 – Схема адаптации МСК-NN_ГСКВ1 к ГСКВ2 и ее преобразования в МСК-NN_ГСКВ2

Основным, принципиальным методологическим решением по адаптации МСК к актуальной версии ГСК, принимаемым на этапе «Перехода типа I» между смежными видами ГСК, имеющими существенную разность в точности и однородности,

является использование параметров перехода от предыдущей версии единой МСК-NN_ГСКВ1 региона к ГСК вида 1 (ГСКВ1) и для перехода от новой версии этой МСК (МСК-NN_ГСКВ2) к ГСК вида 2 (ГСКВ2).

Исследуя возможные другие варианты задания параметров перехода от новой единой МСК-NN_ГСКВ2 региона к ГСК вида 2 (ГСКВ2), направленные на решение дилеммы перехода к новой ГСК и достижение двуединой цели, которая присутствует всегда в таких случаях – сохранение точности в новой МСК на уровне точности актуальной ГСК и минимизация изменений координат в МСК (с целью сохранения фондов ранее созданных ПД) по сравнению с ее предыдущей версией можно сделать следующие выводы.

1 Числовые значения параметров перехода от новой единой МСК-NN_ГСКВ2 региона к ГСК вида 2 (ГСКВ2) не влияют на точность координат, получаемых в МСК-NN_ГСКВ2. Для того, чтобы координаты в МСК-NN_ГСКВ2, вычисленные по этим параметрам от ГСКВ2, соответствовали ей по точности, достаточно того, чтобы математические алгоритмы преобразования, по которым осуществляется пересчет координат, были строгими, не искажающими однородность пространства, задаваемого ГСКВ2, на этапе перевычисления в МСК-NN_ГСКВ2. Это дает свободу в подборе числовых значений параметров, которые могли бы использоваться для достижения второй цели данной двуединой задачи, о чем идет речь в следующем подпункте ниже.

2 С целью минимизации изменений координат в МСК-NN_ГСКВ2 по сравнению с координатами в МСК-NN_ГСКВ1, а также воспользовавшись тем, что, как показано в п.1 выше, любые числовые значения параметров перехода между ГСК и МСК не нарушают точности МСК на этапе пересчета из ГСК при строгости используемых алгоритмов, можно было бы попытаться вычислить новые значения параметров перехода между МСК-NN_ГСКВ2 и ГСК-2. Однако, как было показано ранее, с требуемой точностью для такой большой территории, как территория субъекта РФ, такие параметры подобрать невозможно, именно в силу того, что данный переход относится к «Переходу типа I»: ГСКВ1 по сравнению с ГСКВ2 (под которыми подразумеваем СК-42/СК-95 соответственно) является технической точности

и существенно неоднородна, а характер искажений координат пунктов ГГС в ГСК вида 1 (ГСКВ1) нелинейный, не позволяющий установить функциональную зависимость, а значит и определить с требуемой точностью эти параметры. Использовать параметры, полученные таким образом, тоже возможно, однако они, не решая задачи минимизации изменений координат, будут лишь приводить к тому, что координаты в МСК-NN_ГСКВ2 и в МСК-NN_ГСКВ1 будут отличаться на новые значения, которые будут являться суммарным влиянием изменений координат в ГСКВ2 по сравнению с ГСКВ1, а также следствием применения новых значений параметров перехода. То есть фактически при таком подходе будут лишь в обращение введены новые значения параметров перехода от МСК-NN_ГСКВ2 к ГСКВ2, отличающиеся по своим числовым значениям от параметров перехода от МСК-NN_ГСКВ1 к ГСК вида 1 (ГСКВ1), запутывая субъектов геодезической деятельности, но не давая никакого эффекта в том, чтобы минимизировать изменения координат, ради чего они собственно и определялись.

В то же время, при использовании параметров перехода от МСК-NN_ГСКВ1 к ГСК вида 1 (ГСКВ1) и в качестве параметров перехода от МСК-NN_ГСКВ2 к ГСК вида 2 (ГСКВ2), разность координат в МСК-NN_ГСКВ2 и в МСК-NN_ГСКВ1 будет практически идентичной разности координат в ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ1. Это обстоятельство создает дополнительное удобство в работе геодезическому сообществу (особенно на начальном этапе использования новой, актуализированной МСК-NN_ГСКВ2 вместо предыдущей ее версии МСК-NN_ГСКВ1), так как делает возможным осуществлять контроль правильности пересчета (вплоть до визуального) из МСК-NN_ГСКВ1 в МСК-NN_ГСКВ2, поскольку разность координат в новой (МСК-NN_ГСКВ2) и предыдущей (МСК-NN_ГСКВ1) версиях МСК будет идентичной разности координат в новом (ГСКВ2) и предыдущем (ГСКВ1) видах ГСК. Отказ от введения новых, ничего не дающих в смысле минимизации изменений координат, параметров перехода от МСК-NN_ГСКВ2 к ГСКВ2, а использование параметров перехода от МСК-NN_ГСКВ1 к ГСКВ1 в качестве параметров перехода от актуализированной версии МСК к новой, действующей версии ГСК

также создает дополнительное удобство в работе, т. к. не запутывает геодезическое сообщество новыми, бессмысленными ключами МСК на данной территории.

Все изложенное в п. 2 обосновывает и доказывает то, что для адаптации новой версии МСК к новой, действующей ГСК, осуществляемой на этапе «Перехода типа I» между смежными ГСК, не имеет смысла предпринимать усилия по поиску новых параметров перехода от новой версии единой МСК-NN_ГСКВ2 региона к новой, актуальной ГСК вида 2 (ГСКВ2), для этого целесообразно использовать в качестве таковых параметры перехода от МСК-NN_ГСКВ1 к ГСКВ1, применявшиеся в данном регионе ранее.

Из других важных методологических моментов, влияющих на качество построения ЕВКП субъекта РФ, важно отметить следующее, см. рисунок 2.1. Координаты пунктов ГГС в новой, вновь вводимой ГСК, являются фундаментом координатного пространства региона и задают степень его точности и однородности. И хотя вопрос получения координат пунктов ГГС в ГСКВ2 относится к компетенции федерального центра, важно, чтобы все иерархические уровни ГГС, входящие в ее состав, были получены по одинаковой технологии с примерно одинаковой точностью (с учетом класса и технологии построения). Это замечание на этапе «Перехода типа I» между ГСК видов ГСКВ1 → ГСКВ2 (под которыми мы подразумеваем СК-42/СК-95 соответственно) дано в связи с тем, что введение СК-95 осуществлялось по итогам уравнивания координат пунктов ГГС 1-2 класса как единого геометрического построения. В то же время получение координат пунктов ГГС 3–4 классов в разных субъектах РФ выполнялось по-разному: уравниванием относительно координат пунктов ГГС 1-2 классов; путем нелинейного преобразования координат по матрицам деформаций координат пунктов ГГС в СК-42 относительно СК-95, построенных на основании координат пунктов ГГС 1-2 классов.

Очевидно, что наиболее точным способом получения координат пунктов ГГС 3-4 класса в СК-95 является уравнивание, и именно в этом случае государственная система координат в виде пунктов ГГС всех классов (1-4) будет задавать качественную (точную и однородную) базовую основу для координатного пространства

субъекта Российской Федерации. В случае применения второго подхода – получения координат пунктов ГГС 3-4 классов по матрицам деформаций координат пунктов ГГС в СК-42 относительно СК-95, построенных на основании координат пунктов ГГС 1-2 классов, точность координат пунктов ГГС 3–4 классов будет ниже, в соответствии с [176] погрешности могут достигать 20–30 см.

В организационном плане адаптация МСК-NN_ГСКВ1 к ГСК вида 2 (ГСКВ2) и установление на территории региона ее актуализированной версии вида МСК-NN_ГСК-2 происходит в два этапа, см. рисунок 2.1.

На первом этапе после согласования, в соответствии с [132] с Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) Технического отчета об установлении МСК-NN_ГСК-2, решением руководителя субъекта РФ она устанавливается на территории региона. Очевидно, что параметры перехода между МСК-NN_ГСК-2 и ГСК вида 2 (ГСКВ2), и правила (а также алгоритмы) пересчета координат из ГСК в МСК для всей территории, на которой она устанавливается, указываются в Техническом отчете об установлении МСК.

На втором этапе выполняются работы по формированию каталога (списка) координат пунктов ГГС, находящихся на территории региона, в этой местной системе координат МСК-NN_ГСК-2 (далее – Каталог координат) [132].

Основанием для введения в действие МСК-NN_ГСК-2 является акт о включении в федеральный фонд пространственных данных (ФФПД) Технического отчета об установлении местной системы координат и каталога (списка) координат пунктов ГГС в МСК-NN_ГСК-2. Актуализированная на базе ГСКВ2 МСК-NN_ГСК-2 вводится в действие на территории региона решением высшего должностного лица субъекта РФ.

После введения в действие взамен отменяемой МСК-NN_ГСКВ1 региона ее версии МСК-NN_ГСКВ2, адаптированной к вновь установленной ГСК вида 2 (ГСКВ2), последней задачей построения единого точного координатного пространства субъекта РФ является решение проблемы качественной миграции востребованных ПД, из МСК-NN_ГСКВ1, в которой они были созданы ранее, в МСК-NN_ГСКВ2, методологическое решение которой дано в следующих разделах.

2.2.1.2 Адаптация единой местной системы координат региона к новой ГСК для «Перехода типа II»

Адаптация единой МСК-NN_ГСКВ2 субъекта РФ, основанной на ГСК вида 2 (ГСКВ2), к новой версии ГСК вида 3 (ГСКВ3), и ее превращение таким образом в МСК-NN_ГСКВ3 (где под ГСКВ2/ГСКВ3 подразумеваются СК-95/ГСК-2011 соответственно), в соответствии с ранее проведенной классификацией происходит на «Переходе типа II». Характерной особенностью «Перехода типа II» является то, что смежные ГСК имеют близкие показатели точности и однородности. Это позволяет установить между такими смежными ГСК параметры трансформирования в виде элементов семипараметрического пространственного ортогонального преобразования с точностью, соответствующей взаимной точности и согласованности этих систем координат. А это означает, что между МСК, созданными от таких ГСК, также можно отыскивать параметры трансформирования в виде элементов семипараметрического пространственного ортогонального преобразования с точностью, соответствующей взаимной точности и согласованности ГСК и созданных от них МСК.

И, с учетом этого аспекта, первым методологическим приемом при выработке методологического решения по адаптации единой МСК-NN_ГСКВ2 субъекта РФ, основанной на ГСК вида 2 (ГСКВ2), к ГСК вида 3 (ГСКВ3) на «Переходе типа II» является создание МСК-NN_ГСКВ3 как пространственной системы координат, переход от которой к ГСК вида 3 (ГСКВ3) осуществляется путем ортогонального преобразования. Метод ортогонального пространственного преобразования позволит при пересчете координат из ГСК вида 3 (ГСКВ3) в МСК-NN_ГСКВ3 сохранить точность исходной ГСК в созданной от нее МСК, что позволит МСК-NN_ГСКВ3 задать для ЕКП региона точность на уровне точности ГСКВ3.

Вторым, как обычно, аспектом в решении дилеммы установления для региона новой единой МСК-NN_ГСКВ3 взамен отменяемой МСК-NN_ГСКВ2 является минимизация изменений координат при переходе от МСК-NN_ГСКВ2 к МСК-NN_ГСКВ3 с целью сохранения фондов востребованных ПД, ранее созданных в МСК-NN_ГСКВ2. Очевидным решением этой задачи для случая «Перехода типа

II» стало бы определение по методу наименьших квадратов (МНК), на основе набора координат опорных пунктов ГГС, имеющих координаты в обеих этих системах координат, оптимальных параметров ортогонального пространственного преобразования между ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК-NN_ГСКВ2, числовые значения которых и стали бы параметрами перехода между ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК-NN_ГСКВ3. Такие параметры были бы определены с приемлемой для практических целей точностью, поскольку ГСК видов (ГСКВ2) и (ГСКВ3) (под которыми подразумеваются СК-95 и ГСК-2011) – это системы координат близкой точности.

Применение этих параметров для пересчета координат из ГСК вида 3 (ГСКВ3) в МСК-NN_ГСК-3 давало бы координаты, совпадающие с координатами в МСК-NN_ГСКВ2 с точностью, соответствующей взаимной точности и согласованности ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3. Однако, как отмечалось в работе ранее, препятствием для такого простого решения является то, что при создании ГСК вида 3 (имеем в виду ГСК-2011), в соответствии с Приказом [132], должен использоваться эллипсоид ГСК-2011. Таким образом использование разных эллипсоидов в МСК-NN_ГСКВ2, основанной на СК-95 (эллипсоид Красовского), и в МСК-NN_ГСКВ3, образуемой от ГСК-2011 (эллипсоид ГСК-2011), не позволяет реализовать вышеуказанный прием минимизации изменения координат в новой МСК-NN_ГСКВ3, актуализированной на базе ГСКВ3 по сравнению с ее предыдущей версией МСК-NN_ГСКВ2, образованной от ГСК вида 2 (ГСКВ2).

С целью решения данной проблемы в рамках диссертационных исследований разработан новый, таргетированный вид местной системы координат, который автором назван «гибридным». Идея разработки нового, таргетированного вида местной системы координат зародилась от четкого понимания цели, которую необходимо достигнуть в решении дилеммы адаптации МСК_ГСКВ2 к ГСК вида 3 (ГСКВ3), заключающейся, как уже выше сказано, в применении пространственного ортогонального преобразования между ГСК-2011 и создаваемой на ее основе местной системы координат МСК_2011, координаты в которой должны совпадать с предыдущей версией единой МСК региона, образованной от СК-95 – МСК-

NN_95. Очевидно, что при создании от ГСК-2011 тривиальной (нетаргетированной) пространственной местной системы координат МСК_2011, рисунок 2.2, пространственное ортогональное преобразование из ГСК-2011 по произвольно заданным Параметрам 1 дадут в МСК_2011 такие же произвольные координаты, которые не совпадут до 200 м с координатами в предыдущей версии адаптируемой единой МСК-NN_95 региона.

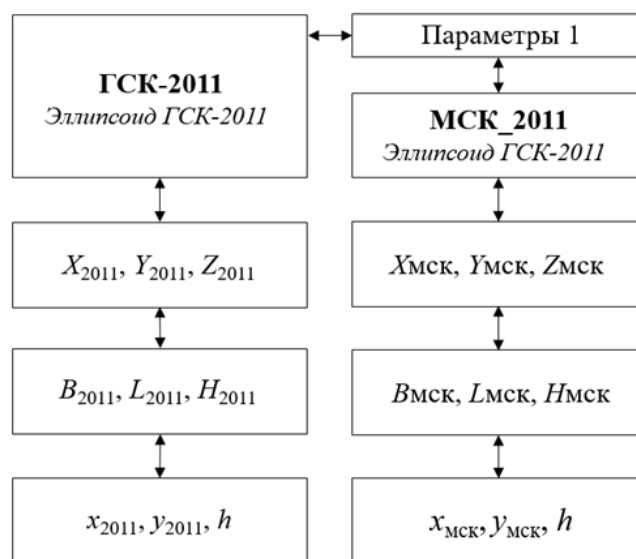


Рисунок 2.2 – Схема создания от ГСК-2011 тривиальной (нетаргетированной) местной системы координат МСК_2011

Это различие координат обусловлено различием координат в ГСК-2011 и СК-95, от которых образованы МСК_2011 и МСК-NN_95 соответственно [144].

В то же время, если Параметры 1 пространственного ортогонального перехода между ГСК-2011 и МСК_2011 задавать не произвольными, а вычислять некоторым целевым (таргетированным) образом, то можно получить и координаты не произвольные, а целевые, а такая местная система координат станет тоже целевой (таргетированной) – МСК_2011(ЦСК).

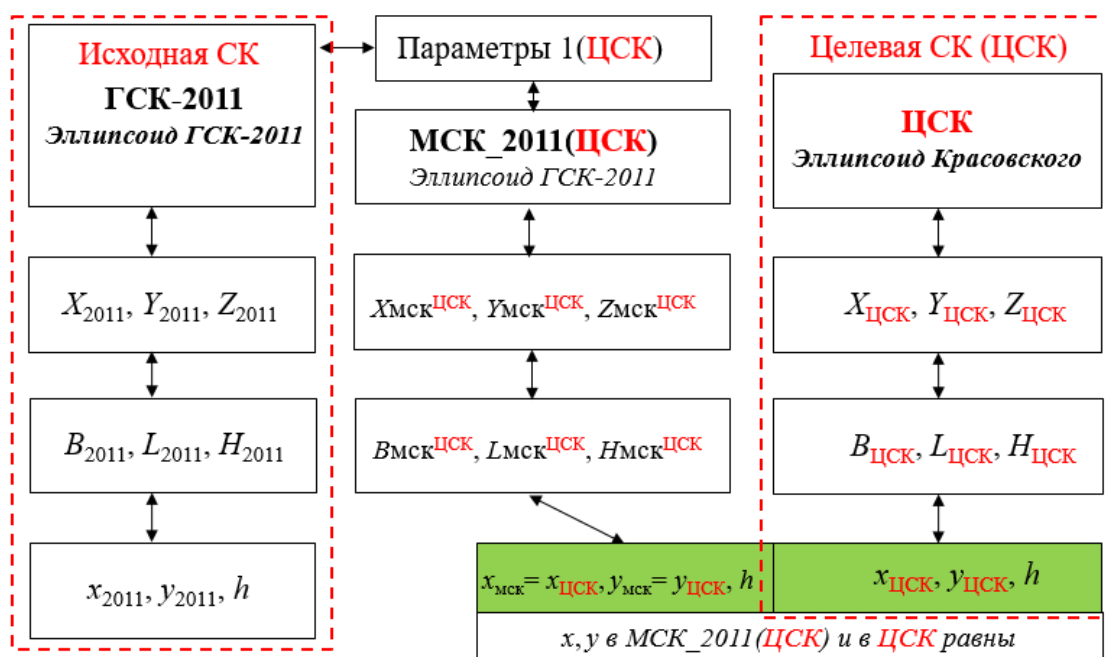


Рисунок 2.3 – Технологическая схема создания от ГСК-2011 «гибридной» местной системы координат МСК_2011(ЦСК), обеспечивающей максимальное совпадение плоских прямоугольных координат в МСК_2011(ЦСК) и в ЦСК

И если в качестве целевых координат в МСК_2011(ЦСК) (рисунок 2.3) выбрать плоские прямоугольные координаты $x_{ЦСК}, y_{ЦСК}$ пунктов ГГС, расположенных в зоне действия МСК, в некоторой целевой системе координат (ЦСК), которая создана с применением эллипсоида Красовского, и преобразовать (спроецировать) эти координаты по закону проекции Гаусса – Крюгера, применяемой в нашей стране во всех государственных системах координат СК-42/СК-95/ГСК-2011, с плоскости, но не на эллипсоид Красовского (который применяется в ЦСК), а на эллипсоид ГСК-2011 (применяется в ГСК-2011 и в МСК_2011(ЦСК)), то мы получим некоторые симбиозные, гибридные геодезические координаты в МСК-2011(ЦСК): $B_{МСК_ЦСК}, L_{МСК_ЦСК}, H_{МСК_ЦСК}$. Эти координаты специфичны, поскольку, с одной стороны они вычислены от численных значений плоских прямоугольных координат $x_{ЦСК}, y_{ЦСК}$ пунктов ГГС в ЦСК, в которой используется эллипсоид Красовского, а с другой стороны их геодезический вид $B_{МСК_ЦСК}, L_{МСК_ЦСК}, H_{МСК_ЦСК}$ вычислен в МСК_2011(ЦСК), в которой используется эллипсоид ГСК-2011. Перевычислив (с использованием параметров эллипсоида ГСК-2011, применяемого в

МСК_2011(ЦСК)) далее эти координаты уже в пространственные прямоугольные координаты $X_{\text{МСК}}^{\text{ЦСК}}$, $Y_{\text{МСК}}^{\text{ЦСК}}$, $Z_{\text{МСК}}^{\text{ЦСК}}$ в МСК_2011(ЦСК), мы можем использовать их для отыскания параметров пространственного ортогонального перехода между МСК_2011(ЦСК) и ГСК-2011 в паре с набором пространственных прямоугольных координат X_{2011} , Y_{2011} , Z_{2011} пунктов ГГС в ГСК-2011, которые получают стандартным образом от плоских прямоугольных координат x_{2011} , y_{2011} в ГСК-2011 или определяются непосредственно из ГНСС-измерений, см. рисунок 2.3.

Такие параметры (назовем их далее Параметры 1(ЦСК)), будут вычислены с точностью, соответствующей взаимной точности ГСК-2011 и ЦСК. А если в качестве ЦСК взять СК-95, тогда переход между СК-95 и ГСК-2011, в соответствии с проведенной классификацией, относится к «Типу перехода II», и взаимная точность, а значит и точность вычисления параметров преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(СК-95) будет высокой.

Созданная по вышеизложенной методологии МСК сочетает в себе элементы двух СК, см. рисунок 2.3: в ней используется эллипсоид от ГСК-2011, а плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК}}$, $y_{\text{МСК}}$ за счет вышеизложенного метода таргетирования (нацелены) на максимальное совпадение с плоскими прямоугольными координатами $x_{\text{ЦСК}}$, $y_{\text{ЦСК}}$ в ЦСК. Соединение в МСК, созданной по такой «таргетированной» методике, компонентов ГСК-2011 и ЦСК дало основание автору назвать ее «гибридной» и условно обозначить «МСК_2011(ЦСК)», см. рисунок 2.3. При этом «МСК_2011» в аббревиатуре «гибридной» МСК означает, что она создана от ГСК-2011, а (ЦСК) – название целевой системы координат, совпадение с плоскими прямоугольными координатами в которой плоских прямоугольных координат в МСК_2011(ЦСК) обеспечивает «гибридная» МСК.

В то же время нельзя воспринимать гибридную местную систему координат МСК_2011(ЦСК) как идентичную целевой системе координат ЦСК. Совпадение плоских прямоугольных координат $x_{\text{МСК}}$, $y_{\text{МСК}}$ в МСК_2011(ЦСК) и $x_{\text{ЦСК}}$, $y_{\text{ЦСК}}$ в ЦСК – это лишь следствие таргетированного подхода в вычислении Параметров 1(ЦСК) преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(ЦСК) и не означает равенства этих систем координат МСК_2011(ЦСК) и ЦСК. Идентичные точки (совпадающие при

их пространственном описании в виде плоских прямоугольных координат), будучи представленными в МСК_2011(ЦСК) и ЦСК в двух других видах (геодезических и пространственных прямоугольных) координат, будут различаться существенно, что является естественным для двух разных систем координат, в которых используются разные эллипсоиды (ГСК-2011 в МСК_2011(ЦСК) и Красовского в ЦСК), центры которых не совпадают в пространстве на величину порядка 200 м.

Следует отметить, что «гибридная» МСК в классе пространственных МСК образует новый подкласс таргетированных МСК_ИСК(ЦСК), где ИСК – исходная, а ЦСК – целевая системы координат, обеспечивающих новую функцию МСК: совпадение плоских прямоугольных координат в таргетированной МСК и в ЦСК, рисунок 2.4.



Рисунок 2.4 – Место вновь разработанного подкласса таргетированных местных систем координат вида МСК_ИСК(ЦСК) в классе пространственных МСК

В этот же подкласс входят таргетированные МСК, в которых в ИСК, МСК и ЦСК используется один эллипсоид, поэтому они названы «монотипные» МСК, см. рисунок 2.4. Такая МСК может применяться в случаях, когда сменяющие друг друга смежные ГСК будут образованы на едином эллипсоиде и подходить под критерий «Перехода типа II» (примерно равную точность и однородность, например, при переходе от ГСКВ3 к сменяющей ее в будущем ГСК, назовем ее ГСКВ4). В этом случае для установления в субъекте РФ взамен отменяемой МСК-

NN_ГСКВ3 (которая, в свою очередь, была установлена как таргетированная «гибридная» МСК) ее актуализированной на базе ГСКВ4 версии – единой таргетированной МСК-NN_ГСКВ4(МСК-NN_ГСКВ3) региона последняя будет являться именно «монотипной» МСК, т. к. в этом случае (в отличие от «гибридной» МСК) во всех трех СК (ИСК, МСК, ЦСК) используется единый эллипсоид. Однако такая «монотипная» МСК будет также обладать этим свойством таргетирования, за счет чего будет обеспечивать совпадение плоских прямоугольных координат во вновь устанавливаемой единой МСК субъекта РФ (МСК-NN_ГСКВ4(МСК-NN_ГСКВ3)) и в отменяемой единой МСК региона (МСК-NN_ГСКВ3).

Разработанная «гибридная» МСК в методологии создания ЕВКП субъекта РФ – это эффективный способ адаптации единой МСК-NN_ГСКВ2 к новой ГСК вида ГСКВ3 на «Переходе типа II». Местная система координат МСК_2011(ЦСК) обеспечивает сохранение существующих фондов ПД, созданных ранее в ЦСК, после окончательной отмены этой системы координат в связи с переходом к ГСК-2011. Для этого держатель фондов ПД, созданных в ЦСК, будет с использованием Параметров 1(ЦСК) (см. рисунок 2.3) преобразовывать все вновь создаваемые в ГСК-2011 картографо-геодезические материалы в МСК_2011(ЦСК). А равенство плоских прямоугольных координат $x_{\text{мск}}, y_{\text{мск}}$ в МСК_2011(ЦСК) и $x_{\text{цск}}, y_{\text{цск}}$ в ЦСК позволяет легко интегрировать вновь создаваемую в МСК_2011(ЦСК) геопространственную информацию с фондами ПД, ранее созданными в ЦСК.

При этом пользователю такой гибридной местной системы координат технологически доступны три варианта объединения геопространственной информации, вновь создаваемой в МСК_2011(ЦСК), с существующим в ЦСК фондами пространственных данных: а) хранить вновь созданные ПД в МСК_2011(ЦСК), а ранее созданные – в ЦСК, осуществляя, при необходимости, обмен ими или их объединение на уровне плоских прямоугольных координат; б) накапливать вновь созданные данные в МСК_2011(ЦСК), постепенно перемещая сюда же (представленные в виде плоских прямоугольных координат) и ранее созданные в ЦСК ПД; в) выбрать в качестве системы координат хранения всех материалов ЦСК и добавлять всю вновь создаваемую в МСК_2011(ЦСК) геопространственную информацию

(метрическое описание которых осуществлено в виде плоских прямоугольных координат) к фундам пространственных данных, ранее созданные в ЦСК.

При это важно иметь в виду два обстоятельства.

1 Вся вновь создаваемая в МСК_2011(ЦСК) геопространственная информация будет соответствовать точности ГСК-2011, а ранее созданные пространственные данные – иметь точность ЦСК. Однако, поскольку ЦСК – это система координат близкой точности к ГСК-2011 (под ней подразумевается СК-95), то и ранее созданные пространственные данные будут иметь точность СК-95, близкую к ГСК-2011, что делает возможным не преобразовывать ее из ЦСК в МСК_2011(ЦСК). Однако это справедливо в том случае, если эта геопространственная информация была ранее создана непосредственно в ЦСК (под ней имеем ввиду СК-95), либо была качественно преобразована в ЦСК из предыдущей версии ГСК вида 1 (ГСКВ1), под которой имеем в виду СК-42. Именно поэтому при построении ЕКП субъекта РФ важно осуществить качественное преобразование ПД еще на самом первом этапе эволюции ГСК видов: ГСКВ1 → ГСКВ2 (под которыми имеем ввиду СК-42 и СК-95 соответственно). Это избавляет в будущем от необходимости преобразования ПД на дальнейших этапах совершенствования координатного пространства региона по мере установления новых ГСК видов: ГСКВ2 → ГСКВ3 (под которыми подразумеваем СК-95, ГСК-2011). Однако если эта задача не решена на этом, первичном этапе эволюции ГСК, то она смещается на последующие переходы: ГСКВ1 → ГСКВ3, своей нерешенностью создавая две серьезные проблемы: во-первых, все эти годы в МСК, основанных на низкоточной ГСК вида 1 (ГСКВ1), продолжают создаваться ПД, в недопустимой мере неточные и несогласованные; во-вторых, невозможно воспользоваться вышеизложенными преимуществами «Перехода типа II», в том числе исключить необходимость преобразования ранее созданных пространственных данных в новую версию МСК региона.

2 В качестве целевой системы координат при создании «гибридной» МСК могут выступать как МСК (что важно для исследуемой темы), так и государственные и иные системы координат. То есть потенциальное применение разработанной «гибридной» МСК на практике гораздо шире, чем исследуемые в рамках работы ее

возможности. «Гибридная» МСК может быть использована и для сохранения фондов ПД, созданных в ГСК, например, в СК-95 путем установления местной системы координат МСК_2011(СК-95). При этом важно понимать, что совпадение плоских прямоугольных координат в МСК_2011(СК-95) и в СК-95 будет несколько хорошим, несколько координаты пунктов ГГС на данной территории в ГСК-2011 и СК-95 близки по точности. Безусловно, можно разработать и «гибридную» местную систему координат МСК_2011(СК-42), таргетированную на совпадение в ней плоских прямоугольных координат с плоскими прямоугольными координатами в СК-42. Однако, при том, что вновь создаваемые ПД в такой МСК будут соответствовать точности ГСК-2011, совпадение плоских прямоугольных координат в МСК_2011(СК-42) с плоскими прямоугольными координатами в СК-42 будет хуже настолько, насколько взаимно не согласованы по точности и однородности координаты пунктов ГГС на данной территории в ГСК-2011 и СК-42.

Таким образом, разработанная «гибридная» МСК_2011(ЦСК), суть и основные возможности которой изложены выше, в методологии создания ЕВКП субъекта РФ, становится эффективным инструментом адаптации единой МСК-NN_ГСКВ2 региона, основанной на ГСК вида 2 (ГСКВ2), ко вновь установленной ГСК вида 3 (ГСКВ3) на этапе «Перехода типа II». Схема такой адаптации приведена на рисунке 2.5.

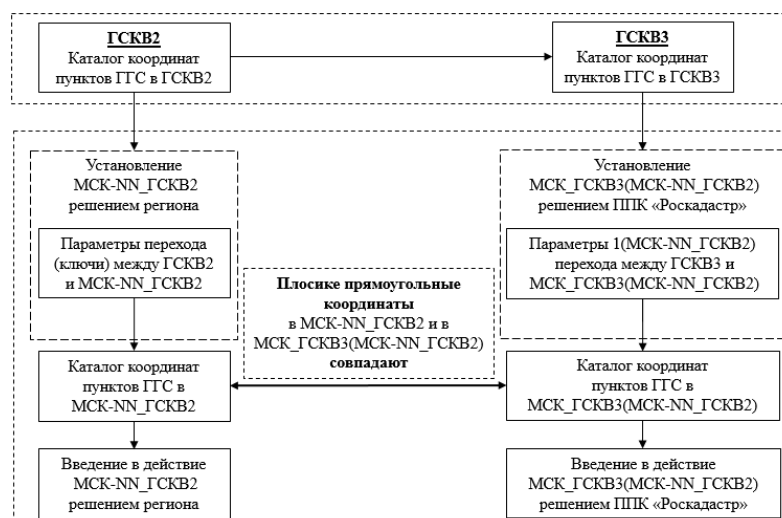


Рисунок 2.5 – Технологическая схема адаптации МСК-NN_ГСКВ2 к ГСК вида 3 (ГСКВ3) на этапе «Перехода типа II»

Как видно из этой схемы, в качестве единой местной системы координат региона на этапе «Перехода типа II» между ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3 используется «гибридная» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2), которая создается на базе ГСК вида ГСКВ3, а в качестве целевой системы координат в ней выбирается ранее действовавшая в регионе МСК-NN_ГСКВ2 (показана в скобках в названии «гибридной» МСК). Параметры перехода между вновь установленной ГСК вида 3 (ГСКВ3) и новой, единой МСК региона, «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2), определяются на основании набора опорных пунктов ГГС, по их координатам в ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК-NN_ГСКВ2.

При этом существует важное обстоятельство, касающееся координат опорных пунктов ГГС в ГСК вида 3 (ГСКВ3), под которой имеется в виду ГСК-2011: разная точность координат пунктов ГГС в ГСКВ3 в зависимости от их метода получения. Так, координаты пунктов ФАГС, ВГС, СГС-1, в совокупности составляющие спутниковую геодезическую сеть (СГС) в составе ГГС, полученные методом относительных спутниковых определений, имеют точность 2–3 см и таким образом эти пункты ГГС с высокой точностью закрепляют ГСК-2011 (ГСКВ3) на местности.

Однако пункты ГГС 1–4 классов, определенные путем наземных геодезических измерений, свои координаты в ГСК-2011 получили из совместного с СГС уравнивания наземных измерений прошлого века (триангуляция, трилатерация, полигонометрия) с погрешностями, достигающими 0,3 м [81]. В этой связи важно, чтобы в качестве опорных пунктов, на основании координат которых в ГСК-2011 вычисляются Параметры 1(МСК-NN_ГСКВ2) преобразования между ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК-NN_ГСКВ3, использовались пункты, которые имеют наиболее высокий уровень точности координат, т. е. чтобы они были получены из спутниковых измерений.

Организационно адаптация МСК-NN_ГСКВ2 к ГСК вида 3 (ГСКВ3) и применение на территории региона ее актуализированной версии в виде «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) происходит в два этапа, см. рисунок 2.5.

На первом этапе после согласования, в соответствии с [132] Росреестром Технического отчета об установлении МСК, решением руководителя субъекта РФ

МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) устанавливается на территории региона. Очевидно, что параметры перехода между ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2), а также правила пересчета координат из ГСК в МСК для всей территории, на которой она устанавливается, указываются в Техническом отчете об установлении МСК. Следует указать, что морфология фактического названия гибридной МСК в решении региона об ее установлении не обязана следовать общему вышеуказанному правилу его конструирования, а по названию должно быть просто понятно, к какому региону относится МСК. Так, например, для Новосибирской области оно могло бы звучать как: «Местная система координат Новосибирской области», а сокращенно – «МСК НСО_2011».

На втором этапе выполняются работы по формированию каталога (списка) координат пунктов ГГС, находящихся на территории региона, в этой местной системе координат (далее – Каталог координат) [132].

Основанием для введения в действие местной системы координат МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) является акт о включении в ФФПД Технического отчета об установлении МСК и Каталога координат пунктов ГГС в МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2). МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2), актуализированная на базе ГСК вида 3 (ГСКВ3), вводится в действие на территории региона решением высшего должностного лица субъекта Российской Федерации.

Особенностью этапа «Перехода типа II» между смежными ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3 (под которыми подразумеваются СК-95 и ГСК-2011 соответственно) является то, что после введения в действие взамен отменяемой местной системы координат региона МСК-NN_ГСКВ2 ее новой версии МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2), актуализированной на базе вновь установленной ГСК вида 3 (ГСКВ3), не требуется решать проблему качественного преобразования ПД из МСК-NN_ГСКВ2, в которой они были созданы ранее, в МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2). Как было сказано ранее, благодаря введению «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) качестве новой единой МСК региона, плоские

прямоугольные координаты в которой совпадают с плоскими прямоугольными координатами в отменяемой единой МСК-NN_ГСКВ2 региона, преобразование ПД из МСК-NN_ГСКВ2 в МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) не потребуется.

Исключения могут быть лишь для отдельных частных случаев, если на некоторых участках местности в процессе введения в действие ГСК вида 3 (ГСКВ3) могут быть обнаружены ранее неизвестные грубые ошибки в ГСК вида 2 (ГСКВ2), вследствие чего на этих отдельных участках местности взаимная точность ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3 уже не будет соответствовать критерию «Перехода типа II», а будет относиться к «Переходу типа I» со всеми вытекающими последствиями: преобразование ПД из предыдущей в новую версию МСК региона осуществлять здесь потребуется с применением предлагаемого методологического подхода – с использованием нелинейных методов преобразования по матрицам деформаций координат в ГСК вида 2 (ГСКВ2) относительно ГСК вида 3 (ГСКВ2).

2.2.2 Методологическое решение проблемы качественного преобразования пространственных данных между смежными версиями координатного пространства субъекта Российской Федерации

Как было показано ранее, в результате решения проблемы адаптации действующей единой МСК субъекта РФ к новой ГСК, на базе такой ГСК создается ЕКП региона, точность которого соответствует точности ГСК. Однако в таком ЕКП региона после этого остается еще один важный компонент, требующий своего решения по адаптации к новой единой МСК региона: ПД, ранее созданные в предыдущей версии МСК субъекта РФ и в других МСК, которые созданы на базе отмененной ГСК и ранее в работе были названы МСК населенных пунктов (МСК НП).

Очевидно, что, задаваясь целью разработки методологии и технологии создания ЕВКП субъекта Российской Федерации, следует иметь в виду все элементы такого пространства, в том числе и созданную в нем геопространственную информацию. То есть востребованные ПД, ранее созданные в отмененной МСК региона,

должны быть во вновь формируемом на базе новой ГСК координатном пространстве региона не просто доступны, а доступны с точностью, соответствующей точности новой ГСК и адаптированной на ее базе новой МСК региона.

И в этом аспекте при адаптации ПД, ранее созданных на территории субъекта РФ в отмененной единой МСК региона и МСК НП, образованных от отмененной ГСК, следует руководствоваться ранее принятым принципом создания ЕВКП региона с использованием двух типов перехода между смежными ГСК. Рассмотрим методологические решения, предлагаемые в этой части.

2.2.2.1 Преобразование пространственных данных на этапе «Перехода типа I»

Особенностью «Перехода типа I» между смежными ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 является то, что предыдущая ГСК вида 1 (ГСКВ1) по сравнению с заменяющей ее ГСК вида 2 (ГСКВ2) имеет низкую (техническую) точность и высокую неоднородность. Подразумевая под ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 государственные системы координат СК-42 и СК-95 соответственно, мы имеем, что СКП координат в СК-42 в целом по сети составляет величину порядка ± 4 м, а отдельные погрешности в СК-42 м могут достигать 10 м [168, 176]. Это делает невозможным применение ПД, ранее созданных в единой МСК-NN_42 региона, образованной от СК-42 в ее новой версии, адаптированной к СК-95 (МСК-NN_95) без потери в точности построения ЕКП субъекта РФ. Ранее созданные ПД, обладающие всеми вышеуказанными погрешностями и деформациями МСК, в которой они созданы (МСК-NN_42), будучи просто преобразованными из МСК-NN_42 в МСК-NN_95 по вновь установленным параметрам их взаимной связи, не повысят своей точности. Преобразование этих пространственных данных по цепочке пересчета МСК-NN_42 $\rightarrow$ СК42 $\rightarrow$ СК-95 $\rightarrow$ МСК-NN_95 с применением строгих алгоритмов, в том числе пространственного ортогонального преобразования между СК42 и СК-95 «законсервирует» в них ошибки и деформации МСК-NN_42 (а фактически материнской СК-42), а значит сделает их несогласованными с геопространственной информацией, созданной в более точной МСК-NN_95.

В этой связи для такого типа перехода между смежными ГСК требуется применение методов преобразования ПД, которые не просто «не искажают» их в процессе пересчета, а наоборот, эластично исправляют их метрическое (координатное) описание, устраняя ошибки менее точной ГСК (на этапе перехода от менее точной к более точной ГСК) или возвращая их (при обратном переходе от более точной к менее точной ГСК). Варианты решения такой задачи исследуются в [5, 101, 103].

В рамках настоящей работы в качестве методологического решения, обеспечивающего такое «эластичное» повышение точности ПД, преобразуемых между двумя смежными ГСК, имеющими существенную разность в точности и однородности, предложен метод нелинейного преобразования координат с использованием цифровых моделей [176]. Суть этого метода заключается в том, что по величинам разностей координат идентичных пунктов ГГС в двух системах координат составляются цифровые модели, «...учитывающие в совокупности различие двух сопоставляемых систем координат и их дифференциальные нелинейные (нерегулярные) деформации» [176]. В соответствии с [176] такой метод преобразования позволяет исключить деформации исходной системы координат и воспроизвести деформации той системы, в которую выполняется пересчет. В случае преобразования от СК-42 к СК-95 предлагаемый метод идеально подходит для исключения деформаций СК-42. И наоборот, преобразование от СК-95 к СК-42 (в случае необходимости такого перехода) воспроизведет на основе СК-95 в исходном виде систему координат СК-42 со всеми ее деформациями.

Метод нелинейного преобразования координат с использованием цифровых моделей дает настолько хорошие результаты в координатных преобразованиях, что в [176] он рекомендовался в качестве эффективного средства для вычисления координат пунктов ГГС 3-4 классов в СК-95 по их координатам в СК-42 в тех субъектах РФ, где эти координаты не были получены методом уравнивания [176].

Наиболее сложным моментом в общей цепочке координатных преобразований $МСК-NN_42 \leftrightarrow СК42 \leftrightarrow СК-95 \leftrightarrow МСК-NN_95$ является этап пересчета координат между СК-42 и СК-95, что связано с нелинейным характером деформаций коорди-

нат пунктов ГГС в СК-42 по сравнению с их координатами в СК-95 и невозможностью определения строгих математических зависимостей изменения координат при переходе между этими системами координат.

Методически преобразование ПД при переходе между СК-42 и СК-95 может быть осуществлено по-разному, в зависимости от задаваемой точности.

Так очевидным и простым решением является реализация данного перехода по глобальным параметрам, задаваемым в ГОСТ 51794-2008 [53], действовавшим на момент начала исследований и в ГОСТ 32453-2017 [48], уточнившим эти параметры. Однако, как показано ранее, вследствие значительной деформации СК-42 и ее существенной негомогенности в точности, СКП такого преобразования между СК-42 и СК-95 по глобальным (единым для всей страны) параметрам составит величину ± 4 м, а отдельные ошибки могут достигать значений 10 м [168, 176]. Очевидно, что такой методический подход неприемлем как из-за его большой погрешности, так и в силу того, что в этом случае (в случае ортогонального преобразования) все деформации и искажения СК-42, присутствующие в ПД, ранее созданных в МСК-NN_42, перешли бы в МСК-NN_95, делая их тем самым в недопустимой мере пространственно несогласованными с той геопространственной информацией, которая создана в МСК-NN_95 с точностью этой единой региональной МСК, актуализированной на базе СК-95. Такой методический прием практически аннулировал бы все эффекты от введения СК-95 и рассматривается здесь лишь как гипотетический прием, который теоретически мог бы быть использован. Примерно такой же вывод можно сделать и в отношении варианта ортогонального преобразования между СК-42 и СК-95 по региональным (единым для субъекта РФ) параметрам. Разница здесь будет лишь в том, что СКП такого преобразования по региональным параметрам будет меньше (составит величину порядка 1,5–2 м), что также не удовлетворяет нормативным требованиям по точности пространственного описания объектов недвижимости при ведении ЕГРН и создания иных видов ПД в большинстве сфер деятельности.

Еще одним методическим приемом решения данной задачи является вычисление средних значений изменений плоских прямоугольных координат по осям абсцисс и ординат (при переходе от СК-42 к СК-95) для некоторых территорий, например, кадастрового района, как это сделано в некоторых регионах РФ [187]. Однако погрешность такого преобразования достигает в вышеуказанном примере 1 м [187], что в аспекте требований к точности пространственного описания объектов недвижимости неприемлемо для отдельных категорий земель. Стремление же к уменьшению этих погрешностей за счет вычисления средних изменений координат для более мелких единиц кадастрового деления (вплоть до каждого элемента ГКН) приведёт, как справедливо отмечают в [187] авторы такого решения, к нарушению топологической согласованности границ соседних объектов недвижимости. То есть, переход от СК-42 к СК-95 по средним значениям изменений плоских прямоугольных координат для единиц кадастрового деления, вплоть до каждого объекта недвижимости, также не является оптимальным решением данной задачи [87].

Как было показано ранее в работе, в соответствии с результатами исследования по определению потребности в РФ в ПД, в том числе в точности их координатного описания, в разрабатываемой методологии на этапе перехода от СК-42 к СК-95 целесообразно задать требования по точности преобразования – с СКП ± 1 см.

Очевидно, что для достижения этой цели не могут быть применены приведенные выше упрощенные методы. Достичь точности пересчета координат точки из СК-42 в СК-95 (и обратно) в 1 см можно только в случае максимально полного учета локальных деформаций координат в СК-42 относительно координат в СК-95 в месте расположения преобразуемой точки. Именно поэтому в качестве методологического решения адаптации ПД, ранее созданных в МСК-NN_42 к СК-95, предлагается использовать метод нелинейного преобразования координат с использованием цифровых моделей деформации координат (ЦМДК) [176]. В соответствии с [176] такой метод позволяет исключить деформации исходной системы координат и воспроизвести деформации той системы, в которую выполняется пересчет. При пересчете от СК-42 к СК-95 этот метод идеально подходит для исключения деформаций СК-42.

Алгоритм устранения в ПД при координатных преобразованиях между системами координат существенно разной точности и однородности деформаций исходной системы координат и повышения их точности и гомогенности до аналогичных показателей целевой системы координат наглядно представлен на рисунке 2.6.

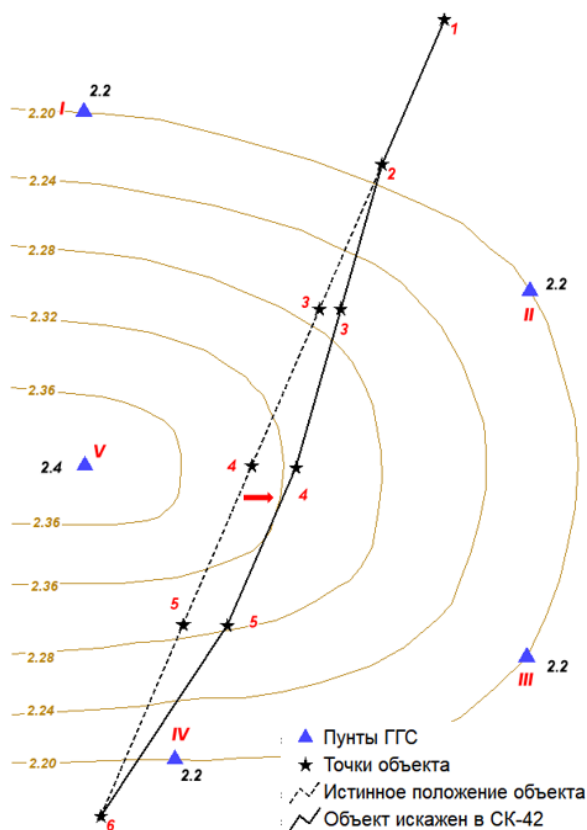


Рисунок 2.6 – Схема возникновения деформации в метрическом описании объекта в процессе его съемки в СК-42, вызванной ошибкой пункта ГГС по оси ординат

На этом рисунке представлена ситуация, когда в системе координат СК-42 производилась топографическая съемка линейного объекта (пунктирная прямая линия черного цвета). В качестве исходных на рисунке 2.6 использованы 5 пунктов ГГС (треугольники синего цвета) с номерами I, II, III, IV, V. При этом четыре пункта в СК-95 имеют ординату y на 2,20 м больше, чем ордината в СК-42, а один пункт (№ V) – на 2,40 м, см. рисунок 2.6. То есть, если в целом весь массив ГГС в СК-95 по отношению к СК-42 смещается на восток на 2,20 м, а один пункт при этом

имеет большее на 0,2 м смещение, то это очевидно ошибка этого пункта или – локальная деформация СК-42 относительно СК-95 с эпицентром в пункте № V.

Изолинии равных смещений на рисунке 2.6 показывают в целом картину деформации по оси ординат на данном участке местности, вызванную ошибкой в этой координате на пункте № V. Вследствие этой деформации точки 3, 4, 5, линейного объекта в процессе съемки смещены на восток относительно их истинного, безошибочного положения, на величину, пропорциональную близости к ошибочному пункту: 2,24; 2,33; 2,32 м для точек № 3, 4, 5 соответственно.

В процессе преобразования с применением ЦМДК СК-42 относительно СК-95 происходит обратный процесс восстановления метрики объекта, рисунок 2.7.

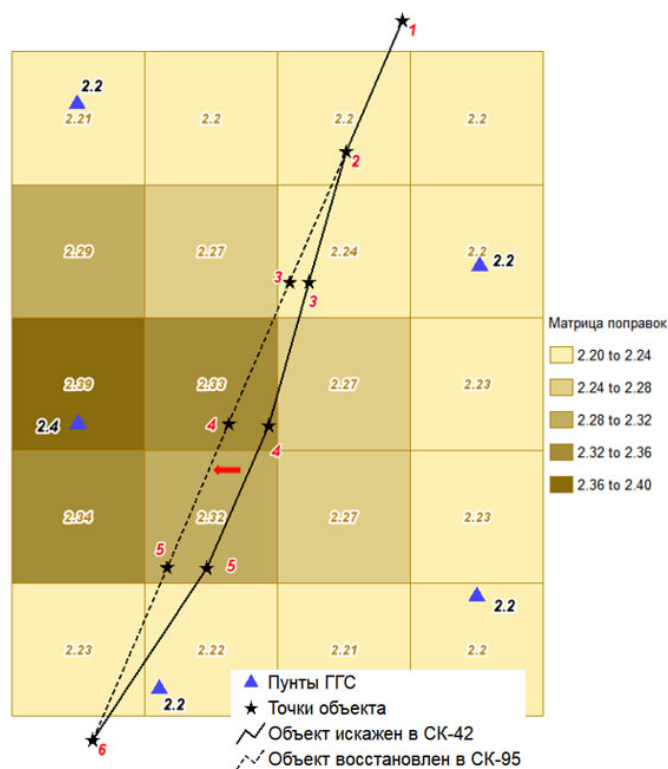


Рисунок 2.7 – Схема устранения искажений в метрическом описании объекта в процессе его преобразования из СК-42 в СК-95 с применением цифровых моделей деформаций координат

Вместо изолиний равных деформаций (смещений) строится поле деформации координат в СК-42 по отношению к СК-95, которую также можно назвать матрицей деформации или (с обратным знаком) – матрицей поправок, см. рисунок 2.7.

В этой матрице поправок каждая ячейка имеет постоянное значение поправки, которая является средним значением деформации на данной территории. Точки объекта, попадая по своим координатам на соответствующие ячейки матрицы поправок, получают поправку (в данном случае в координату y) для перехода от координат в СК-42 к СК-95. При этом точки объекта № 3, 4, 5, получив большие поправки по ординате, смещаются на запад больше (2,24; 2,33; 2,32 м для точек № 3, 4, 5 соответственно), чем точки № 1, 2, 6 (2,20 м), тем самым избавляясь от ошибки, присутствовавшей в их координате y по причине деформации в координатах исходного пункта ГГС № V в СК-42. Вследствие этого линейный объект из деформированного вида (сплошная изогнутая линия) восстанавливается до истинного, неискаженного вида (прямая пунктирная линия). Именно так бы этот объект выглядел, если бы его съемка выполнялась не в СК-42, а в СК-95. Этот пример показывает, как метод ЦМДК в СК-42 по сравнению в СК-95, будучи примененным для преобразования ПД из СК-42 в СК-95, позволяет устранить в них искажения исходной системы координат (СК-42) и повысить их точность и однородность до соответствующих показателей системы координат 1995 года.

Таким же образом в составе ПД любой объект, пересчет координат которого осуществляется из СК-42 в СК-95 (равно как и из МСК-NN_42 в МСК-NN_95), попадая каждой характерной точкой своей границы на различные ячейки в цифровой матрице деформаций, получает уникальные значения поправок для каждой точки границы, что делает механизм его преобразования между этими системами координат гибким, эластичным и точным. При таком виде координатного преобразования метрика объекта претерпевает два вида изменений: она в целом смещается и трансформируется в пространстве в связи с изменением проекции выходной системы координат по сравнению с исходной в выбранном координатном преобразовании; за счет уникальных поправок в каждую точку своей границы она эластично изменяется, избавляясь от деформаций исходной системы координат 1942 года (полностью присутствующих и в МСК-NN_42) и обретая неискаженный облик в более однородной и точной системе координат 1995 года (а также в МСК-NN_95).

Таким образом, применение в качестве методологического решения для адаптации ПД, ранее созданных в МСК-NN_42, к МСК-NN_95 метода ЦМДК, учитывающего значение деформации координат в месте расположения преобразуемых точек, позволит решить две главные проблемы координатных преобразований между системами координат существенно разной точности и гомогенности:

- исключить в метрическом описании объектов, преобразованных в более гомогенную и точную систему координат 1995 года (также, как и в построенную на ее основе единую МСК субъекта РФ – МСК-NN_95), ошибки и неоднородные деформации системы координат 1942 года и местной системы координат МСК-NN_42, созданной на ее базе;

- обеспечить полное сохранение топологической согласованности границ смежных объектов, имевшейся до пересчета координат, что позволяет преобразовать весь набор ПД из исходной в целевую систему координат бесшовно, без разрывов и наложений, в полном соответствии с той степенью их согласованности, которая была в исходной системе координат.

Одним из важных методологических решений при построении ЦМДК, влияющих на точность результатов координатных преобразований, является решение о выборе размера ячейки в матрице ЦМДК для конкретного региона. Очевидно, что этот размер ячеек матрицы зависит от степени неоднородности деформаций системы координат СК-42 по отношению к СК-95 на территории конкретного региона. Физический смысл принимаемого решения при выборе размера ячейки матриц деформаций координат заключается в том, чтобы выбрать такой размер квадрата на местности, который при переходе с одного квадрата на другой в любой точке зоны действия ЦМДК обеспечивает изменение максимальной поправки по осям координат, не превышающее заданной величины точности преобразования координат. То есть в ЦМДК необходимо найти экстремумы изменения разности координат по осям абсцисс и ординат и из двух экстремумов выбрать наибольший.

Покажем реализацию данного методологического решения на примере матриц деформаций координат пунктов ГГС в СК-42 относительно их координат в СК-95

на территории Новосибирской области, приведенных на рисунках 2.8, 2.9. Эти матрицы деформаций координат построены на основании каталогов координат в СК-42 и СК-95 пунктов ГГС 1–4 классов, расположенных на территории Новосибирской области, рисунок 2.10.

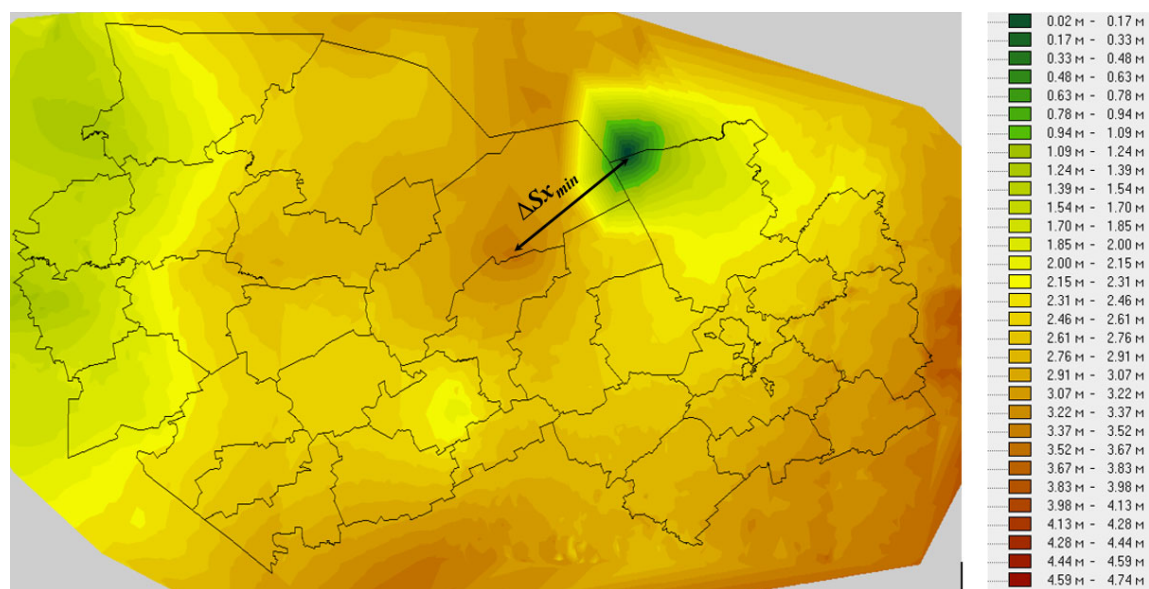


Рисунок 2.8 – ЦМДК пунктов ГГС в СК-42 относительно их координат в СК-95 на территории Новосибирской области по оси абсцисс

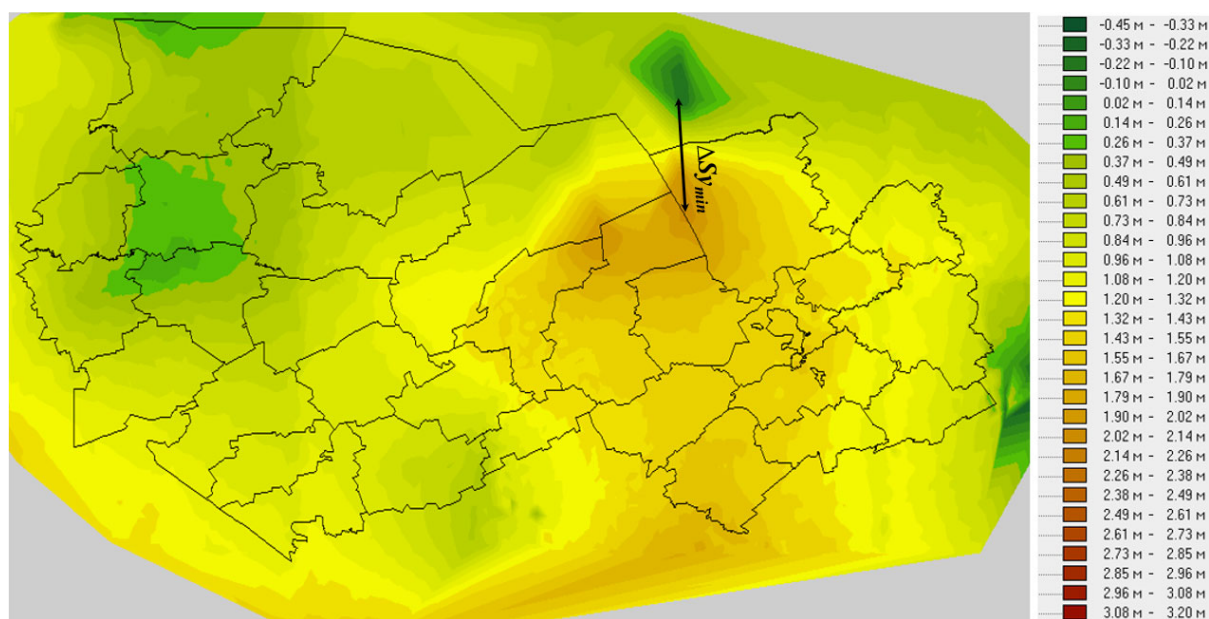


Рисунок 2.9 – ЦМДК пунктов ГГС в СК-42 относительно их координат в СК-95 на территории Новосибирской области по оси ординат

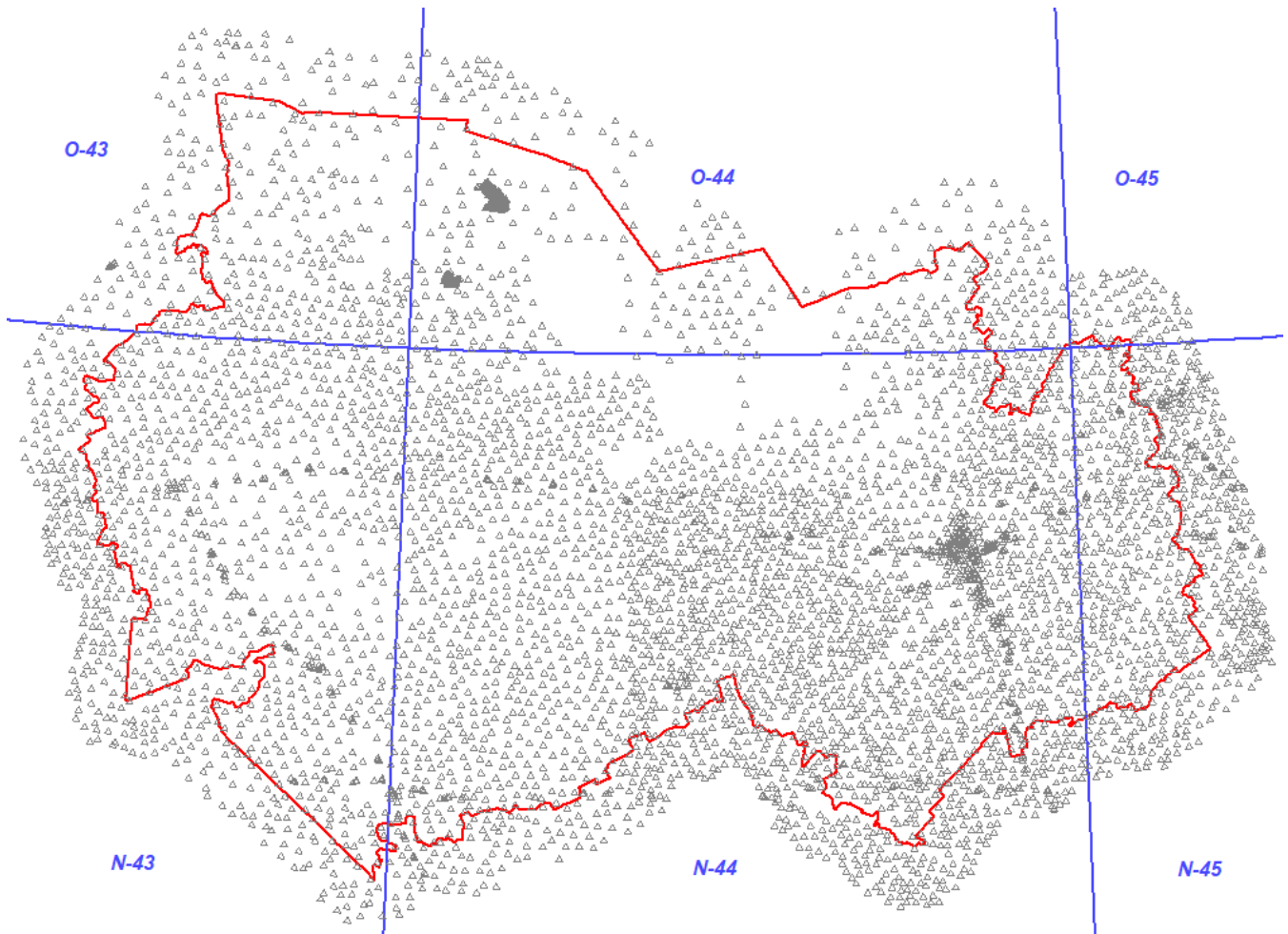


Рисунок 2.10 – Пункты ГТС 1-4 классов, использованных для построения ЦМДК в СК-42 относительно в СК-95 на территории Новосибирской области

С учетом вышеизложенного, а также того, что при разработке методологии и технологии создания ЕВКП региона точность преобразования координат была задана на уровне ± 1 см, критерии определения размеров ячеек матрицы изложим так:

$$R_x \leq 0,01 \cdot \Delta Sx_{\min} / \Delta x_{\max}; \quad R_y \leq 0,01 \cdot \Delta Sy_{\min} / \Delta y_{\max}; \quad R \leq R_x, R_y, \quad (2.7)$$

где R_x, R_y – максимально допустимый размер ячейки матрицы цифровых моделей поправок в координаты по оси абсцисс и ординат соответственно;

R – единый, максимально допустимый размер ячейки матрицы цифровых моделей поправок в координаты для обеих осей;

$\Delta x_{\max}$ – максимально большое (в пределах субъекта РФ) между пунктами ГГС изменение поправки в координаты по оси абсцисс при самом коротком расстоянии между такими пунктами $\Delta Sx_{\min}$;

$\Delta y_{\max}$ – максимально большое (в пределах субъекта РФ) между пунктами ГГС изменение поправки в координаты по оси ординат при самом коротком расстоянии между такими пунктами $\Delta Sy_{\min}$.

Исходя из вида матрицы деформаций координат по оси абсцисс, показанной на рисунке 2.8, можно видеть, что максимальное изменение разностей координат ($\Delta x_{\max}$) здесь имеет место между областью с минимальным значением Δx (порядка -0,2 м, зеленый цвет матрицы на севере области) и районом с интенсивным коричневым цветом на юго-западе от нее ($\Delta x \approx +3,5$ м), расположенным на расстоянии $\Delta Sx_{\min}$ (показано стрелкой на рисунке 2.8) порядка 85 км. По формуле (2.7) получаем ($\Delta x_{\max} = 3,7$), $Rx = 229,7$ м.

Аналогично для матрицы деформаций координат по оси ординат, показанной на рисунке 2.9, определяем, что максимальное изменение разностей координат ($\Delta y_{\max}$) здесь между зеленым пятном за северной границей области с минимальным значением Δx (порядка -0,5 м) и районом с интенсивным коричневым цветом на юге от него ($\Delta x \approx +2,2$ м), расположенным на расстоянии $\Delta Sy_{\min}$ (показано стрелкой на рисунке 2.9) порядка 100 км. По формуле (2.7) ($\Delta y_{\max} = 2,7$), имеем $Ry = 370,4$ м.

Таким образом с методологической точки зрения, максимально допустимый размер ячейки матрицы цифровых моделей поправок в координаты для обеих осей R в данном регионе можно было бы выбрать 229,7 м или менее. Однако с целью безусловного соблюдения точности координатных преобразований с использованием цифровых моделей деформации координат в 1 см, с учетом (2.7), а также для простоты построения моделей, единый размер ячеек матриц по обеим осям координат для Новосибирской области целесообразно принять равным 200 м.

Таким образом, чтобы отразить в себе самые малые флуктуации разностей координат СК-42 относительно СК-95 по каждой из осей координат, территория Новосибирской области в ЦМДК подлежит разбиению примерно на 10 миллионов ячеек матрицы, каждая из которых имеет постоянное значение разности координат

по x , y , при этом при переходе с одной ячейки матрицы на соседние, разности координат даже в экстремальных случаях изменяются на величину менее 1 см, что обеспечивает пересчет координат между СК-42 и СК-95 с такой же точностью.

Для оценки влияния размера ячейки матрицы в ЦМДК на точность осуществления по ним координатных преобразований, предположим, что в вышеуказанном примере экстремального изменения координат по оси абсцисс ($\Delta x_{\max} = 3,7$ м, $\Delta Sx_{\min} = 85\,000$ м) мы бы размер ячейки взяли не $Rx = 229,7$ м, как это получается по формуле (2.7), и не 200 м, как рекомендовано в методологическом решении в отношении Новосибирской области, а приняли ее размером 2 000 м. В этом случае при переходе с одной ячейки матрицы на другую шаг изменения поправок в ЦМДК был бы порядка 9 см, что для указанного экстремального случая изменения координат означало погрешность трансформации в такую же величину.

На рисунке 2.7 осознанно показан именно такой случай: размер ячейки матрицы здесь взят 2 км. При таком размере пиксела матрицы и имеющемся градиенте изменения координат, указанном на рисунке 2.7, переход с одной ячейки матрицы на другую дает изменение в размере поправки до 0,1 м. Очевидно, что такое скачкообразное изменение поправок создает погрешности в вычислении координат также близкими к 0,1 м. В свете заданной при разработке методологии создания ЕВКП субъекта РФ точности координатного описания пространственных данных в 1 см размер ячейки матрицы в 2 км для ЦМДК, имеющих в Новосибирской области, следует признать недопустимым.

Таким образом, метод преобразования координат по ЦМДК, предлагаемый для «Перехода типа I», и, прежде всего, между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 (под которыми подразумеваются СК-42 и СК-95 соответственно), позволяет не только добиться требуемой точности (1 см), пересчета координатного описания ПД из МСК-NN_42 в МСК-NN_95, но и, в отличие от других решений [187], обеспечивает сохранение топологической согласованности границ смежных объектов.

Следует отметить, что преобразованию во вновь установленную в регионе МСК-NN-95, основанную на СК-95, подлежат не только ПД созданные в МСК-

NN_42 (рисунок 2.11), но и востребованная в социально-экономической деятельности геопространственная информация, произведенная в иных МСК, образованных от СК-42 (МСК_42), которые ранее были названы в работе «Местными системами координат населенных пунктов» (МСК НП). Созданная во множестве таких МСК НП (МСК_42) геопространственная информация, востребованная для социально-экономической деятельности региона и страны, после преобразования по алгоритму «Перехода типа I» (с устранением деформаций) в единую местную систему координат региона МСК-NN_95, станет доступной для этих целей в едином координатном пространстве региона, построенном на базе СК-95, с точностью и согласованностью, соответствующей аналогичным показателям МСК-NN_95. Сами же такие МСК НП, после преобразования созданных в них ПД в МСК-NN_95, в силу своей низкой точности и невозможности их актуализации к новой ГСК вида 2 (ГСКВ2) и последующим видам ГСК в дальнейшем использовать нецелесообразно (см. рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Технологическая схема адаптации МСК-NN_ГСКВ1 к ГСК вида 2

Вместе с тем, как было показано ранее, в едином координатном пространстве субъекта РФ, построенном на базе единой МСК-NN_95 региона, адаптированной к новой ГСК – СК-95, целесообразно сохранить для использования местные системы координат крупных городов, которые ранее названы «МСК Город» (см. рисунок 2.11). Несмотря на то, что они созданы от СК-42, за счет высокой точности опорных геодезических сетей, закрепляющих их на местности (она выше точности

ГТС 1–4 классов на данной территории) [45, 65, 139], а также за счет занимаемой небольшой территории, между такими «МСК Город» и МСК-NN_95 с высокой точностью могут быть установлены строгие параметры перехода. В этой связи ПД, созданные в таких «МСК Город», могут быть легко доступны в ЕКП субъекта РФ, созданном на базе МСК-NN_95, для преобразования, не нарушая тем самым единства такого пространства. А за счет точности «МСК Город» созданная в них с такой же точностью геопространственная информация, будучи преобразованной по параметрам перехода из «МСК Город» в МСК-NN_95, окажется в необходимой степени согласованной с теми ПД, что созданы непосредственно в единой МСК-NN_95 региона.

2.2.2.2 Сохранение пространственных данных на этапе «Перехода типа II»

Как показано ранее, ключевым моментом адаптации единой МСК-NN_ГСКВ2 субъекта РФ к новой ГСК вида 3 (ГСКВ3) на этапе «Перехода типа II» является установление вместо нее «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) региона, плоские прямоугольные координаты x_3, y_3 в которой совпадают с плоскими прямоугольными координатами x_2, y_2 в МСК-NN_ГСКВ2, рисунок 2.12.

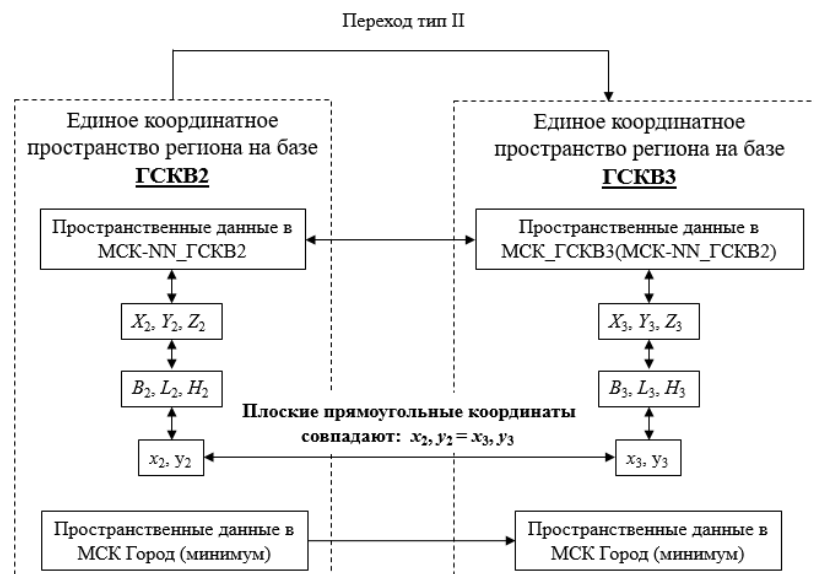


Рисунок 2.12 – Технологическая схема сохранения пространственных данных на этапе «Перехода типа II»

Как видно из этого рисунка, важное свойство таргетирования единой, «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) региона позволяет сохранить все ПД, ранее созданные в предыдущей единой МСК-NN_ГСКВ2 региона и при переходе к ее актуализированной на базе ГСК вида 3 (ГСКВ3) версии без необходимости их пересчета куда-либо. Такие ПД, будучи представленными в МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) в виде плоских прямоугольных координат, могут быть легко интегрированы с ПД, ранее созданными в МСК-NN_ГСКВ2. Таким образом, качественное преобразование ПД субъекта РФ, однажды осуществленное на этапе «Перехода типа I» (между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2) в процессе модернизации координатного пространства региона, в результате которого их точность повысилась до точности ГСК вида 2 (ГСКВ2), позволяет в дальнейшем этой процедуры не повторять.

В то же время откладывание «на будущее» «Переход типа I», т. е. решения задачи адаптации координатного пространства субъекта РФ на этапе перехода от ГСК вида 1 (ГСКВ1) к ГСК вида 2 (ГСКВ2), в том числе преобразования востребованных ПД из МСК-NN_ГСКВ1 в МСК-NN_ГСКВ2 с повышением их точности до уровня точности ГСК вида 2 (ГСКВ2), не позволяет в дальнейшем, в «этом будущем» воспользоваться вышеуказанным преимуществом «Перехода типа II». В этом случае придется осуществлять «Переход типа I» от координатного пространства региона, построенного на базе ГСК вида 1 (ГСКВ1), к ЕКПР, созданного на базе ГСК вида 3 (ГСКВ3), см. рисунок 1.8, б.

Что касается ПД, созданных в МСК крупных населенных пунктов (МСК Город), которые, как указывалось ранее, в силу своей точности продолжают свое существование и в едином координатном пространстве субъекта РФ, созданном на ГСК вида 3 (ГСКВ3), то для них предлагается два варианта методологических решений сохранения без пересчета в новую единую местную систему координат региона – МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2):

а) установить на территории «МСК Город» новую, «гибридную» местную систему координат МСК_ГСКВ3(МСК Город), в которой плоские прямоугольные координаты будут совпадать с плоскими прямоугольными координатами в «МСК Город». Возможность установления такой МСК существует в связи с тем, что точность «МСК

Город», даже если она и создана от СК-42, за счет высокой точности реализующей ее на местности опорной геодезической сети (выше точности ГГС 1–4 классов в СК-42) и по причине незначительной территории покрытия, будет близка к ГСК вида 3 (ГСКВ3). В этой связи «Переход типа II» может быть реализован в отношении «МСК Город» и Параметры 1(МСК Город) перехода между ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК_ГСКВ3(МСК Город) могут быть определены с высокой точностью. Таким образом для «МСК Город» будут установлены новые параметры перехода в виде Параметров 1(МСК Город) между ГСК вида 3 (ГСКВ3) и МСК_ГСКВ3(МСК Город), что является обязательным условием существования МСК [132]. А что самое главное, ПД, созданные в «МСК Город», не потребуется никуда пересчитывать, и они будут доступны (в виде плоских прямоугольных координат) в едином координатном пространстве региона, базирующемся на новой единой МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2) региона;

б) установить иным образом параметры перехода между «МСК Город» и ГСК вида 3 (ГСКВ3), а значит, и МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2)) с тем, чтобы обеспечить доступность ПД, созданных в этой МСК, в ЕКПР; исключить необходимость пересчета ПД из «МСК Город» в МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2).

Таким образом, при грамотном методологическом подходе в создании единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ и его своевременной актуализации на всех этапах совершенствования государственных систем координат видов ГСКВ1 → ГСКВ2 → ГСКВ3 преобразование ПД, ранее созданных в МСК, созданных на базе отмененных ГСК, потребуется осуществить лишь однажды. Это преобразование, осуществленное на переходе между ГСК вида 1 (ГСКВ1) к ГСК вида 2 (ГСКВ2) по методологии «Перехода типа I», повышающее точность ПД до уровня точности ГСКВ2, позволяет воспользоваться главным преимуществом разработанной в диссертационном исследовании методологии «Перехода типа II»: не преобразовывать востребованную геопространственную информацию на всех дальнейших этапах актуализации ЕКП региона к новым видам ГСК. Фонды этих ПД, созданные в МСК-NN_ГСКВ2 (или преобразованные в нее с требуемой точностью из МСК-NN_ГСКВ1), будут сохранены в использовании без каких-либо пересчетов и при уста-

новлении в субъекте РФ новой версии единой МСК региона – МСК-NN_ГСКВ3, актуализированной к ГСК вида 3 (ГСКВ3). При этом под МСК-NN_ГСКВ3 подразумевается «гибридная» МСК, образуемая от ГСК вида 3 (ГСКВ3), а целевой в ней будет являться МСК, на замену которой она устанавливается и плоские прямоугольные координаты в которой будут совпадать с плоскими прямоугольными координатами в «гибридной» МСК.

Это же касается и небольшого количества МСК крупных городов, региональных центров («МСК Город»): созданные в них ПД сохраняются без пересчета куда-либо на всех этапах модернизации единого координатного пространства субъекта Российской Федерации, обусловленной процессом эволюционного совершенствования государственных систем координат.

При этом затягивание, вопреки разработанной методологии, с реализацией «Перехода типа I» в субъекте РФ на длительное время, в том числе уже и после установления ГСК вида 3 (ГСКВ3), дает существенный негативный эффект для социально-экономического развития этих регионов и страны в целом.

С одной стороны, это юридически не избавляет такой регион от необходимости преобразования ПД, созданных в единой МСК региона, базирующейся на отмененных ГСК, в новую региональную МСК, созданную на базе действующей ГСК, поскольку такая практика является нарушением Закона 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [121] о необходимости установления параметров перехода между действующей ГСК и единой МСК региона, в которой ведется ЕГРН.

С другой стороны, продолжение в течение десятилетий создания в единой МСК-NN_ГСКВ1 субъекта РФ, основанной на неточной (в недопустимой мере) и неоднородной ГСК вида 1 (ГСКВ1), в такой же мере искаженных ПД, в том числе осуществление метрического описания объектов недвижимости в составе ЕГРН с погрешностями, многократно превышающими нормативно установленные допуски, создает проблемы несогласованности этих ПД, невозможности их интегрирования, совместного и эффективного использования и, в конечном итоге, влияет на уровень социально-экономического развития региона и страны.

3 ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

3.1 Технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа I»

Технология создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» может быть, в общем случае, реализована между любыми двумя смежными государственными системами координат, точность и однородность которых существенно различается. Однако стандартным случаем такого перехода следует считать начальный этап эволюции ГСК: смена ГСК вида 1 (ГСКВ1) на ГСК вида 2 (ГСКВ2). В этой связи технология создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» в исследовании разработана именно для перехода между ГСК видов ГСКВ1 → ГСКВ2, а в качестве реальных представителей этих видов ГСК для этого взяты СК-42 и СК-95 соответственно, и в отношении них далее применены все принципы и методологические решения создания ЕВКП региона, разработанные ранее в работе в отношении такого типа перехода.

Практическую применимость и эффективность разработанной методологии и технологии создания ЕВКП региона на этапе «Перехода типа I» целесообразно продемонстрировать путем их применения в конкретном регионе, с показом возможности масштабирования для всей страны, а также на примере одного, наиболее значимого для социально-экономического развития вида ПД, подразумевая возможность ее применения и к остальным их видам ПД.

В связи с вышеизложенным технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95 в работе проиллюстрирована на примере Новосибирской области, а в качестве ПД, адаптация которых к такому ЕВКП региона осуществлена в работе, использованы объекты недвижимости, учтенные в АИС ГКН на территории кадастрового округа «Новосибирский».



Рисунок 3.1 – Технологическая схема создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95

Основные технологические аспекты процесса формирования ЕВКП региона рассмотрим далее в соответствии с Технологической схемой создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95, рисунок 3.1, применимой в отношении всех регионов страны и всех видов ПД.

3.1.1 Адаптация МСК-NN_42 к СК-95 и ее преобразование в МСК-NN_95

Адаптация действующей единой МСК-NN_42 региона, основанной на СК-42, к СК-95 и ее преобразование в МСК-NN_95 осуществляется в регионе в соответствии с ранее изложенным в 2.2.1.1 порядком, показанным на рисунке 2.1, где под ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 подразумеваем СК-42 и СК-95 соответственно.

В применении к Новосибирской области, на примере которой в работе демонстрируется технология создания ЕВКП субъекта Российской Федерации, элементами такой адаптации стали действия, изложенные ниже.

1 Установление Постановлением администрации Новосибирской области [123] единой местной системы координат Новосибирской области, основанной на государственной системе координат 1995 года, и утверждение «Положения о местной (региональной) системе координат (МСК НСО), устанавливаемой на территории Новосибирской области» [170]. В этом Положении о МСК НСО было реализовано на практике основное методологическое решение о способе адаптации действующей единой МСК-NN_42 (МСК-54) региона, основанной на СК-42, к СК-95: использование параметров перехода от МСК-NN_95 (МСК НСО) к СК-95 таких же, что и от МСК-NN_42 (МСК-54) к СК-42, и сохранение зон от МСК-NN_42 (МСК-54) в МСК-NN_95 (МСК НСО), рисунок 3.2.

2 Выполнение работ по пересчету координат всех пунктов ГГС, находящихся на территории области, из СК-95 в МСК НСО и составление каталогов координат пунктов ГГС в МСК НСО с передачей последнего в ФФПД. В соответствии со [133] это сделало возможным ввести МСК НСО в действие.

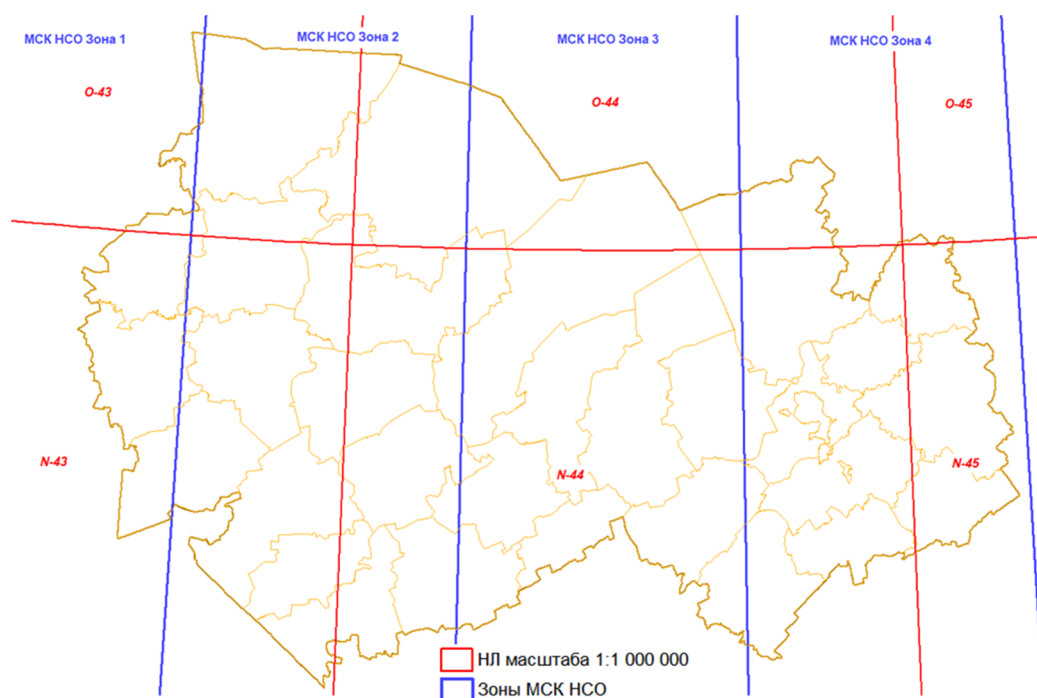


Рисунок 3.2 – Схема расположения зон МСК НСО

3 Введение в действие МСК НСО постановлением Правительства Новосибирской области [117]. Установление МСК сопровождается определением разграфки номенклатурных листов топографических карт и планов, создаваемых в этой МСК. В этом направлении в Новосибирской области также проведены исследования [173, 180, 122, 170, 180], в результате которых, в том числе, было принято окончательное решение о виде разграфки МСК НСО. Решение о виде разграфки номенклатурных листов топографических карт и планов, создаваемых в МСК НСО, также относится к одному из документов, в нормативно-правовом отношении обеспечивающим функционирование МСК НСО

3.1.2 Разработка программного обеспечения для координатных преобразований

Одним из важных моментов в построении единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» (который рассматривается в стандартном случае при смене СК-42 на СК-95) является преобразование ПД, ранее созданных в единой МСК-NN_42 региона, в ее актуализированную на базе

СК-95 версию – МСК-NN_95. При этом, в соответствии с разработанной методологией, здесь требуется преобразовывать ПД не только по параметрам перехода между МСК-NN_42/МСК НП и МСК-NN_95 и их материнскими государственными системами координат СК-42 и СК-95 соответственно, но и между СК-42 и СК-95 с применением цифровых моделей деформаций координат. В этой связи важно, чтобы используемое программное обеспечение для осуществления координатных преобразований позволяло решать все требуемые задачи.

Основные технические требования к такому ПО изложены ниже.

ПО для пересчета координатного описания ПД на этапе перехода от МСК_NN_42 и от множества МСК НП к их материнской системе координат СК-42 (и обратно), а также между СК-95 и МСК-NN_95 должно обеспечивать:

а) преобразование между МСК-NN_42/МСК НП и СК-42, МСК-NN_95 и СК-95 с использованием соответствующих строгих алгоритмов, применяемых в высшей геодезии, обеспечивающих точность пересчета не хуже 1 мм. Фактически эти алгоритмы преобразования описаны в правилах пересчета, содержащихся в официально установленных параметрах перехода от этих МСК к СК-42/СК-95. Однако эти параметры перехода от МСК-NN_42/МСК НП к СК-42 в соответствии с Технологической схемой (см. рисунок 3.1) требуется подвергать проверке на предмет корректности использованных алгоритмов и их соответствия формулам высшей геодезии, в том числе в части точности получаемых с их использованием результатов;

б) преобразования с применением официально установленных параметров перехода от МСК_NN_42/МСК НП к СК-42, которые до практического использования в процессах пересчета должны проходить процедуру верификации с использованием каталогов координат идентичных пунктов ГГС в СК-42 и в МСК_NN_42/МСК НП;

в) пересчет координат между МСК_NN_42/МСК НП и СК-42 с использованием любых типов официально установленных параметров перехода между ними, включая ключи с применением углов поворота МСК_NN_42/МСК НП по отношению к СК-42, применение в МСК ненулевой поверхности относимости и т. д.;

д) автоматизированный прием исходных данных в электронном формате векторных данных, описания координатной привязки растровых изображений, а также

в виде текстовых файлов, позволяющий вводить отдельные точки в режиме ручного ввода с клавиатуры;

е) ввод/вывод координат в трех видах их представления: геодезические координаты (геодезическая широта B , геодезическая долгота L , геодезическая высота H); пространственные прямоугольные координаты (абсцисса X , ордината Y , аппликата Z); плоские прямоугольные координаты (абсцисса x , ордината y);

ж) пересчет прямо и обратно на любом из этапов координатных преобразований по цепочке МСК-NN_42/МСК НП $\leftrightarrow$ СК-42 $\leftrightarrow$ СК-95 $\leftrightarrow$ МСК-NN_95.

Преобразование координат на этапе перехода между СК-42 и СК-95 является наиболее сложным моментом в общей цепочке координатных преобразований, что связано с нелинейным характером деформаций координат пунктов государственной геодезической сети в СК-42 относительно их координат в СК-95 и невозможностью описания их строгими математическими зависимостями. Методика данного координатного преобразования и ее техническая реализация в конечном итоге определяют точность и качество координатного преобразования между множеством МСК-NN_42/МСК НП и МСК-NN_95 в целом. Как было показано ранее, для «Перехода на этапе I» предложено методологическое решение применить метод нелинейного преобразования координат с использованием цифровых моделей деформаций координат.

В этой связи программное обеспечение, которому предстоит решать задачу преобразования ПД на этапе «Перехода типа I», должно обладать функцией работы с ЦМДК.

Исходя из анализа широко распространенного на рынке страны программного обеспечения геоинформационных систем (ПО ГИС) отечественного и зарубежного производства, можно сделать вывод, что оно не может быть полнофункционально встроено в разрабатываемую технологию. В таблице 3.1 приведен анализ соблюдения некоторых из этих требований в наиболее широко распространенном в РФ ПО ГИС, в качестве которых взяты: ArcGIS [191], MapInfo Professional [196], GeoMedia Professional [195], ГИС-Панорама [41].

Таблица 3.1 – Анализ соответствия ПО ГИС требованиям разрабатываемой технологии

Требования технологии к ПО ГИС	Соблюдение требований в ПО ГИС			
	ArcGIS	Пано- рама	GeoMedia	MapInfo
Преобразование между МСК-NN_42/МСК НП, СК-42, СК-95 МСК-NN_95 с использованием соответствующих строгих алгоритмов с точностью ≤ 1 мм	Алгоритмы поставщиками не описываются, требуется их тщательное тестирование			Нет
Преобразование между МСК-NN_42/МСК НП, СК-42, СК-95, МСК-NN_95 с использованием любых типов официально установленных параметров перехода (ключей) между ними, включая применение углов поворота, применение ненулевой поверхности относимости и т. д.	Нет Не все виды параметров преобразования между МСК и ГСК могут быть введены в качестве описаний систем координат в ПО ГИС			
Автоматизированный прием/выгрузка пространственных данных в электронном формате векторных (том числе в формате ведения АИС ГКН) и растровых данных, а также в виде текстовых файлов, ввод отдельных точек в ручном режиме с клавиатуры	Нет ПО должно принимать/выгружать в обменном формате данных MID/MIF, но требуется тонкая настройка входных/выходных данных в соответствии со структурой данных АИС ГКН, что невозможно сделать в ПО ГИС			
Ввода/вывод координат в трех видах их представления: B, L, H ; X, Y, Z ; x, y	Нет	Нет	Да	Нет
Использование цифровых моделей деформации для преобразования координат между СК-42 и СК-95	Нет	Нет	Нет	Нет
Возможность самостоятельного описания пользователем всех необходимых, используемых в координатных преобразованиях систем координат, их элементов, связей между системами координат	Нет. Возможность описания систем координат имеется, но не все виды параметров преобразования между МСК и ГСК могут быть введены в качестве описаний систем координат в ПО ГИС			
Требуется наличие инструментов для определения изменения метрических параметров объектов после пересчета с выделением фактов их аномального изменения	Имеющиеся инструменты недостаточно точны или некорректно работают [146, 147]			

Как видно из таблицы 3.1, ни одно из вышеназванных ПО ГИС не соответствует всем требованиям, предъявляемым к нему разрабатываемой технологией координатных преобразований.

Из всего списка требований к ПО, соблюдение которого наиболее критично в технологии, является требование о возможности построения и использования ЦМДК для преобразования координат между СК-42 и СК-95. Хотя в числе исследованных ПО ГИС нет тех, которые могли бы соответствовать требованиям технологии в этой части, есть известные решения, которые необходимо отметить в настоящей работе с целью аргументации и оценки разработанных и реализованных в процессе диссертационных исследований новых технических и технологических решений по сравнению с этими известными решениями. Так, в процессе реализации организационно-технических мероприятий по переходу от СК-42 к СК-95 осуществлялось преобразование координат пунктов ГГС 1-4 классов в новую государственную систему координат 1995 года. В большинстве случаев получение координат пунктов ГГС в СК-95 было получено уравниванием в СК-95. Однако для некоторых регионов страны в отношении геодезических сетей сгущения 3-4 классов эта задача была решена с использованием ЦМДК СК-42 по отношению к СК-95, создаваемых с использованием специализированного пакета программ «Геомастер» [176]. Это говорит о высоком качестве осуществления координатных преобразований по методу деформационных моделей для систем координат с существенно разной степенью точности и его безусловной применимости для решения в рамках разрабатываемой технологии задач преобразования между СК-42 и СК-95 координат объектов ЕГРН и других видов пространственных данных.

В то же время применение пакета программ «Геомастер» непосредственно в разрабатываемой технологии нецелесообразно. Во-первых, данный пакет программ не является коммерческим ПО, распространяемым и доступным на рынке, а был разработан лишь для решения вышеуказанной разовой задачи, в настоящее время не поддерживается производителем, а информация о нем доступна лишь из документа [176]. Кроме того, он не обладает тем функционалом, который требуется для реализации в ПО преобразования координат в рамках разрабатываемой

технологии, в том числе: автоматизированный прием/выгрузка исходных данных в электронном формате векторных и растровых данных, используемом в АИС ГКН (в том числе тонкая настройка этих данных); ввода/вывод координат в трех видах их представления: В, L, Н; X, Y, Z; x, y; преобразование между МСК_42 и СК-42, СК-95 и МСК_95 с использованием любых типов официально установленных параметров перехода между ними, включая применение углов поворота, применение ненулевой поверхности относимости и т. д.; возможность самостоятельного описания пользователем всех необходимых, используемых в координатных преобразованиях систем координат, их элементов, связей между системами координат; наличие инструментов для определения изменения метрических параметров объектов после пересчета с выделением фактов их аномального изменения.

В целом для координатных преобразований между МСК-NN_42/МСК НП и СК-42, МСК-NN_95 и СК-95 по цепочке МСК-NN_42/МСК НП ↔ СК-42 ↔ СК-95 ↔ МСК-NN_95 в ПО для координатных преобразований целесообразно сформулировать следующие требования:

а) должна быть обеспечена возможность осуществления преобразования координат следующих видов векторных объектов: отдельных точек и наборов массивов точек; пространственных однокомпонентных и многокомпонентных объектов различного типа пространственной локализации (площадных, линейных); угловых точек привязки раstra;

б) должна быть обеспечена возможность преобразования координат (прямо и обратно) как между конечными системами координат в целом по цепочке МСК-NN_42/МСК НП ↔ СК-42 ↔ СК-95 ↔ МСК-NN_95, между отдельными этапами переходов в этой цепочке, так и между наборами (группами) этапов;

в) пользователю должна быть обеспечена возможность выбора: источников исходных для преобразования координат; форматов и видов их представления; типов осуществляемых преобразований; названий входной и выходной систем координат, между которыми осуществляется преобразование; направлений преобразования (прямо/обратно);

г) пользователю должна быть предоставлена возможность самостоятельного описания всех необходимых, используемых в координатных преобразованиях систем координат, их элементов, связей между системами координат; файл описания систем координат должен быть открытым, доступным, легко редактируемым;

д) ПО должно включать в себя инструменты для определения метрических параметров объектов (протяженность, площадь, периметр, количество узлов (характерных точек границы), максимальная/минимальная/средняя длина отрезков границы и их общее количество, определение геометрического центра объекта и т. д.), участвующих в координатных преобразованиях: на входе; на выходе; изменение метрических характеристик в абсолютном и относительном измерении. По итогам автоматизированного анализа относительного изменения координат пользователю должна предоставляться информация о фактах аномального изменения метрических параметров объектов в результате пересчета (в соответствии с задаваемым пользователем критерием аномальности изменений), с указанием идентификаторов таких объектов и фактических данных об изменении их размеров.

Включение опции определения метрических параметров объектов в технологию координатных преобразований важно по нескольким соображениям.

Во-первых, целью автоматизированного анализа изменений размеров объектов в результате координатных преобразований является контроль качества и безошибочности пересчёта координат. Так, например, изменение (в относительной мере) площадей массива однородных объектов, компактно расположенных на локальной территории (допустим, в пределах одного кадастрового квартала) на конкретном этапе координатных преобразований может быть теоретически предрасчитано (исходя из положения в исходной и выходной системах координат) и сравнено с фактическим изменением площадей в результате пересчета. Кроме того, относительное изменение площадей соседних объектов или их массива, расположенного в пределах одной единицы кадастрового деления, практически одинаково. Поэтому большинство ошибок в пространственном описании объектов во входной системе координат, или неточный выбор входной или выходной систем координат

в процессе пересчета, могут быть легко, в автоматизированном режиме, обнаружены по аномальному изменению площади таких объектов в выходной системе координат.

Во-вторых, площадь объекта, координаты которых подлежат пересчету, является его важным параметром. Так, например, параметр «площадь» объекта недвижимости в составе ЕГРН характеризует его как индивидуально-определенную вещь. Изменение площадей также является контролируемым в процессе ведения кадастровой деятельности и осуществления регистрации прав на объекты недвижимости параметром. Поэтому сведения об изменении метрических параметров объектов, в том числе площадей, в результате преобразования из множества МСК-NN_42/МСК НП в единую МСК-NN_95 субъекта Российской Федерации должны быть доступны органам, осуществляющим кадастровый учет и ведение ЕГРН, как результат применения разрабатываемой технологии.

В связи с вышеизложенным, с целью обеспечения наличия в ПО всего функционала, требуемого для построения ЕВКП субъекта Российской Федерации, в рамках диссертационных исследований было разработано специализированное программное обеспечение под названием *CooTransf* «Координатные преобразования» (далее ПО *CooTransf*, *CooTransf*). Компьютерная программа *CooTransf* разработана с личным участием автора и зарегистрирована в Федеральном агентстве по интеллектуальной собственности, свидетельство о ее регистрации № 2020614948 [137].

При этом имелось в виду, что для контроля изменений метрических параметров объектов в процессе их координатных преобразований будет использована другая компьютерная программа, разработанная с участием автора – *GeoOper*, и зарегистрированная в Федеральном агентстве по интеллектуальной собственности, свидетельство о ее регистрации № 2020614948 [151, 138].

Программа *CooTransf* предназначена для преобразования координат отдельных точек (пунктов), пространственных однокомпонентных и многокомпонентных векторных объектов различного типа пространственной локализации (площадных, линейных, точечных), угловых точек привязки раstra из одной системы координат

в другую. Возможные источники и форматы представления координат определяются интерфейсом пользователя в главном окне программы (рисунок 3.3). Возможные системы координат (СК), описания их параметров и параметров связей между СК представлены в открытом для изменений служебном файле *CooTransf.ini*, являющемся неотъемлемой частью программы.

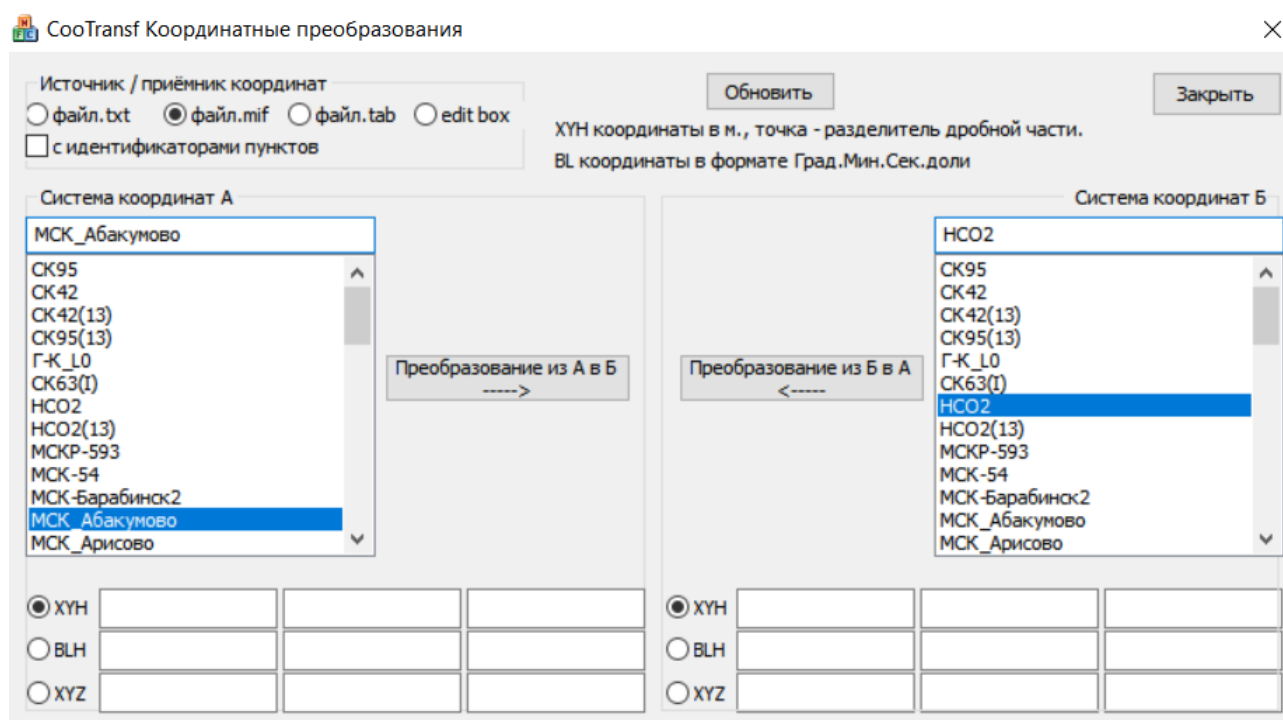


Рисунок 3.3 – Преобразование из МСК НП (с. Абакумово) в единую местную систему координат Новосибирской области, основанную на СК-95 (МСК HCO), зона 2 (HCO2), в ПО *CooTransf*

Как видно из интерфейса программы (см. рисунок 3.3), в качестве входных данных здесь могут быть использованы (наряду с ручным вводом с клавиатуры и вводом файлов в текстовом формате) данные в электронных форматах, используемых в АИС ГКН – MIF/MID и *.TAB. Формат выходных данных в ПО принят по умолчанию совпадающим с входным форматом. Безусловно, в ПО *CooTransf*, разработанном в качестве специализированного технического решения для достижения задач разрабатываемой технологии, реализованы все возможности, требуемые для осуществления преобразования пространственных данных между различными

системами координат. Такими возможностями ПО CooTransf являются: использование в процессе координатных преобразований ЦМДК; представление координат на входе/выходе в трех их возможных видах – В, L, Н; X, Y, Z; x, y; преобразование в направлениях прямо/обратно на любом из этапов цепочки МСК-NN_42/МСК НП ↔ СК-42 ↔ СК-95 ↔ МСК-NN_95; неограниченная возможность самостоятельного описания пользователем всех необходимых, используемых в координатных преобразованиях систем координат, их элементов, связей между системами координат; преобразование между МСК-NN_42/МСК НП и СК-42, между СК-95 и МСК-NN_95 с использованием любых типов официально установленных параметров перехода между ними, включая применение углов поворота, применение ненулевой поверхности относимости и т. д.

Также в процессе разработки ПО и верификации параметров перехода между МСК-NN_42/МСК НП и СК-42 осуществлялся подбор и выверка алгоритмов преобразования координат из числа известных формул высшей геодезии, а также проверялась точность получаемых по ним результатов. С этой целью были исследованы источники [8, 20, 23, 27, 30, 74, 91, 93, 94, 104, 110, 179, 186, 190, 192], предлагающие общие формулы сфероидической геодезии, а также результаты исследований [7–19, 6, 21, 22, 189, 105, 188]. Фактически для программирования в ПО Cootransf были использованы преимущественно алгоритмы из следующих источников [8, 48, 53, 104].

Заложенные в ПО CooTransf алгоритмы, а также их источники приведены ниже.

Пересчет геодезических координат В, L в плоские координаты x, y в проекции Гаусса–Крюгера (эллипсоид Красовского) осуществляется по следующим формулам из ГОСТ 32453-2017 [48]:

$$\begin{aligned}
 x = & 6\,367\,558,496\,8B - \sin 2B (16\,002,890\,0 + 66,960\,7\sin^2 B + 0,351\,5\sin^4 B - \\
 & - l^2(1\,594\,561,25 + 5\,336,535\sin^2 B + 26,790\sin^4 B + 0,149\sin^6 B + \\
 & + l^2(672\,483,4 - 811\,219,9\sin^2 B + 5\,420,0\sin^4 B - 10,6\sin^6 B + \\
 & + l^2(278\,194 - 83\,0174\sin^2 B + 572\,434\sin^4 B - 16\,010\sin^6 B + \\
 & + l^2(109\,500 - 574\,700\sin^2 B + 863\,700\sin^4 B - 398\,600\sin^6 B))))), \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y = & (5 + 10n) \cdot 10^5 + l \cos B (6\,378\,245 + 21\,346,141\,5 \sin^2 B + 107,159\,0 \sin^4 B + \\
& + 0,597\,7 \sin^6 B + l^2 (1\,070\,204,16 - 2\,136\,826,66 \sin^2 B + 17,98 \sin^4 B - 11,99 \sin^6 B + \\
& + l^2 (270\,806 - 1\,523\,417 \sin^2 B + 1\,327\,645 \sin^4 B - 21\,701 \sin^6 B + \\
& + l^2 (79\,690 - 866\,190 \sin^2 B + 1\,730\,360 \sin^4 B - 945\,460 \sin^6 B))) ,
\end{aligned} \quad (3.2)$$

где x, y – плоские прямоугольные координаты (абсцисса и ордината) определяемой точки в проекции Гаусса–Крюгера, м;

B – геодезическая широта определяемой точки, рад;

l – расстояние от определяемой точки до осевого меридиана зоны, выраженное в радианной мере и вычисляемое по формуле

$$l = \{L - [3 + 6(n - 1)]\} / 57,295\,779\,51, \quad (3.3)$$

где L – геодезическая долгота определяемой точки, °;

n – номер шестиградусной зоны в проекции Гаусса – Крюгера, вычисляемый по формуле

$$n = E[(6 + L)/6], \quad (3.4)$$

где $E[\dots]$ – целая часть выражения, заключенного в квадратные скобки.

Вышеуказанные формулы обеспечивают точность преобразования координат не хуже 0,001 м.

Обратное преобразование из плоской прямоугольной системы координат в систему криволинейных геодезических координат на эллипсоиде Красовского осуществляется по следующим формулам из ГОСТ 32453-2017 [48]:

$$B = B_0 + \Delta B, \quad (3.5)$$

$$L = 6 \cdot (n - 0,5) / 57,295\,779\,51, \quad (3.6)$$

где B, L – геодезические широта и долгота определяемой точки, рад;

B_0 – геодезическая широта точки, абсцисса которой равна абсциссе x определяемой точки, а ордината равна нулю, рад;

n – номер шестиградусной зоны в проекции Гаусса–Крюгера, вычисляемый по формуле

$$n = E[y \cdot 10^{-6}], \quad (3.7)$$

где $E[\dots]$ – целая часть выражения, заключенного в квадратные скобки;

y – ордината определяемой точки в проекции Гаусса–Крюгера, м.

Значения B_0 , ΔB и l вычисляются по следующим формулам:

$$B_0 = \beta + \sin 2\beta(0,002\,525\,886\,85 - 0,000\,014\,918\,60\sin 2\beta + \\ + 0,000\,000\,119\,04\sin 4\beta), \quad (3.8)$$

$$\Delta B = -z_0^2 \sin 2B_0(0,251\,684\,631 - 0,003\,369\,263\sin^2 B_0 + 0,000\,011\,276\sin^4 B_0 - \\ - z_0^2(0,105\,006\,14 - 0,045\,599\,16\sin^2 B_0 + 0,002\,289\,01\sin^4 B_0 - \\ - 0,000\,029\,87\sin^6 B_0 - z_0^2(0,042\,858 - 0,025\,318\sin^2 B_0 + 0,014\,346\sin^4 B_0 - \\ - 0,001\,264\sin^6 B_0 - z_0^2(0,016\,72 - 0,006\,30\sin^2 B_0 + \\ + 0,011\,88\sin^4 B_0 - 0,003\,28\sin^6 B_0))))), \quad (3.9)$$

$$l = z_0(1 - 0,003\,346\,710\,8\sin^2 B_0 - 0,000\,005\,600\,2\sin^4 B_0 - 0,000\,000\,018\,7\sin^6 B_0 - \\ - z_0^2(0,167\,789\,75 + 0,162\,735\,86\sin^2 B_0 - 0,000\,524\,90\sin^4 B_0 - 0,000\,008\,46\sin^6 B_0 - \\ - z_0^2(0,042\,002\,5 + 0,148\,740\,7\sin^2 B_0 + 0,005\,942\,0\sin^4 B_0 - 0,000\,015\,0\sin^6 B_0 - \\ - z_0^2(0,012\,25 + 0,094\,77\sin^2 B_0 + 0,032\,82\sin^4 B_0 - 0,000\,34\sin^6 B_0 - \\ - z_0^2(0,003\,8 + 0,052\,4\sin^2 B_0 + 0,048\,2\sin^4 B_0 + 0,003\,2\sin^6 B_0))))), \quad (3.10)$$

где β – вспомогательная величина, вычисляемая по формуле

$$\beta = x/6367558,4968;$$

z_0 – вспомогательная величина, вычисляемая по формуле

$$z_0 = (y - (10n + 5) \cdot 106) / (6\,378\,245 \cos B_0),$$

где x , y – абсцисса и ордината определяемой точки в проекции Гаусса – Крюгера.

Геодезические (эллипсоидальные) координаты B, L вычисляются по пространственным прямоугольным координатам X, Y, Z по формулам (2)–(19) ГОСТ 32453-2017 [48].

Обратное преобразование из геодезических (эллипсоидальных) координат B, L в пространственные прямоугольные координаты X, Y, Z в местной системе координат выполняется по формулам (1)–(3) ГОСТ 32453-2017 [48].

Таким образом, используемые в проекциях поверхности относимости и их параметры, описание ГСК и параметров связи между ними, описание СК с указанием отличия элементов их картографических проекций от ГСК (положение осевого меридиана, начало МСК в местной и государственной системах координат, угол поворота и т. д.), требуемые для осуществления координатных преобразований в ПО `CooTransf`, описываются в специализированном служебном файле `CooTransf.ini`, легко доступном пользователю для редактирования. Пример страниц файла `CooTransf.ini` приведен в Приложении А.

Сами же алгоритмы преобразований, взятые, как показано ранее, из надежных источников и обеспечивающие требуемую точность вычислений координат (1 мм), выверенные и протестированные, жестко прописаны в теле программы и не подлежат изменению пользователем.

Как было сказано ранее, файлы регулярных матриц поправок для координатных осей x, y готовятся во внешнем по отношению к ПО `CooTransf` программном обеспечении и предоставляются ему на входе в виде текстовых файлов, содержащих координаты центров всех пикселей матриц и значения поправок для перехода от СК-42 к СК-95 в каждом пикселе. Всего на субъект Российской Федерации готовятся $2 \cdot N$ матриц, где N – количество шестиградусных зон СК-95, покрывающих территорию региона. После импорта в ПО `CooTransf` файлы матриц поправок в бинарном виде хранятся в директории, содержащей исполняемый файл ПО, и вызываются программой в процессе ее работы.

Таким образом, ПО `CooTransf`, как одно из ключевых технических решений в разрабатываемой технологии построения ЕВКП субъекта РФ, решает в ней все основные задачи: по подготовке описаний необходимых СК и параметров связи

между ними; по осуществлению координатных преобразований как в целом по цепочке МСК-NN_42/МСК НП ↔ СК-42 ↔ СК-95 ↔ МСК_NN_95, так и на отдельных ее этапах, используя при этом ЦМДК на переходе между СК42 и СК95; по взаимодействию с ПО GeoOper в процессе контроля изменений метрических параметров объектов в результате пересчета.

При этом ПО удобно в работе, сопровождается руководством пользователя, обладает интуитивно понятным интерфейсом. Так, например, из настроек интерфейса ПО CooTransf, приведенного на рисунке 3.3, наглядно видно, что предполагается преобразование из МСК с. Абакумово, образованной от СК-42 (окно слева, выделено цветом) в зону 2 единой местной системы координат Новосибирской области, основанной на СК-95 (НСО2, выделено цветом в окне справа).

3.1.3 Построение цифровых моделей деформации координат

Основным источником информации о координатах пунктов ГГС 1-4 классов на территорию субъекта Российской Федерации для построения цифровых моделей деформации координат целесообразно использовать электронный банк данных о пунктах государственной геодезической сети «Геобанк». В этом банке содержится вся необходимая информация о пунктах ГГС, в том числе их координаты в системах координат СК-42 и СК-95. Электронный формат представления данных о координатах пунктов ГГС в этом случае является удобным для выполнения всей технологической работы по созданию ЦМДК в СК-42 относительно СК-95 с использованием ПО ГИС.

В рамках настоящих исследований для этих целей использовалось ПО ГИС GeoMedia Professional [195] и «ГИС-Панорама» [41]. В связи с тем, что разрабатываемая и исследуемая в рамках настоящей работы технология создания ЕВКП субъекта РФ предназначалась для ее апробации и, в случае успешного ее прохождения, и для практического применения на территории Новосибирской области, работы по исследованию технологии в части построения ЦМДК осуществлялись на территорию этого региона. Последовательность работ при этом была следующая.

В ПО ГИС GeoMedia Professional была загружена в векторном виде граница Новосибирской области, а также слой пунктов ГГС 1-4 классов, в соответствии с рекомендациями [176] перекрывающий территорию области не менее чем на два ряда треугольников сети ГГС. Схема пунктов ГГС 1-4 классов, использованных для построения цифровых моделей деформаций координат на территории Новосибирской области, приведена ранее на рисунке 2.10.

Затем стандартными средствами ПО GeoMedia для всех n пунктов ГГС, участвующих в построении ЦМДК, были вычислены разности координат:

$$Dx_j = x_{95j} - x_{42j}; \quad Dy_j = y_{95j} - y_{42j}, \quad (3.11)$$

где x_{95j} , y_{95j} – абсцисса и ордината пункта ГГС в СК-95;

x_{42j} , y_{42j} – абсцисса и ордината пункта ГГС в СК-42;

j – текущий номер пункта ГГС, участвующего в построении моделей деформаций координат ($j = 1, 2, \dots, n$).

Полученный таким образом Список пунктов экспортируется из ПО GeoMedia Professional в виде таблицы Excel, содержащей необходимую информацию для построения ЦМДК: координаты пунктов ГГС и разность координат по осям Dx , Dy для каждого пункта.

В качестве ПО ГИС, в котором осуществлялось построение цифровых моделей деформаций координат, в исследованиях использована ПО «ГИС-Панорама». Данное ПО является отечественной геоинформационной программой, обладает необходимым инструментарием для построения матриц любых величин по точечным значениям исследуемых полей (матрицы рельефа, матрицы крутизны склонов и т. д.). Полученный ранее список пунктов ГГС геокодируется в программном обеспечении «ГИС-Панорама» по их координатам, и, с использованием стандартного инструментария этого ПО, по точечным значениям разности координат (Dx , Dy) в месте расположения пунктов ГГС строятся две матрицы разностей координат, которые фактически и являются ЦМДК СК-42 по отношению к СК-95.

Стандартными инструментами ПО «ГИС-Панорама» цифровые модели деформаций координат СК-42 относительно СК-95 были представлены в виде двух

наглядных матриц деформаций, в которых каждый пиксел, имеющий фиксированное значение разности координат, имеет уникальный цвет. Такая цифровая модель деформаций, визуализированная в наглядном виде, позволяет оценить степень неоднородности полей деформаций координат по каждой из осей координат, что делает возможным выявить резко выраженные деформации (аномалии деформаций), проанализировать причины их появления и, при необходимости, принять меры по устранению таких аномалий. В случае принятия решения об удалении некоторых пунктов ГГС из построения моделей, модель по каждой из осей координат строится заново до полного устранения всех выявленных аномалий.

Вышеуказанным образом на территорию Новосибирской области в рамках исследований разрабатываемой технологии средствами ПО «ГИС-Панорама» было построено шесть цифровых моделей деформаций координат: по две (по осям x , y) на каждую из покрывающих регион шестиградусных координатных зон СК-95 (№ 13, 14, 15). После устранения в моделях деформаций координат аномалий, последние версии ЦМДК фактически можно рассматривать как цифровые модели поправок координат (ЦМПК) для перехода из СК-42 к СК-95

Путем экспорта из ПО «ГИС-Панорама» цифровые матрицы поправок были сохранены в виде текстовых файлов, которые, будучи импортированными в ПО для координатных преобразований CooTransf и преобразованными во внутренний бинарный формат этого ПО, служили источником поправок Δx_i , Δy_i для пересчета координат из СК-42 в СК-95 по формуле:

$$x_{95} = x_{42} + \Delta x_i, \quad y_{95} = y_{42} + \Delta y_i, \quad (3.12)$$

где Δx_i , Δy_i – поправки в координаты в СК-42 для их преобразования в СК-95 в i -м пикселе цифровых матриц деформаций координат по соответствующим осям координат;

x_{42} , y_{42} – координаты произвольных точек в СК-42, попадающих (по своим координатам в СК-42) на ячейку матриц поправок с номером i ;

x_{95} , y_{95} – координаты произвольных точек в СК-95, вычисленных на основе их координат в СК-42 и поправок, снятых с ячейки с номером i матриц поправок;

i – текущий номер ячейки матриц поправок ($i = 1, 2, \dots, k$) по каждой из осей координат;

k – общее количество ячеек в регулярной матрице поправок по каждой из осей координат.

При этом для текущей точки P в СК-42, попадающей географически (по координатам) на соответствующую ячейку матрицы, в ПО CooTransf автоматизированно считываются поправки для перехода от СК-42 к СК-95 и вычисляются координаты в СК-95 по формуле:

$$x_{95_P} = x_{42_P} + \Delta x_P, \quad y_{95_P} = y_{42_P} + \Delta y_P, \quad (3.13)$$

где x_{42_P}, y_{42_P} – координаты точки P в СК-42;

$\Delta x_P, \Delta y_P$ – поправки в координаты точки P в системе координат СК-42 по осям x, y для преобразования их в СК-95, полученные из цифровых моделей поправок координат;

x_{95_P}, y_{95_P} – координаты точки P , преобразованные из СК-42 в СК-95 с использованием цифровых моделей поправок в координаты СК-42 для перехода к СК-95.

С учетом ранее выработанных в работе методических рекомендаций, размер ячеек матриц деформаций координат в Новосибирской области выбран равным 200 м. Общий вид матриц деформаций координат в СК-42 относительно СК-95, построенных в целом для территории Новосибирской области по осям абсцисс и ординат, в их визуализированном представлении показан на рисунках 2.8, 2.9.

Как видно из этих матриц, система координат 1942 года по отношению к системе координат 1995 года на территории Новосибирской области имеет существенно неоднородные деформации, имеющие нелинейный характер, что делает невозможным их описание строгими математическими зависимостями.

В то же время метод ЦМДК, примененный в разрабатываемой технологии, в отличие от известных решений [187] позволяет с большой точностью решить задачу учета деформаций одной СК (СК-42) по сравнению с другой – СК-95. Этот

метод позволяет не использовать усредненные (а значит заранее в известной степени ошибочные) значения разностей координат, вычисленные для некоторых объектов административно-территориального или кадастрового деления, а фактически учесть значение деформации координат текущей точки между двумя системами координат в месте ее расположения.

С учетом вышесказанного, любой объект, пересчет координат которого осуществляется из СК-42 в СК-95 (равно как и из МСК-NN_42 в МСК_NN_95), попадая каждой характерной точкой своей границы на различные ячейки в цифровой матрице деформаций, получает уникальные значения поправок для каждой точки границы, что делает механизм его преобразования между этими системами координат гибким, эластичным и точным. При таком виде координатного преобразования метрика объекта претерпевает два вида изменений: она в целом смещается и трансформируется в пространстве в связи с изменением проекции выходной системы координат по сравнению с исходной в выбранном координатном преобразовании; за счет уникальных поправок в каждую точку своей границы она эластично изменяется, избавляясь от деформаций исходной негомогенной системы координат 1942 года (полностью присутствующих и в МСК_42) и обретая неискаженный облик в однородной и точной системе координат 1995 г. (а также в МСК_NN_95).

3.1.4 Инвентаризация и верификация параметров перехода между МСК и ГСК

Формирование корректной базы данных о всех местных системах координат, используемых на территории региона, является важным этапом в технологии построения ЕВКП субъекта Российской Федерации.

В процессе подготовки к исследованию, а также производственному применению разрабатываемой технологии на территории Новосибирской области, с личным участием автора были собраны сведения о всех МСК, применяемых в регионе для ведения государственного кадастра недвижимости. Именно на этом виде пространственных данных отрабатывалась методология и технология.

Последовательность работ по формированию электронной базы данных параметров связи местных и условных систем координат (УСК), используемых на территории Новосибирской области для ведения АИС ГКН, с ГСК, изложена ниже.

1 Проведена полная инвентаризация всех МСК и УСК, в которых велся АИС ГКН на территорию Новосибирской области. Основная информация о применяемых на территории региона МСК и УСК была получена из филиала Федеральной кадастровой палаты по Новосибирской области с указанием территорий, в отношении которых они применяются, а также выгрузки из АИС ГКН (в качестве примера) на зону действия каждой МСК НП и МСК-NN_42. Результатом инвентаризации является Перечень из 206 МСК, использовавшихся на территории Новосибирской области для ведения АИС ГКН по состоянию на 01.01.2013 г. с указанием зоны их действия (Приложение Б). Кроме того, для ведения ГКН на территории области (вне населенных пунктов) использовались местные системы координат кадастровых районов (МСКР), установленные на основе МСК-54 (МСК-NN_42, базирующаяся на СК-42), параметры которых утверждены приказом Комитета по управлению земельными ресурсам Новосибирской области в 2002 г. Сведения об этих МСКР приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень МСКР, действующих на территории НСО

Наименование МСКР	Наименование муниципального района, городского округа
МСКР-593	Баганский район Барабинский район Карасукский район Краснозерский район Купинский район
МСКР-594	Кочковский район Ордынский район
МСКР-595	Маслянинский район Сузунский район Черепановский район
МСКР-602	Татарский район Усть-Таркский район

Наименование МСКР	Наименование муниципального района, городского округа
МСКР-603	Венгеровский район Здвинский район Куйбышевский район Кыштовский район Северный район Чановский район Чистоозерный район
МСКР-604	Доволенский район Каргатский район Коченевский район Убинский район Чулымский район
МСКР-605	Болотнинский район Искитимский район Колыванский район Мошковский район Новосибирский район Тогучинский район

Таким образом для ведения АИС ГКН на территории Новосибирской области использовалось 214 МСК НП, основанных на системе координат 1942 года.

2 Проведен сбор и инвентаризация всех параметров перехода от МСК НП и МСК-NN_42 (МСК-54) к государственной системой координат СК-42, имеющихся на территорию Новосибирской области, в Федеральном фонде пространственных данных, ФГБУ «Центр геодезии и картографии и ИПД» и его региональных филиалах, соответствующих подразделениях территориального управления Росреестра в субъекте, в подразделениях Министерства строительства Новосибирской области, осуществляющих сбор и систематизацию материалов геодезических и картографических работ. В процессе этих работ осуществлялось сопоставление МСК, используемых в АИС ГКН, с МСК НП, параметры связи которых с СК-42 собраны, и определен перечень условных систем координат, требующих определения параметров связи с ГСК. В результате установлено, что из числа всех МСК,

используемых для ведения АИС ГКН на территории региона, не имеют строгих параметров перехода к ГСК 17 МСК, и они являются по сути условными системами координат.

Перечень условных систем координат (УСК), используемых для ведения ГКН на территории Новосибирской области, в отношении которых отсутствуют параметры перехода к ГСК, приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Перечень УСК, у которых отсутствуют параметры перехода к ГСК

Наименование муниципального района, городского округа	Наименование МСК (УСК)
Барабинский район	Местная система г. Барабинск
Искитимский район	Местная система с/о Санаторный
	Местная система д. Лебедевка
Коченёвский район	Местная п. Александровский
	Местная система д. Малый Чик
	Местная система с. Прокудское
	Местная система с. Катково
	Местная система рп. Чик
	Местная система д. Крохалевка
Кочковский район	Местная система с. Новоцелинное
	Местная система с. Красная Сибирь
Купинский район	Условная система КК 54:15:010905
Кыштовский район	Местная система с. Кыштовка
Тогучинский район	Местная система д. Мезениха
	Местная система п. Петуховка
	Местная система оп. Мезениха
	Условная система КК 54:24:032301 (с/т Автотранс)

3 Осуществлён сбор исходных данных, необходимых для выполнения работ по верификации всех собранных параметров перехода от МСК к СК-42 и картометрической верификации результатов координатных преобразований, включая каталоги координат пунктов ГГС и сетей сгущения 1, 2 разряда на зону действия каждой МСК НП (от двух до восьми, в зависимости от площади зоны действия МСК), технические отчеты по топографо-геодезическим работам, выполненным при установлении МСК, справки и положения об установлении местных систем координат,

крупномасштабные топографические планы, ортофотопланы, полная выгрузка из АИС ГКН на территорию Новосибирской области, иные картографические материалы, содержащиеся в государственном фонде данных, полученных в результате проведения землеустройства на территории Новосибирской области.

4 Верификация МСК осуществлялась с целью проверки правильности перехода от МСК к СК-42 и оценки точности преобразования с их использованием координат точек и объектов местности из МСК НП в эту ГСК.

Проверка перехода от МСК к СК-42 по всем МСК осуществлялась следующими способами:

а) из каталогов в МСК НП и в СК-42 выбирались координаты 1–8 геодезических пунктов 1–4 классов или геодезических сетей сгущения 1–2 разрядов, которые, с использованием ключей тестируемой МСК, пересчитывались из СК-42 в МСК НП. Результаты пересчета сравнивались с эталонными значениями координат пунктов в каталоге координат в МСК НП. Приемлемой погрешностью пересчета считалась величина в ≤ 10 см.

В случае расхождения координат пунктов ГГС или геодезических сетей сгущения, полученных путем пересчета из СК-42 в МСК НП по тестируемым параметрам пересчета и сравнением полученного результата с эталонными значениями координат этих же пунктов в МСК НП, помещенных в соответствующие каталоги координат этих пунктов в данных МСК, на величину свыше 10 см проводился анализ возможных причин. По итогам анализа принималось одно из следующих решений:

- исключение данного пункта из тестового набора пунктов, используемых для пробного пересчета (расхождение возможно из-за предполагаемой перезакладки центра пункта при последующих работах и т. д.);

- при расхождении до 20 см на отдельных пунктах верификация данной МСК считалась успешной, если в качестве тестовых пунктов использовались пункты геодезических сгущений (при определении их координат в МСК НП, помещенных в каталоги координат в МСК НП, данные пункты являлись определяемыми в ходах

полигонометрии 1-2 разряда, вследствие чего точность их координат сопоставима с полученной величиной расхождений).

Во всех случаях, когда по итогам верификации точность МСК была получена хуже, чем 10 см, верификация МСК проводилась дополнительно путем проверки по ортофотопланам;

б) в случае отсутствия необходимых каталогов координат проверка параметров МСК НП осуществлялась путем пересчета объектов ГКН с последующим наложением результатов на ортофотопланы масштаба 1 : 2 000. Критерием качества (точности) проверяемых параметров МСК являлось совпадение в МСК НСО (МСК_NN_95) в пределах графической точности ортофотоплана объектов ГКН, полученных путем пересчета с использованием тестируемых параметров из МСК в МСК НСО, и их изображения на ортофотоплане.

5 Из всех 201 местных систем координат, подвергшихся верификации, 194 МСК проверены путем пробного пересчета 1–4 пунктов государственной геодезической сети или геодезических сетей сгущения 1–2 разрядов из СК-42 в МСК НП и сравнением полученного результата с эталонными значениями координат этих же пунктов в МСК НП, помещенных в соответствующие каталоги координат этих пунктов в данных МСК НП. Расхождение вычисленных по параметрам МСК и эталонных (каталожных) значений координат пунктов не превысили для всех проверенных МСК 10 см.

6 МСК, каталоги координат пунктов ГГС и сетей сгущения в которых отсутствуют, проверены путем пересчета объектов ГКН на территорию соответствующего кадастрового района Новосибирской области из МСК в МСК НСО с последующим наложением полученного результата на ортофотопланы масштаба 1 : 2 000, созданные в этой системе координат. Критерием качества (точности) проверяемых параметров МСК в этом случае являлось совпадение в МСК НСО в пределах графической точности ортофотоплана объектов ГКН, полученных путем пересчета с использованием тестируемых параметров из МСК в МСК НСО, и их изображения на ортофотоплане.

Всего в процессе верификации были обнаружены факты (не менее 30 случаев) некорректного указания параметров МСК в выписках по ним из ФФПД, которые были устранены путем анализа дополнительных материалов (технические отчеты

по различным топографическим и геодезическим объектам в этих МСК) и уточнения их истинных значений.

7 Осуществлено определение параметров связи УСК и СК-42 для 17 условных систем координат.

При этом, для 7 МСК из 17, указанных в таблице 3.3, параметры которых не были найдены в процессе инвентаризации систем координат, в результате детального анализа топографо-геодезических и картографических материалов прошлых лет удалось установить, что в них применяются те же параметры, что и для МСК других населенных пунктов или МСКР. Перечень таких МСК, в которых применяются параметры, используемые для МСК других населенных пунктов или МСКР, приведён в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Перечень МСК, в которых применяются параметры, используемые для МСК других населенных пунктов или МСКР

Наименование муниципального района, городского округа	Наименование МСК (УСК)	Применены параметры МСК (МСКР)
Искитимский район	Местная система с/о Санаторный	МСК п. Санаторный
Искитимский район	Местная система д. Лебедевка	МСК г. Искитим
Коченёвский район	Местная п. Александровский	МСКР-604
Кочковский район	Местная система с. Новоцелинное	МСК с. Кочки
Кочковский район	Местная система с. Красная Сибирь	МСК с. Кочки
Купинский район	Условная система КК 54:15:010905	МСК г. Купино
Тогучинский район	Местная система д. Мезениха	МСКР-605

Определение параметров перехода к ГСК для всех оставшихся условных систем координат, приведенных в таблице 3.3, выполнено с привлечением топографо-геодезических и картографических материалов прошлых лет (ортофотопланы, созданные по материалам аэрофотосъемки 2003 г. в МСКР-605 и по материалам космической

съемки 2010 г. в МСК НСО, технические отчеты по выносу и закреплению на местности земель населенных пунктов 1994 г. и т. п.), а также с использованием метрического описания зарегистрированных в ГКН кадастровых кварталов и земельных участков на основе набора координат идентичных точек местности, полученных в системах координат, между которыми устанавливалась зависимость.

Определенные параметры связи УСК с ГСК проконтролированы путем пересчета объектов ГКН на территорию соответствующего кадастрового района Новосибирской области из УСК в МСК НСО с последующим наложением полученного результата на ортофотопланы масштаба 1 : 2 000, созданные в МСК НСО. Оценкой точности восстановленных параметров УСК являлось совпадение в МСК НСО в пределах графической точности ортофотоплана объектов ГКН, полученных путем пересчета с использованием тестируемых параметров из МСК НП в МСК НСО, и их изображения на ортофотоплане.

8 Сведения, входящие в состав параметров перехода от МСК НП к ГСК, преобразованы из бумажного в цифровой вид и осуществлено формирование полной электронной базы данных параметров перехода от МСК и УСК, используемых на территории Новосибирской области, к СК-42.

Всего в базу данных были введены параметры перехода от 209 МСК к СК-42 следующих типов, приведенные в таблицах 3.5–3.11.

Таблица 3.5 – Структура МСК_42 типа А

Осевой меридиан 1-й зоны: градусы, минуты, секунды	Ширина зоны, градусы	ΔX , м	ΔY , м
Значение параметра: долгота центрального меридиана 1 зоны МСК	Значение параметра: ширина зоны района работ в градусах	Значение параметра: смещение по оси абсцисс в метрах	Значение параметра: смещение по оси ординат в метрах

Таблица 3.6 – Структура МСК_42 типа В

Номер кадастрового района	Сокращенное наименование района	Наименование кадастрового района	Номер зоны СК63	ΔX , м	ΔY , м
В виде, принятом комитетом по земельным ресурсам и землеустройству по Новосибирской области	В виде, принятом комитетом по земельным ресурсам и землеустройству по Новосибирской области	В виде, принятом комитетом по земельным ресурсам и землеустройству по Новосибирской области	Номер зоны СК 1963 г., в которой находится кадастровый район	Смещение по оси абсцисс от координаты X в СК63	Смещение по оси ординат от координаты Y в СК63

Таблица 3.7 – Структура МСК_42 типа С

Наименование НП	Координаты начального пункта в СК - 42, м		Координаты начального пункта в МСК, м		Осевой меридиан, градусы, минуты, секунды	Высота поверхности относимости, м
	X	Y	x	y		
Наименование населенного пункта, на территории которого действует система координат	Координаты геодезического пункта, на основе которого образована система координат, в СК-42		Координаты геодезического пункта, на основе которого образована система координат, в МСК_42		Долгота центрального меридиана, относительно которого образована система координат	Высота поверхности относимости МСК в метрах

Таблица 3.8 – Структура МСК_42 типа D

Наименование НП	Координаты начальной точки поворота, м		Смещение, м		Угол поворота	Масштабный коэффициент, м
	X	Y	x	y		
Наименование населенного пункта, на территории которого действует система координат	Координаты точки, относительно которой осуществлен поворот системы координат		Величины смещения координат точек по осям абсцисс и ординат от начальной точки		Угол поворота координат точек относительно начальной точки	Коэффициент масштабирования координат при переходе от СК-42 к МСК_42

Таблица 3.9 – Структура МСК_42 типа Е

Наименование НП	Сокращенное наименование района	Номер зоны СК63	ΔX , м	ΔY , м
Наименование населенного пункта, на территории которого действует система координат	Сокращенное наименование района работ	Номер зоны системы координат 1963 г., в которой находится район	Смещение по оси абсцисс от координаты X в СК63	Смещение по оси ординат от координаты Y в СК63

Таблица 3.10 – Структура МСК_42 типа F

Наименование НП	Ключи перехода $x = C + A * X + B * Y$ $y = F + D * X + E * Y$					
Наименование населенного пункта, на территории которого действует система координат	A	B	C	D	E	F
	A, B, C D, E, F – коэффициенты аффинного преобразования перехода от координат СК–42 (X, Y) к координатам МСК 42 (x, y) и обратно					

Таблица 3.11 – Структура МСК_42 типа G

Наименование НП	ΔX , м	ΔY , м	Осевой меридиан, градусы, минуты
Наименование населенного пункта, на территории которого действует система координат	Смещение начальной точки системы координат по оси абсцисс от экватора	Смещение начальной точки системы координат по оси ординат от осевого меридиана	Долгота центрального меридиана системы координат

Сформированная таким образом электронная база данных параметров перехода из МСК НП, используемых на территории Новосибирской области для ведения АИС ГКН (МСК НП), в СК-42, включающая в себя 209 МСК НП 7 типов, была использована в ПО координатных преобразований CooTransf с целью исследования

разработанной технологии на территории одного из районов Новосибирской области, а также для ее производственного применения на территории всего региона.

Безусловно, разработка отдельных технических и технологических решений, обеспечивающих практическую реализацию технологии построения ЕВКП субъекта РФ на основе СК-95, сопровождалась составлением руководящих технических документов по соответствующим элементам технологии. Так, под руководством и при личном участии автора в организации, где была разработана технология (ОАО «Сибгеоинформ») были созданы: руководство по работе с ПО CooTransf, с ПО GeoOper, технические указания по составлению ЦМДК, указания по осуществлению верификаций МСК, которые входили в единый комплекс технических и технологических решений технологии построения ЕВКП субъекта РФ.

3.1.5 Контроль и верификация результатов координатных преобразований

Блок контроля и верификации результатов координатных преобразований в технологии построения ЕВКП предназначен для обеспечения гарантий качественного (точного) пересчета координатного описания ПД и исключения случайных и/или грубых ошибок, которые все еще могут присутствовать (после осуществления всех ранее проведенных проверок и контролей, в том числе верификации ключей МСК НП и их параметров) на конечном этапе пересчета за счет ошибок исходных данных (неверное указание МСК НП для файлов, выгруженных из АИС ГКН) или ошибок оператора (ошибочное указание входной/выходной системы координат в ПО CooTransf в отношении входных данных). Техническое решение по обеспечению контроля отсутствия грубых ошибок в конечных результатах координатных преобразований и их точности в технологии осуществлено двумя методами: контроль за изменением метрических параметров объектов в результате пересчета; картометрическая верификация результатов координатных преобразований.

Как было показано ранее, изменение метрических параметров объектов (протяженность, площадь, периметр) в результате пересчета из МСК НП в МСК НСО является хорошо прогнозируемой и точно вычисляемой величиной. Поэтому ано-

мальное изменение относительных (а иногда, при значительных изменениях, и абсолютных) размеров некоторых объектов может свидетельствовать об ошибках при вычислении. Данные ошибки могут возникнуть, например, на стыке координатных зон в случае, если объект их пересекает. Осуществление контроля изменений метрических параметров объектов в технологии осуществляется с помощью компьютерной программы GeoOper (далее – ПО GeoOper, GeoOper). Ранее данное ПО было разработано и успешно использовано для определения формы и размеров территории РФ по цифровым топографическим картам [46, 138, 150, 151].

В рамках настоящей работы данное ПО было сопряжено с ПО CooTransf для осуществления координатных преобразований и выполняет функцию контроля за изменением метрических параметров объектов (протяженность, площадь, периметр) в результате пересчета из МСК НП в МСК НСО. По итогам автоматизированного анализа изменения координат ПО GeoOper предоставляет пользователю всю информацию об изменении площади/периметра (для площадных объектов) и протяженности (для линейных объектов), а также о фактах аномального изменения (в пределах установленного критерия аномальности) метрических параметров объектов в результате пересчета, с указанием идентификаторов таких аномальных объектов и фактических данных об изменении их размеров.

Осуществление картометрической верификации результатов координатных преобразований в технологии предусмотрено путем наложения результатов пересчета объектов ГКН из МСК НП в единую МСК НСО на имеющиеся картографические материалы. В качестве контрольных картографических материалов могут быть использованы следующие материалы, имеющиеся на район работ: данные из АИС ГКН, уже пересчитанные в единую МСК субъекта РФ – МСК_NN_95; ортофотопланы крупных масштабов; данные топографических съемок; иные картографические материалы. В случае несовпадения систем координат исходных картографических материалов и объектов ГКН, последние средствами разработанных в рамках настоящих исследований ПО для координатных преобразований или иными ПО ГИС (в зависимости от системы координат исходного картографического материала и формата его электронного представления, например, ПО MapInfo

Professional [196], т. к. результаты пересчета представлены в обменном формате этого ПО) могут быть приведены к единой системе координат.

Критерием качества пересчета, определяемого в процессе картометрической верификации, должно служить совпадение пересчитанных границ объектов недвижимости с их изображением на картографическом материале (в пределах графической точности такого картографического материала).

3.1.6 Реализация технологии на примере Черепановского района Новосибирской области

Реализация теоретических и методологических решений, а также технологии создания ЕВКП субъекта РФ на «Переходе типа I» осуществлена с целью проверки ее применимости на практике. В качестве вида ПД, на примере которого проводилась реализация, были выбраны объекты недвижимости, содержащиеся в АИС ГКН на территорию Черепановского района Новосибирской области. Причина выбора этого района заключается в том, что количество работы по преобразованию ПД в нем больше типичного района Новосибирской области, что позволяет проверить технологию по основным ее параметрам в достаточном объеме: местные системы координат здесь имеются как созданные в отношении населенных пунктов (МСК НП), так и в отношении межселенной территории (МСКР-595); всего количество МСК в районе составляет 30, что больше чем в среднем по остальным муниципальным районам области (всего 224 МСК на 30 районов); объекты недвижимости содержатся во всех категориях земель.

В реализации разработки приняли участие: территориальное управление Росреестра по Новосибирской области – организатор и куратор проекта; филиал по Новосибирской области ФГБУ «Федеральная кадастровая палата» Росреестра (далее – ФКП Росреестра, ФКП), осуществляющий полномочия по ведению кадастра недвижимости и АИС ГКН на территории региона – потребитель технологии; ФГБОУ СГУГиТ – научная площадка для обсуждения и оценки методов исследований и полученных результатов; ОАО «Сибирский научно-исследовательский и

производственный центр геоинформации и прикладной геодезии» (Сибгеоинформ»), где под руководством и при непосредственном личном участии автора была разработана и реализована технология, и где в дальнейшем выполнялись производственные работы по ее практическому применению.

В процессе реализации проводились работы по блокам Технологической схемы построения ЕВКП региона на этапе перехода СК-42 → СК-95, приведенной на рисунке 3.1, предусматривающей преобразование объектов АИС ГКН из множества МСК, основанных на СК-42 (МСК НП), в единую МСК_NN_95 (МСК НСО) Новосибирской области, созданную на основе СК 95.

Исходные данные. Метрическое описание объектов, учтенных в АИС ГКН на территорию Черепановского района Новосибирской области, предоставлено для реализации разработанной методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ проведения филиалом по Новосибирской области ФГБУ «Федеральная кадастровая палата» Росреестра в двадцати девяти местных системах координат населенных пунктов (МСК_42) и в МСКР-595 в файлах внутреннего формата ПО ГИС MapInfo (120 файлов, включающих 20 972 участка).

Параметры перехода из МСК, основанных на СК-42, из СК-95 в МСК НСО, а также координаты пунктов ГГС 1-4 классов на территорию Черепановского района Новосибирской области были получены установленным порядком в территориальном Управлении Росреестра по Новосибирской области.

База данных координат (БДК) пунктов ГГС 1-4 классов на территорию Черепановского района в СК-42 и в СК-95 формировалась на номенклатурные листы топографических карт масштаба 1:200 000 (N-44-XVI, N-44-XVIII, N-45-XIII, N-44-XXIII, N-44-XXV, N-45-XIX) как извлечение из электронного банка данных о государственной геодезической сети «Геобанк». Верификация координат пунктов в БДК выполнялась путем считки координат пунктов ГГС с их координатами в соответствующих изданных каталогах координат. Всего для построения матрицы было использовано 792 пункта ГГС.

Построение цифровой модели деформации координат (ЦМДК) пунктов ГГС 1-4 классов в СК-42 относительно СК-95 на территорию Черепановского района по

осям абсцисс и ординат осуществлялось отдельно на каждую шестиградусную координатную зону СК-95, покрывающую территорию Черепановского района (14-ю и 15-ю). Построение ЦМДК на территорию района было осуществлено в соответствии с разработанной методикой, изложенной в разделе 3.1.3 работы. Для этого в ПО ГИС GeoMedia Professional была загружена граница Черепановского района и слой пунктов ГГС 1-4 классов, перекрывающий его территорию не менее чем на два ряда треугольников триангуляционной сети ГГС, см. рисунок 2.9.

Затем стандартными инструментами ПО GeoMedia для всех пунктов ГГС, участвующих в построении ЦМДК, по формулам (3.11) были вычислены разности координат. Полученный при этом Список пунктов ГГС экспортирован из ПО GeoMedia Professional в таблицу Excel, содержащую координаты пунктов ГГС и их разность D_x , D_y по осям координат для каждого пункта. В ПО «ГИС-Панорама» по значениям разностей координат на каждом пункте ГГС построены четыре матрицы разностей координат, рисунки 3.4–3.7, которые являются ЦМДК СК-42 по отношению к СК-95 на территории Черепановского района по двум осям координат.

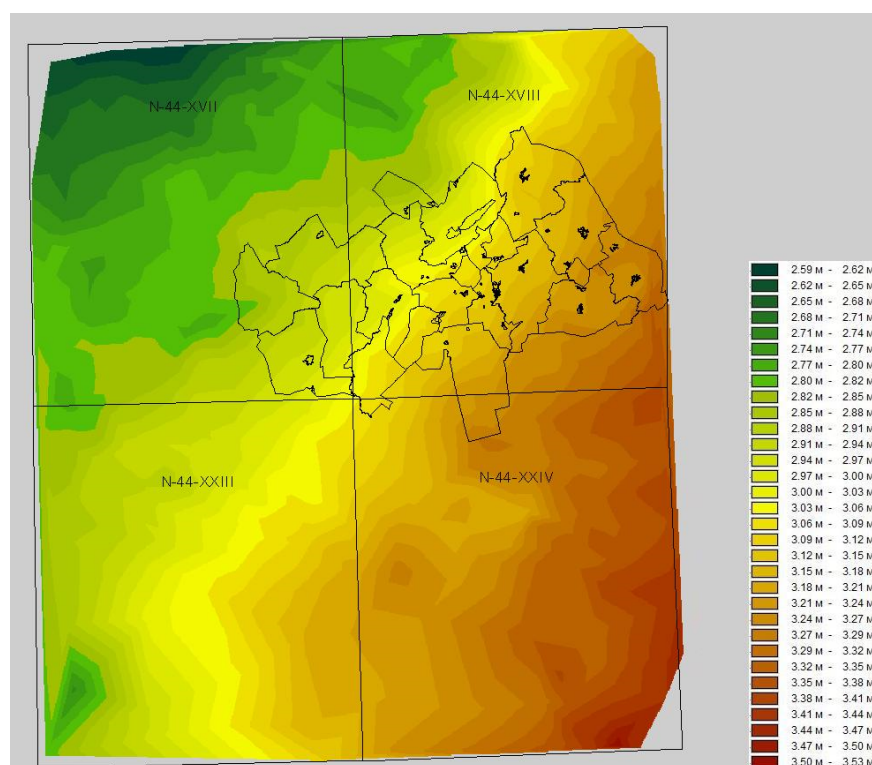


Рисунок 3.4 – ЦМДК по оси абсцисс в пределах 14-й шестиградусной зоны в проекции Гаусса–Крюгера на территорию Черепановского района

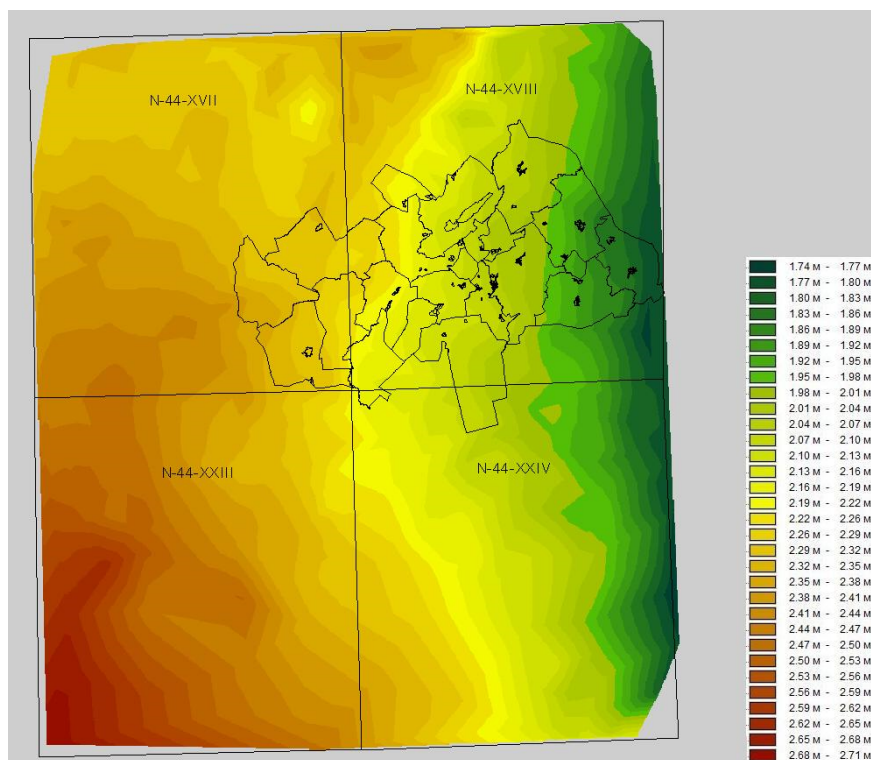


Рисунок 3.5 – ЦМДК по оси ординат в пределах 14-й шестиградусной зоны в проекции Гаусса–Крюгера на территорию Черепановского района

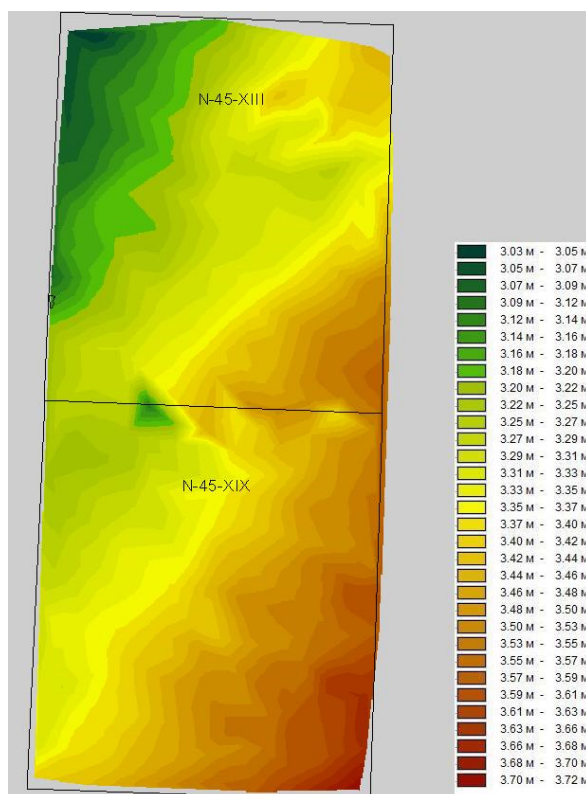


Рисунок 3.6 – ЦМДК по оси абсцисс в пределах 15-й шестиградусной зоны в проекции Гаусса–Крюгера на территорию Черепановского района

Размер ячеек в ЦМДК, в соответствии с ранее выработанным методологическим решением составлял 200 м на местности.

Выполнен анализ ЦМДК на предмет наличия аномальных деформаций СК-42 относительно СК-95 на территорию Черепановского района. Как можно видеть по визуализированному представлению ЦМДК (см. рисунки 3.4–3.7) изменение полей разностей координат по обеим осям координат на территории района имеет плавный характер, без резких скачков и экстремумов.

Имеющиеся две точечных аномалии по каждой из координатных осей, расположенные в 15-й координатной зоне, на стыке номенклатурных листов N-45-XIX и N-45-III (см. рисунки 3.6, 3.7), находятся за пределами Новосибирской области и не влияют на качество построения цифровых моделей и на точность преобразований с их использованием координат между СК-42 и СК-95.

По результатам анализа принято решение оставить в базе данных пунктов ГГС, используемых для построения ЦМДК, все пункты ГГС 1-4 классов (792 шт.). Путем экспорта из ПО «ГИС-Панорама» ЦМДК были сохранены в виде текстовых файлов, которые, будучи импортированными в ПО *CooTransf* и преобразованными во внутренний бинарный формат этого ПО, служили источником поправок Δx_i , Δy_i для пересчета координат из СК-42 в СК-95 на территории Черепановского района.

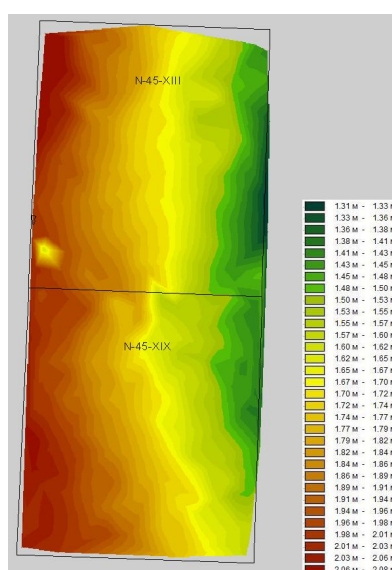


Рисунок 3.7 – ЦМДК по оси ординат в пределах 15-й шестиградусной зоны в проекции Гаусса–Крюгера на территорию Черепановского района

Формирование файла систем координат *CooTransf.ini*, используемого в ПО *CooTransf*, выполнено путем включения в него описаний параметров перехода между МСК НП населенных пунктов Черепановского района (29 штук), МСКР-595 кадастрового района, СК-63, СК-42, СК-95 и МСК НСО (четвертая координатная зона). До включения в файл *CooTransf.ini* все эти параметры МСК были верифицированы в соответствии с методикой, изложенной в 3.1.4.

Преобразование координатного описания объектов, учтенных в АИС ГКН на территории Черепановского района, из 29 местных систем координат населенных пунктов МСК НП и МСК кадастрового района МСКР-595 в МСК НСО выполнены в соответствии с технологической схемой, рисунок 3.8, в ПО *CooTransf* («Преобразование координат»), разработанного с участием автора [137].

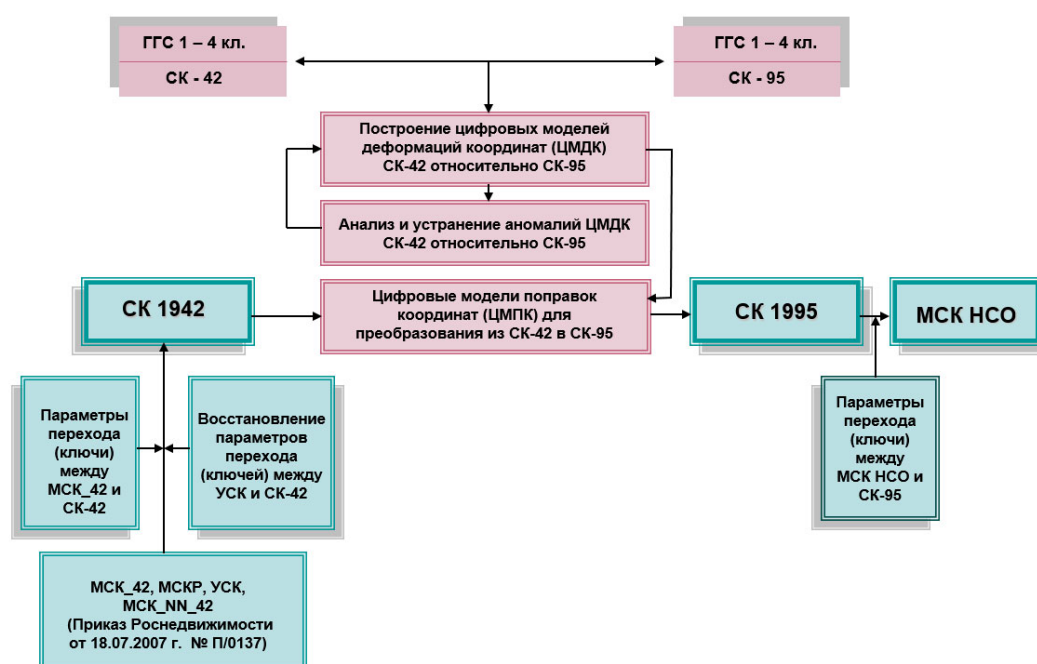


Рисунок 3.8 – Технологическая схема координатных преобразований в ПО *CooTransf*

Технологическая схема преобразования метрического описания объектов, учтенных в государственном кадастре недвижимости, из МСК НП и МСК кадастровых районов в единую местную систему координат Новосибирской области МСК НСО, базирующуюся на СК-95, представлена на рисунке 3.8.

Процесс координатных преобразований включал в себя следующие этапы работ, изложенные ниже.

1 В соответствии с разработанной технологией, сведения об объектах ГКН должны быть представлены на входе в ПО CooTransf в виде обменного формата ПО Mapinfo Professional MIF/MID. Поскольку исходные данные были предоставлены потребителем (ФКП) во внутреннем формате ПО ГИС MapInfo Professional (*.TAB), было выполнено преобразование исходных файлов в количестве 120 шт. в формат MIF/MID.

2 Было выполнено соотнесение входных кадастровых данных с координатными зонами СК-95 и МСК НСО на основе принципа целостности координатного представления объектов ГКН и максимальной точности осуществления их координатных преобразований. Этот принцип заключается в том, что все объекты, находящиеся в пределах одного кадастрового района (совпадающего с муниципальным районом Новосибирской области), пересчитываются в одну и ту же координатную зону в целевой системе координат (МСК НСО). В связи с тем, что Черепановский район попадает в трехградусную координатную зону № 4 МСК НСО4, именно эта зона была выбрана в качестве целевой для осуществления координатных преобразований всех объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории этого района.

3 Преобразование координат характерных точек границ объектов недвижимости из состава АИС ГКН на территории Черепановского района Новосибирской области из МСК НП в МСК НСО4 с точки зрения действий оператора заключается в выполнении минимальных действий в ПО CooTransf, результаты которых показаны на рисунке 3.9:

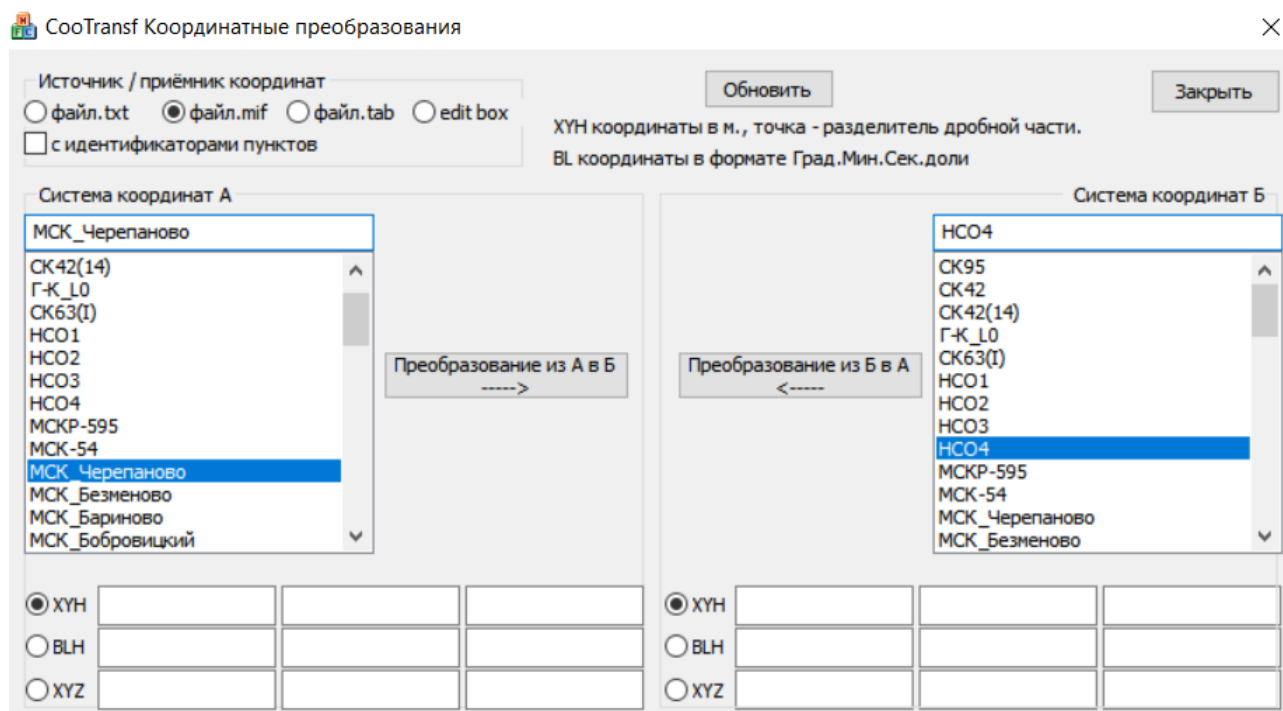


Рисунок 3.9 – Вид настроек в ПО *CooTransf* для преобразования плоских прямоугольных координат из МСК г. Черепаново в МСК НСО4

- запуск ПО *CooTransf* в директории, где также лежит файл *CooTransf.ini* с уже выверенным описанием всех систем координат, используемых в Черепановском районе (29 МСК НП, МСК НСО4, СК-42, СК-95, МСКР, СК-63);
- выбор исходной системы координат (в приведенном на рисунке 3.9 примере – это МСК г. Черепаново);
- выбор целевой системы координат (в приведенном на рисунке 3.9 примере – это МСК НСО4);
- выбор типа исходного файла (в приведенном на рисунке 3.9 примере – это *MIF/MID*);
- выбор исходного файла, содержащего объекты АИС ГСК в исходной системе координат, или множественный выбор сразу нескольких файлов при условии, что все они представлены в одной и той же исходной системе координат;
- выбор вида исходных/выходных координат в исходной и целевой системах координат (в приведенном на рисунке 3.9 примере – это плоские прямоугольные координаты в проекции Гаусса–Крюгера x, y на входе и выходе);

– нажать кнопку «Преобразование из А в Б», предполагающую прямое преобразование из МСК г. Черепаново в МСК НСО4.

Результаты координатного преобразования ПО *CooTransf* помещает в директорию «Результат», автоматически создаваемую в той директории, где находился исходный файл (или файлы), при этом к наименованиям файлов добавляется название целевой системы координат, в которую данные преобразованы. В таблице 3.12 показан пример размещения и наименований исходных файлов и файлов, полученных в результате пересчета. Как видно из этой таблицы, два слоя объектов АИС ГКН (*KK_CS162*, *LAND01_CS162*), представленные в МСК *CS162* (в соответствии с внутренней нумерацией в АИС ГКН на территории Новосибирской области всех МСК, проверенной в процессе верификации МСК, это именно МСК НП г. Черепаново) в виде четырех файлов в обменном формате ПО *Mapinfo Professional MIF/MID* (каждый слой – два файла), преобразованы в четыре файла в этом же формате *KK_CS162_HCO4*, *LAND01_CS162_HCO4* (каждый слой – два файла) и помещены в директорию «Результат», автоматически созданную в папке, где лежали исходные файлы.

Таблица 3.12 – Пример размещения и наименований преобразованных файлов по сравнению с исходными файлами в ПО *CooTransf*

Размещение и наименование исходных файлов		Размещение и наименование выходных файлов	
Название директории	Название файлов в исходной системе координат	Название директории	Название файлов в целевой системе координат
МСК_Черепаново	 <i>KK_CS162.mid</i>  <i>KK_CS162.mif</i>  <i>LAND01_CS162.mid</i>  <i>LAND01_CS162.mif</i>	МСК_Черепаново/ Результат	 <i>KK_CS162_HCO4.mid</i>  <i>KK_CS162_HCO4.mif</i>  <i>LAND01_CS162_HCO4.mid</i>  <i>LAND01_CS162_HCO4.mif</i>

С точки зрения внутреннего функционирования ПО *CooTransf* преобразование координат объектов ГКН осуществляется автоматизированно в последовательности: МСК НП → СК-42, СК-42 → СК-95, СК-95 → МСК НСО4. При этом на этапах

транзита от МСК НП к СК-42 и от СК-95 к МСК НСО4 преобразование осуществляется с использованием официально установленных параметров перехода между ними по строгим алгоритмам высшей геодезии, жестко прошитым в ПО, проверка и оценка точности которых осуществлена в процессе разработки технологии. На этапе перехода от СК-42 к СК-95 преобразование осуществляется с использованием ЦМДК, ранее составленным для территории Черепановского района.

Результат преобразований координат из каждой МСК НП и МСКР в единую МСК НСО4 записывается в автоматически создаваемую ПО *CooTransf* директорию с названием «Результат» в обменном формате ГИС *MapInfo Professional MIF/MID*. В случае множественного выбора нескольких исходных слоев, принадлежащих одной и той же исходной системе координат, результаты их преобразования также помещаются в одну директорию «Результат», создаваемую в папке с исходными данными.

С целью обеспечения возможности использования в дальнейшем результатов координатных преобразований в ПО *Mapinfo Professional*, а также их корректного импорта в основной контур АИС ГКН, в конечных файлах, представленных в формате *MIF/MID*, было установлено описание конечной системы координат – МСК НСО4. При этом описание МСК НСО4 в файле *MIF/MID* сделано с заданием границы в явном виде, обеспечивающем создание в ПО *MapInfo Professional* карты с точностью 1 см.

Всего на территории Черепановского района было выполнено преобразование из 30 МСК НП в единую МСК НСО4 120 файлов, содержащих координатное описание границ характерных точек 20 972 объектов недвижимости. В рамках технологии предусматривается осуществление сверки количества входных и выходных файлов, а также количества объектов в каждом файле на входе и выходе. Список входных и выходных файлов, координатное преобразование которых из МСК_42 в МСК НСО4 выполнено на территории Черепановского района, приведен в Приложении В. Как видно из этого списка, объекты АИС ГКН, представленные на входе технологического процесса, преобразованы полностью, потерянных слоев или объектов в этих слоях нет.

Верификация полученных результатов осуществлялась, в соответствии с разработанной технологией, в два этапа. На начальном этапе проведено наложение кадастровых данных района, полученных в результате пересчета на ортофотопланы масштаба 1 : 2 000 г. Черепаново и иных населенных пунктов, где таковые имелись. При таком наложении положение объектов ГКН, пересчитанных из МСК НП в СК ортофотопланов (МСК НСО4), не отходило от их фотографического изображения на ортофотоплане на величину, превышающую точность последних. Для населенных пунктов и межселенной территории, где ортофотопланы отсутствовали, в качестве картографической подложки использовались крупномасштабные топографические планы, карты сельхозугодий, приведенные в целевую систему координат – МСК НСО4. Контроль по таким картографическим материалам, осуществленный путем наложения объектов ГКН, пересчитанных из МСК НП в систему координат МСК НСО4, на картографический материал, также показал, что эти объекты ГКН не отходили от своих картографических образов на картах (планах) на величину, превышающую графическую точность последних.

На втором этапе выполнено (с использованием ПО *GeoOper*) определение площадей объектов до и после пересчета, а также определение их абсолютных и относительных изменений. В результате было установлено, что все изменения площадей находились в пределах адекватных значений, обусловленных изменением параметров целевой системы координат (МСК НСО4) по сравнению с исходными (МСК НП), а также эластичной деформацией метрики объектов, происходящей из-за устранения в конечном результате, представленных в МСК НСО4 (основана на СК-95) деформаций системы координат 1942 года.

Изменение площадей объектов. В связи с тем, что изменение площади объекта как его важной характеристики, формирующей объект как индивидуально определенную вещь, критично для объектов недвижимости, по итогам пересчета выполнен более детальный статистический анализ результатов изменений площадей земельных участков (ЗУ), учтенных в АИС ГКН Черепановского района Новосибирской области, при пересчёте их пространственного описания из применяемой для межселенной территории этого района МСК (МСКР-595) в МСК НСО [87]. Анализ

выполнен с разделением земельных участков по размеру на две категории: площадью до 100 м² (на рисунке 3.10) и свыше 100 м² (на рисунке 3.11) Результаты этого анализа приведены в таблице 3.13.

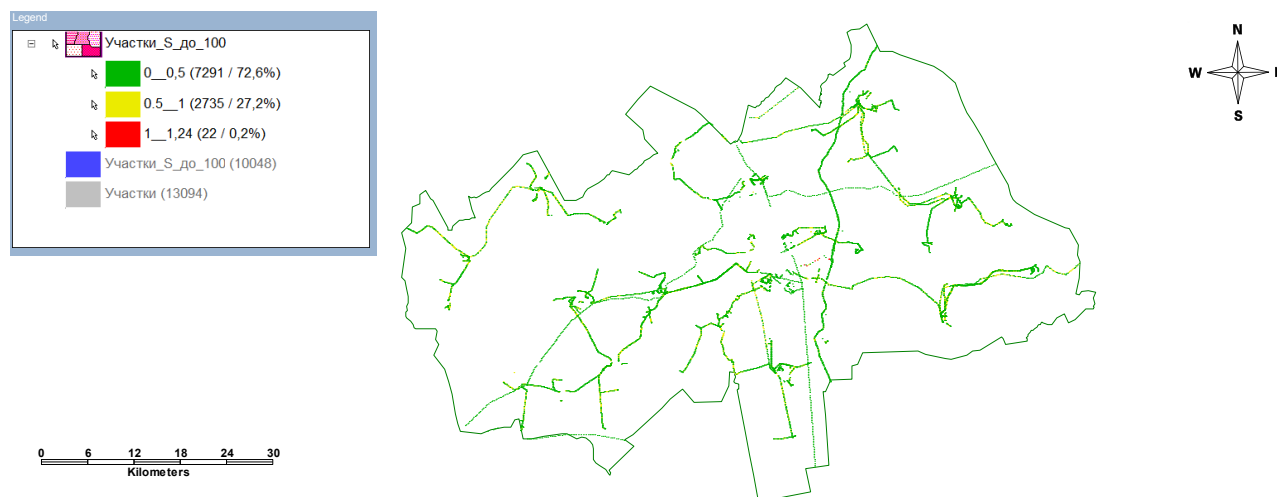


Рисунок 3.10 – Картосхема изменений (в %) площадей земельных участков, учтенных в АИС ГКН Черепановского района, при пересчете их метрического описания из МСКР-595 в МСК НСО. Участки площадью менее 100 кв. м

Таблица 3.13 – Изменение площадей земельных участков, учтенных в АИС ГКН на территории Черепановского района Новосибирской области

Диапазон изменений площадей земельных участков, %	Количество земельных участков (в абсолютном / относительном, %, выражении)
<i>Земельные участки площадью до 100 м²</i>	
0,0 – 0,5	7291 / 72,6
0,5 – 1,0	2735 / 27,2
1,0 – 1,24	22 / 0,2
<i>Земельные участки площадью свыше 100 м²</i>	
0,00 – 0,05	2997 / 98,4
0,05 – 0,10	46 / 1,5
0,10 – 0,16	3 / 0,1

Как следует из рисунка 3.10 и таблицы 3.13, наибольшее изменение участков площадью до 100 м² достигает 1,24 %, при этом число таких участков лишь 0,2 %

(22 из 13 094). Изменение же большинства участков площадью менее 100 м² находится в диапазонах 0,0–0,5% (7 291 ЗУ из 13 094) и 0,5–1,0% (2 735 ЗУ из 13 094). Но в абсолютной мере изменение площади для вышеуказанных объектов не превышает 0,12 м².

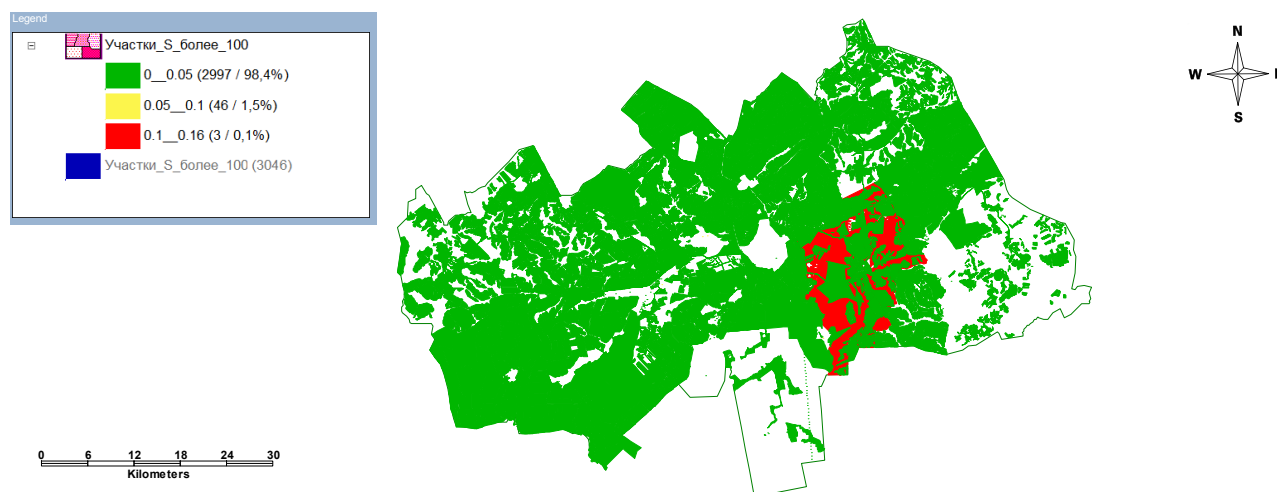


Рисунок 3.11 – Изменения (%) площадей участков размером свыше 100 кв. м при пересчете их метрического описания из МСКР-595 в МСК НСО

Изменения площадей участков площадью свыше 100 м² (см. рисунок 3.11 и таблицу 3.13) в относительной мере еще меньше и не превышают 0,16 % (3 объекта из 3 046), при том, что изменение размеров большей их части находится в диапазонах 0,0–0,05% (2 997 ЗУ из 3 046) и 0,05–0,1% (46 ЗУ из 3 046).

Проведенный статистический анализ изменения площадей земельных участков показывает, что примененная методика преобразования метрического описания объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории Черепановского района, вызывает минимальные изменения площадей объектов недвижимости, которые не превышают установленных допустимых значений.

Сохранение топологии объектов. Проверка соблюдения требований к разрабатываемой технологии в части сохранения топологической согласованности пространственного описания границ смежных объектов, имевшейся до пересчета координат, осуществлена стандартными средствами ПО *GeoMedia Professional* (*Validate Geometry, Validate Connectivity*), позволяющими в автоматизированном

режиме находить топологические рассогласования в границах смежных объектов, показывать их на карте и в табличном виде. Процедура топологического контроля при этом для каждого слоя объектов осуществлялась дважды: в целевой системе координат (МСК НСО4) и в исходной системе координат (в каждой из 30 МСК НП). Цель при этом заключалась в том, чтобы убедиться, что смежные объекты ГКН, преобразованные в целевую систему координат (МСК НСО4) из всех 30 МСК НП, имеют лишь те топологические рассогласования, которые имелись у них в исходной системе координат (МСК НП) и что дополнительных фактов пересечений (наложений) границ в результате координатных преобразований по разработанной технологии не появляется.

Для осуществления этой процедуры топологического контроля в целевой системе координат (МСК НСО4) слои объектов недвижимости, полученные в ней в результате пересчета из МСК НП, путем импорта файлов *MID/MIF* открыты в ПО *MapInfo Professional*. После чего созданная таким образом карта в системе координат МСК НСО4, содержащая все объекты АИС ГКН на территории Черепановского района, была присоединена к базе данных ПО *GeoMedia Professional* в качестве внешнего источника данных, что позволяет использовать в отношении объектов присоединенной карты все инструменты данного ПО, в том числе средства топологического контроля взаимного положения границ смежных объектов.

Для выполнения топологического контроля в ПО *GeoMedia Professional* были заданы установки на обнаружение следующих топологических дефектов пространственного описания границ смежных объектов: дублирование точек границы; самопересечения или дублирование звеньев линий границ; несовпадение (неточное совмещение) характерных точек границы и линии границы, как точечных и векторных линейных объектов соответственно. Обнаруженные по итогам топологического контроля пересечения (наложения) границ учитывались в разрезе: их количества в каждом слое; суть и расположение каждой ошибки.

Проведение процедуры топологического контроля в каждой из исходных сетевых систем координат (МСК НП) осуществлялось по аналогии. Разность здесь была лишь в том, что карта в ПО *MapInfo Professional*, которая присоединялась

к базе данных ПО *GeoMedia Professional* в качестве внешнего источника данных, была в МСК исходных данных (МСК НП).

Обнаруженные по итогам топологического контроля пересечения (наложения) границ в этом случае учитывались также в разрезе: их количества в каждом слое; суть и расположение каждой ошибки.

В связи с тем, что входными данными при исследовании технологии на территории Черепановского района, являлись реальные объекты недвижимости, учтенные в АИС ГКН и выгруженные из этой информационной системы для проведения исследований, проведенный по вышеуказанной методике топологический контроль границ объектов недвижимости в исходных местных системах координат не выявил в них пересечения (наложения) границ смежных участков (в противном случае они просто не были бы зарегистрированы в АИС ГКН). Топологический контроль, проведенный в отношении выходных данных – объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории Черепановского района, пересчитанных по разработанной технологии из 30 МСК НП в единую МСК НСО4, также не выявил таких пересечений (наложений) границ смежных участков.

Следует отметить, что в процессе подготовки картографических материалов (представленных как в векторном, так и в растровом виде), используемых в качестве картографической подложки в картографической верификации результатов координатных преобразований, осуществлялось (с использованием ПО *CooTransf*) их преобразование в различные системы координат, в том числе в направлении преобразование из системы А в Б и обратно. Таким образом, в процессе этих работ проверялась возможность ПО *CooTransf* осуществления координатных преобразований в прямом и обратном направлении, а также в преобразовании координат точек привязки растров.

С целью проверки точности применяемых топологических инструментов контроля и корректности работы разработанной технологии в части сохранения в результатах координатных преобразований топологической согласованности смежных объектов, имевшейся в исходной системе координат, такие ошибки были искусственно смоделированы. Для этого в исходных файлах (представленных в МСК

НП) были введены искусственно ошибки в пространственном описании смежных объектов: топологически совмещенные характерные точки в границах смежных объектов были разнесены на некоторые расстояния в диапазонах 0–1 см; 1–10 см; 10–100 см; 1–10 м. Смоделированные таким образом ошибки топологической согласованности смежных объектов были обнаружены вышеописанными инструментами ПО *GeoMedia Professional* по указанной методике как в исходных файлах (в МСК НП), так и в выходных файлах в целевой системе координат (МСК НСО4), полученных в результате координатных преобразований по разработанной технологии. При этом количество таких ошибок и их пространственное расположение полностью соответствовало искусственно смоделированным в исходных данных дефектам пространственного описания соседних объектов.

Проведенные исследования подтвердили успешную реализацию в технологии одного из основных требований, установленных к ее разработке: полное сохранение в процессе координатных преобразований согласованности положения границ смежных объектов (вплоть до топологической согласованности). В конечных данных, полученных в результате осуществления координатных преобразований по разработанной технологии присутствуют лишь те ошибки и в том размере, какими они были в исходных данных. Дополнительного нарушения топологии смежных объектов технология не допускает.

Трудоемкость осуществления работ по преобразованию объектов АИС ГКН на территорию субъекта Российской Федерации из множества МСК, основанных на СК-42, в единую МСК_NN_95, с использованием разработанной технологии можно оценить по двум ее основным компонентам: формирование информационной базы технологии на регион; непосредственное осуществление пересчета кадастровой информации из множества МСК в принятую единую местную систему координат и начало осуществления кадастровой деятельности в этой МСК. Безусловно, как показано ранее, внедрению технологии для осуществления практического перехода от МСК НП к МСК_NN_95 должно предшествовать установление и введение в действие такой единой местной системы координат региона.

Работы по формированию информационной базы технологии на территорию субъекта Российской Федерации включают в себя: сбор сведений о координатах пунктов ГГС 1-4 классов в СК-42, СК-95, покрывающих его территорию; сбор и верификацию сведений о местных системах координат, применяемых в субъекте, а также координат пунктов ГГС и сетей сгущения в этих МСК, необходимых для их верификации; сбор картографических материалов, которые могут быть использованы в качестве подложки для картометрической верификации результатов координатных преобразований; построение ЦМДК в СК-42 относительно СК-95; ввод элементов информационной базы на субъект Российской Федерации в ПО *Cootransf* (ЦМДК; верифицированное описание систем координат). Время, необходимое для сбора всех вышеуказанных материалов, необходимых для формирования информационной базы данных на регион, зависит от размера субъекта Российской Федерации, а также количества используемых в нем местных систем координат, основанных на СК-42. С учетом опыта Новосибирской области, где период сбора материалов и формирования информационной базы технологии составил четыре месяца, можно дать такую оценку требуемого для этого времени: от трех-шести месяцев (для небольших субъектов РФ, с небольшим количеством МСК НП) до одного года в крупных субъектах, где используется большое количество МСК_42.

Трудоемкость непосредственного пересчета кадастровой информации по разработанной технологии была оценена по общему времени, затраченному на преобразование всех объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории Черепановского района (20 972), из 30 местных систем координат в единую местную систему координат Новосибирской области – МСК НСО. После того, как технология в отношении данного региона настроена и созданы все необходимые данные для ее применения (созданы ЦМДК, созданы и верифицированы все исходные данные по ключам МСК НП, настроен файл *CooTransf.ini*), координатные преобразования осуществляются автоматизированно, с минимальными интеллектуальными усилиями оператора, выполняющего пересчет.

Так, при пересчете вышеуказанных объектов АИС ГКН Черепановского района оператору нужно лишь 30 раз изменить входную систему координат и выбрать (одновременно) все файлы, относящиеся к этой системе координат. Все остальные настройки в ПО CooTransf при этом остаются неизменными. То есть непосредственно работа в ПО CooTransf по преобразованию всей кадастровой информации, учтенной на территории Черепановского района, занимает порядка двух часов (четыре минуты на каждую МСК при общем их числе 30). Однако верификация (метрическая и картометрическая) результатов автоматизированного пересчета должна проводиться тщательно. При этом целью такой верификации является не поиск ошибок и неточностей в работе технологии или ПО, которых в технологии после ее отладки на территорию региона просто нет: на этапах преобразования МСК_42 ↔ СК42 и МСК НСО ↔ СК-95 алгоритмы преобразования выверены на предмет соответствия формулам высшей геодезии, оттестированы и жестко прошиты в ПО, а параметры МСК НП в CooTransf.ini верифицированы; на этапе СК42 ↔ СК-95 цифровые модели деформаций координат выверены и не подлежат изменению оператором. Задачей верификации является обнаружение грубых ошибок оператора (неверное задание исходной или выходной системы координат в преобразовании, ошибочный выбор входного файла, не соответствующего заданной паре входная/выходная систем координат) или ошибок исходных данных (в исходном файле указана ошибочная система координат, файл не относится к данному кадастровому району и т. д.).

С учетом вышеизложенного, была выработана общая оценка трудоемкости работ и времени, требуемого для осуществления пересчета объектов АИС ГКН на один кадастровый район. Время, требуемое для работ по пересчету объектов недвижимости на район – три дня, из которых, 0,5 дня – осуществление автоматизированного преобразования объектов в ПО CooTransf из 30 МСК НП в единую МСК НСО, 2,5 дня – метрическая и картометрическая верификация. К этому времени целесообразно добавить один день организации, ведущей АИС ГКН (филиал ФКП по Новосибирской области), на выгрузку данных из основного контура системы и

передачи их оператору на пересчет, а также один день на обратную процедуру: передачу результатов пересчета в филиал ФКП по региону, их загрузку в основной контур для производственного использования.

С учетом вышеуказанных оценок трудоемкости работ разработчиком технологии были даны рекомендации по времени, требуемыми на пересчет данных АИС ГКН на один кадастровый район, а также предложения по графику пересчета объектов в целом по Новосибирской области. Эти рекомендации заключались в том, что переход на ведение кадастрового учета в Новосибирской области в единой МСК НСО целесообразно осуществлять поэтапно, в соответствии с разработанным Графиком, при этом интенсивность работ должна составлять один район в неделю.

Анализ результатов реализации методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на основе СК-95, осуществленной на примере реальных данных (выгрузка всех объектов из АИС ГКН, учтенных на территории Черепановского района Новосибирской области), предоставленных потребителем (филиал ФКП по Новосибирской области), показал следующее.

Выработанные в порядке реализации разработанной методологии технологические и технические решения полностью соответствуют требованиям, сформулированным ранее на этапе ее разработки и изложенным в 3.1, в том числе технология обеспечивает:

- осуществление в автоматизированном режиме пересчета координат как отдельных точек, так и массивов объектов недвижимости (без ограничений по объему объектов, количеству характерных точек в их границах, виду векторного представления), содержащихся в АИС ГКН региона и учтенных во множестве местных систем координат, основанных на СК-42 (МСК_42), в единую МСК_NN_95 субъекта РФ, основанную на СК-95;

- преобразование координат иных видов ПД (наряду с объектами АИС ГКН) в любых других сферах деятельности из множества МСК_42 в единую

МСК_NN_95, в том числе пространственных однокомпонентных и многокомпонентных объектов различного типа пространственной локализации (площадных, линейных); угловых точек привязки растра;

- преобразование координат как по цепочке $МСК_42 \leftrightarrow СК42 \leftrightarrow СК-95 \leftrightarrow МСК_NN_95$ в целом, так и по отдельным ее фрагментам, в прямом и обратном направлении, с точностью 1 см (в целом по цепочке), а на этапах, не включающих переход между СК-42 и СК-95, – 1 мм;

- преобразование координат между МСК_42 и СК-42 с использованием любых типов официально установленных параметров перехода между ними, включая ключи с применением углов поворота МСК_42 по отношению к СК-42, применение в МСК ненулевой поверхности относимости и т. д.;

- возможность ввода/вывода координат в трех видах их представления: геодезические координаты (геодезическая широта В, геодезическая долгота L, геодезическая высота Н); пространственные прямоугольные координаты (абсцисса X, ордината Y, аппликата Z); плоские прямоугольные координаты (абсцисса x, ордината y);

- определение метрических параметров объектов (протяженность, площадь, периметр, количество узлов (характерных точек границы), максимальная/минимальная/средняя длина отрезков границы и их общее количество, определение геометрического центра объекта и т. д.), участвующих в координатных преобразованиях: на входе; на выходе; изменение метрических характеристик в абсолютном и относительном измерении. По итогам автоматизированного анализа относительного изменения координат пользователю предоставляется информация о фактах аномального изменения метрических параметров объектов в результате пересчета (в соответствии с задаваемым пользователем критерием аномальности изменений), с указанием идентификаторов таких объектов и фактических данных об изменении их размеров;

- полное сохранение в процессе координатных преобразований топологической согласованности границ смежных объектов;

- минимальные изменения площадей объектов недвижимости, которые не превышают установленных допустимых значений;
- максимально строгий учет локальных деформаций координат СК-42 относительно ГСК-95 в месте расположения преобразуемой точки, что делает пространственные данные, преобразованные из МСК_42 в МСК_NN_95, освобожденными от искажений материнской системы координат 1942 года, по однородности и точности соответствующими системе координат 1995 года.

Таким образом, результаты реализации подтвердили, что, как методология создания ЕВКП региона в целом, так и реализующая ее технология соответствуют принципам создания ЕВКП субъекта РФ и могут быть применены для создания такого ЕВКП региона на практике. По итогам успешной реализации методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» в Черепановском районе, руководителем территориального управления Росреестра по Новосибирской области принято решение об их внедрении на практике для перехода при ведении государственного кадастра недвижимости на территории кадастрового округа «Новосибирский» от множества низкоточных МСК, основанных на СК-42 (МСК-NN_42, МСК НП) в единую точную местную систему координат региона, созданную от СК-95 – МСК НСО.

3.1.7 Возможности применения методологии и технологии создания ЕВКП региона на «Переходе типа I» для всех субъектов РФ

Методология создания ЕВКП региона, а также реализующая ее технология апробированы на территории Новосибирской области в части «Перехода типа I» между СК-42 и СК-95 путем ее внедрения на практике. Реализация всех положений разработанной методологии и использование потенциала технологии позволили создать на территории Новосибирской области на базе МСК НСО (МСК-NN_95, образована от СК-95), единое точное координатное пространство региона, все элементы которого соответствуют точности СК-95. Таким образом целесообразность,

востребованность и применимость разработанных в диссертационном исследовании методологии и технологии создания ЕВКП подтверждены практикой в своей первой части, на этапе «Перехода типа I» между ГСК видов ГСКВ1 → ГСКВ2.

При этом все принципы и положения разработанной методологии создания ЕВКП субъекта РФ, а также технические решения как компоненты реализующей ее технологии могут быть применены на любых других субъектах страны без ограничений, что позволяет масштабировать результаты исследования на все регионы России. Однако это утверждение полностью справедливо лишь в том случае, если бы разработка была внедрена своевременно, на этапе перехода в нашей стране между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 (имеем в виду СК-42 и СК-95 соответственно).

Однако, несмотря на усилия автора (будучи генеральным директором ОАО «Сибгеоинформ» им были разосланы предложения руководителям всех субъектов РФ с предложением о внедрении разработки), результаты исследований своевременно (в 2013 г.) и полностью были внедрены лишь в Новосибирской области. Еще примерно в 15 субъектах Российской Федерации переход от СК-42 к СК-95 был осуществлен по их собственным разработкам [187]. Хотя эти их разработки имели существенные недостатки в части единства и точности создаваемого на базе СК-95 единого координатного пространства регионов [87, 187], эти решения являются прогрессивным шагом и такие регионы следует считать готовыми к реализации методологии и технологии создания ЕВКП региона на этапе «Перехода типа II» между ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3, под которыми в РФ подразумеваются СК-95, ГСК-2011 соответственно.

В остальных же субъектах РФ ситуация с созданием ЕВКП региона стала развиваться по «отложенному» варианту, показанному на рисунке 1.8, б: даже после введения ГСК вида 3 (ГСКВ3), под которым в РФ подразумевается ГСК-2011, здесь продолжают использоваться МСК-NN_42 в качестве единых местных систем координат регионов, в которых ведется ЕГРН и продолжают создаваться ПД. Поэтому здесь, несмотря на введение ГСК-2011, невозможно реализовать создание ЕВКП методом «Перехода типа II» до реализации «Перехода типа I». В этой связи, «Пе-

переход типа I» в таких субъектах РФ должен быть реализован уже по сценарию «отложенного» варианта, см. рисунок 1.8, б: между ГСК вида 1 (ГСКВ1) и ГСК вида 3 (ГСКВ3), под которыми имеем в виду СК-95, ГСК-2011 соответственно. При этом такой «отложенный» переход будет обременен еще и тем обстоятельством, что здесь будет происходить смена эллипсоидов, используемых в смежных ГСК. Очевидно, что реализацию «Перехода типа I» по «отложенному варианту ГСКВ1 → ГСКВ3 (при ГСКВ1=СК-42, ГСКВ3=ГСК-2011) целесообразно комбинировать с элементами «Перехода типа II» за счет адаптации МСК-NN_42 субъектов РФ к ГСК-2011 путем установления в регионе «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) в качестве единой местной системы координат региона.

Таким образом, масштабирование методологии и технологии создания ЕВКП на этапе «Перехода типа I» для всех субъектов Российской Федерации возможно. Однако применение его в «отложенном» варианте, в новых исторических условиях, когда СК-95 перестала быть действующей ГСК, а ее место заняла ГСК-2011, может и должно осуществляться творчески, с учетом новых технологических возможностей, в том числе с учетом того, что в настоящее время разработан новый, «гибридный» вид МСК. Адаптация МСК-NN_42 субъектов РФ к ГСК-2011 не по варианту «Перехода I», а более инновационным, современным образом, путем установления в регионе «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42), позволит частично сохранить для использования ПД, ранее созданные в МСК-NN_42, без необходимости их пересчета во вновь установленную единую, «гибридную» МСК региона за счет того, что плоские прямоугольные координаты в МСК_2011(МСК-NN_42) и в МСК-NN_42 таких ПД будут различаться на величины меньшие, чем нормативно установленные требования по точности координатного их описания.

Кроме того, установление «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) в качестве единой местной системы координат региона позволит задать для всего ЕВКП субъекта РФ точность на уровне точности ГСК-2011, от которой такая «гибридная» МСК образована; установить между государственной системой координат (ГСК-2011) и СК ведения ЕГРН (МСК_2011(МСК-NN_42)) параметры перехода, что, в соответствии с требованием законодательства РФ [121], является обязательным.

3.2 Технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа II»

3.2.1 Технология разработки «гибридной» МСК в качестве единой местной системы координат региона

Как было показано ранее в работе, ключевым моментом методологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации на этапе «Перехода типа II» между видами ГСК близкой точности и однородности ГСКВ2 → ГСКВ3, под которыми подразумеваем СК-95, ГСК-2011 соответственно, является установление в регионе «гибридной» МСК. Такое методологическое решение позволяет на данном этапе (ГСКВ2 → ГСКВ3) оптимальным образом решить обе задачи модернизации координатного пространства региона, обусловленной введением новой ГСК: адаптация действующей единой МСК-NN_ГСКВ2 региона к новой ГСК вида 3 (ГСКВ3) и получение ее актуализированной на базе ГСКВ3 версии – МСК-NN_ГСКВ3; адаптация ПД, созданных ранее в МСК-NN_ГСКВ2 к ее актуализированной на базе ГСКВ3 версии МСК-NN_ГСКВ3.

Для упрощения обозначений государственных и местных систем координат, в том числе «гибридной» МСК, которые в обобщенном виде выглядят громоздко, рассмотрим технологию создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа II» на примере конкретного субъекта Российской Федерации – Новосибирской области, в отношении которой ранее был приведен пример реализации технологии «Перехода типа I». Будем в этом случае подразумевать, что ГСКВ2 = СК-95; ГСКВ3 = ГСК-2011; МСК-NN_ГСКВ2 = МСК-54_95 = МСК НСО; МСК-NN_ГСКВ3 = МСК-54_2011 = МСК_2011(МСК-54_95) = МСК_2011(МСК НСО). Очевидно, что эти обозначения систем координат показывают, что будет реализован «Переход типа II» при адаптации единой местной системы координат Новосибирской области (ее аббревиатура МСК НСО), которая относится к классу единых МСК региона МСК-NN_95, образованных от СК-95, к новой государственной системе координат ГСК-

2011 путем введения «гибридной» местной системы координат региона, обозначаемой в общем случае МСК_2011(МСК-NN_95), а конкретно в Новосибирской области – МСК_2011(МСК НСО).

С учетом перехода от видов смежных государственных систем координат (ГСКВ2, ГСКВ3) к их реальным представителям (СК-95, ГСК-2011), а также вышеуказанного наименования «гибридной» местной системы координат, образованной от ГСК-2011 – МСК_2011(МСК НСО), которая должна быть введена в Новосибирской области в качестве единой региональной местной системы координат (в обобщенном виде МСК-NN_ГСКВ3 = МСК-NN_ГСК-2011), схема создания «гибридной» МСК, показанная ранее на рисунке 2.3 в общем виде, в применении к единой «гибридной» МСК Новосибирской области будет выглядеть так, как это отображено на рисунке 3.12.

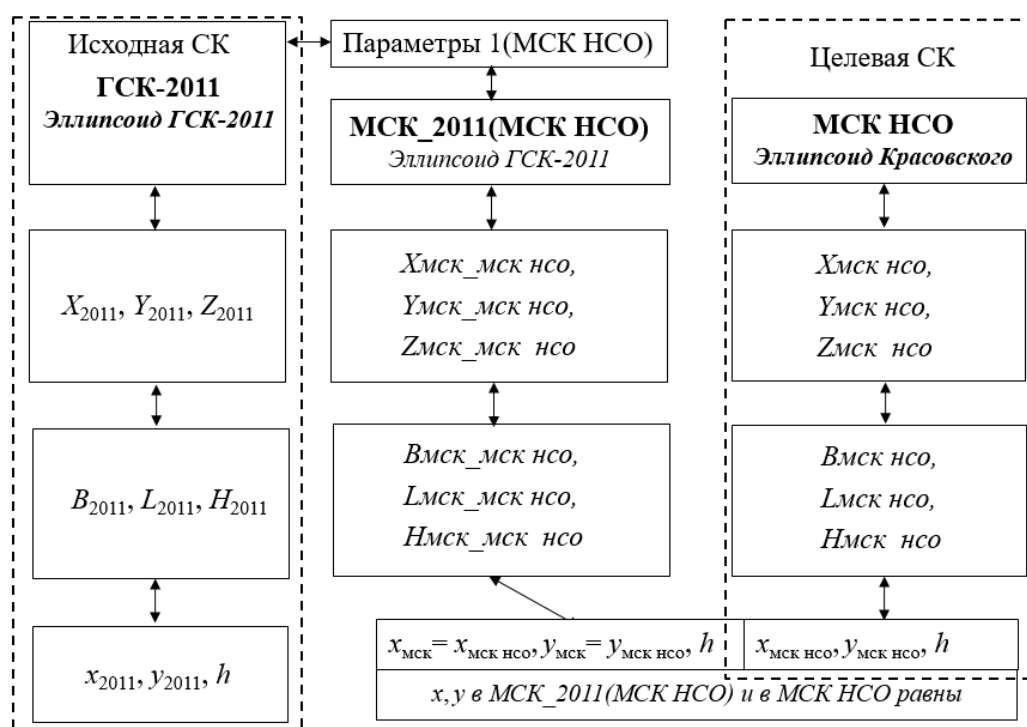


Рисунок 3.12 – Технологическая схема создания единой местной системы координат Новосибирской области в виде «гибридной» МСК_2011(МСК НСО)

Как было показано ранее, в наименовании МСК_2011(МСК НСО) «МСК_2011» обозначает, что эта МСК образована от ГСК-2011, а «(МСК НСО)»

указывает на МСК НСО как на целевую систему координат, на максимальное приближение к плоским прямоугольным координатам $x_{\text{МСК НСО}}$, $y_{\text{МСК НСО}}$, в которой будут таргетированы плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК}}$, $y_{\text{МСК}}$ в «гибридной» МСК.

«Гибридная» местная система координат, которая в соответствии с разработанной методологией будет использоваться в качестве единой местной системы координат региона на этапе перехода СК-95 → ГСК-2011, является специальным, таргетированным видом местной системы координат. Такая местная система координат (как показано выше, в применении к Новосибирской области она будет иметь обозначение МСК_2011(МСК НСО)) является промежуточной между ГСК-2011 (в которой используется эллипсоид ГСК-2011) и МСК НСО (где используется эллипсоид Красовского) и таргетирована (нацелена) на обеспечение совпадения в ней плоских прямоугольных координат $x_{\text{МСК}}$, $y_{\text{МСК}}$ с плоскими прямоугольными координатами $x_{\text{МСК НСО}}$, $y_{\text{МСК НСО}}$ в целевой системе координат МСК НСО, см. рисунок 3.12.

Эта двойственная зависимость «гибридной» МСК от исходной ГСК-2011 и целевой МСК НСО, в которых используются эллипсоиды с разными геометрическими параметрами (различие по большой полуоси составляет 108,5 м), обуславливает особенности технологии создания «гибридной» МСК в части работы с плоскими прямоугольными координатами в «гибридной» МСК; работы с координатными зонами в «гибридной» МСК.

Рассмотрим далее эти вопросы детальнее.

3.2.1.1 Особенности работы с плоскими прямоугольными координатами в «гибридной» МСК

Как это определено при разработке таргетированной, «гибридной» местной системы координат и показано на рисунке 3.12, главной особенностью такой МСК_2011(МСК НСО) является совпадение плоских прямоугольных координат $x_{\text{МСК}}$, $y_{\text{МСК}}$ в ней с плоскими прямоугольными координатами $x_{\text{МСК НСО}}$, $y_{\text{МСК НСО}}$ в целевой системе координат МСК НСО. И для этих целей плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК НСО}}$, $y_{\text{МСК НСО}}$ опорных пунктов ГГС (они имеют координаты как в ГСК-2011, так и в МСК НСО, и по ним вычисляются Параметры 1(МСК НСО) перехода между

ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО)), должны быть представлены в целевой системе координат МСК НСО в единой зоне. Это ключевой момент обеспечения требуемой функциональности «гибридной» МСК – совпадение плоских прямоугольных координат $x_{\text{МСК}}, y_{\text{МСК}}$ в МСК_2011(МСК НСО) с плоскими прямоугольными координатами $x_{\text{МСК НСО}}, y_{\text{МСК НСО}}$ в целевой системе координат МСК НСО. Именно эти плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК НСО}}, y_{\text{МСК НСО}}$ в единой зоне МСК НСО, например, в зоне № 3 (рисунок 3.13) принимаются в МСК_2011(МСК НСО) в качестве входных $x_{\text{МСК}}, y_{\text{МСК}}$, по которым вычисляются (уже на эллипсоиде ГСК-2011, с использованием его параметров) сначала геодезические координаты $B_{\text{МСК_МСК НСО}}, L_{\text{МСК_МСК НСО}}, H_{\text{МСК_МСК НСО}}$, а затем и пространственные прямоугольные координаты $X_{\text{МСК_МСК НСО}}, Y_{\text{МСК_МСК НСО}}, Z_{\text{МСК_МСК НСО}}$, см. рисунок 3.12. При этом для перевычисления плоских прямоугольных координат $x_{\text{МСК}}, y_{\text{МСК}}$ опорных пунктов ГГС (в качестве которых на этапе вычисления Параметров 1(МСК НСО) фактически используются их плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК НСО}}, y_{\text{МСК НСО}}$) в геодезические координаты $B_{\text{МСК_МСК НСО}}, L_{\text{МСК_МСК НСО}}, H_{\text{МСК_МСК НСО}}$ используются те же параметры проекции, что и в МСК НСО, см. рисунок 3.12.

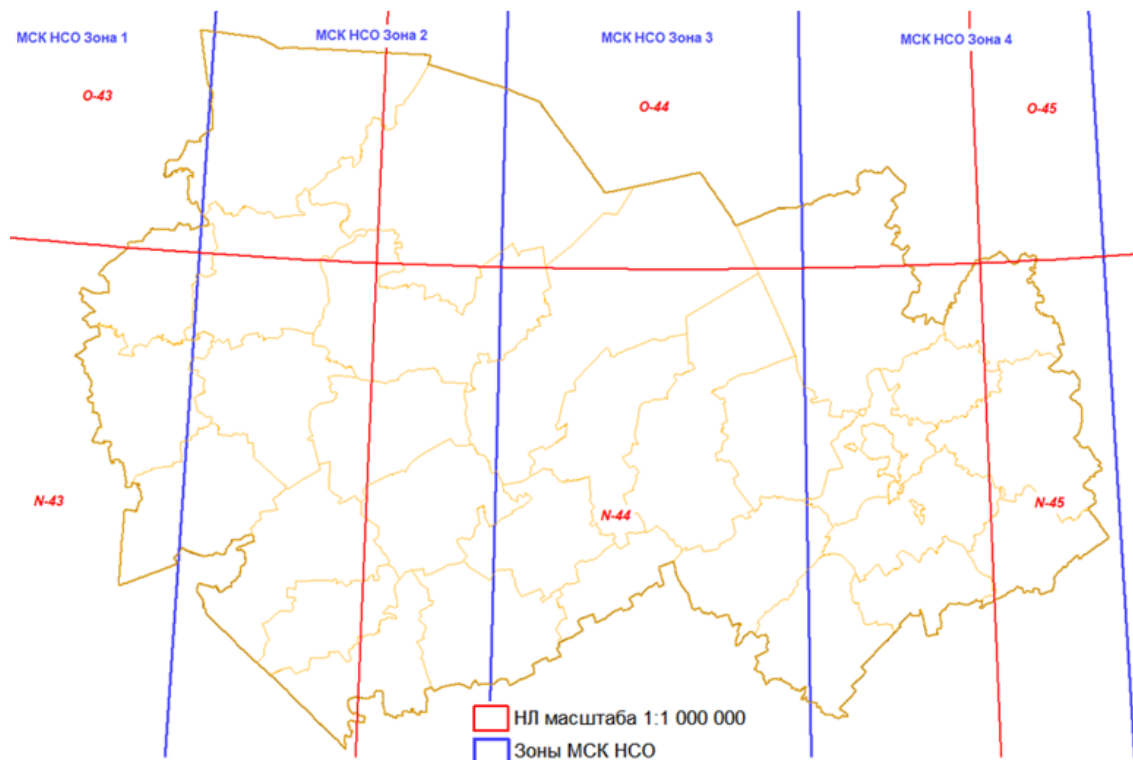


Рисунок 3.13 – Схема расположения координатных зон МСК НСО

Таким образом плоские прямоугольные координаты опорных пунктов ГГС $x_{\text{МСК НСО}}, y_{\text{МСК НСО}}$ в МСК НСО на входе для их перевычисления в «гибридные» геодезические координаты $B_{\text{МСК_МСК НСО}}, L_{\text{МСК_МСК НСО}}, H_{\text{МСК_МСК НСО}}$ в МСК_2011(МСК НСО) рассматриваются как координаты этих пунктов ГГС $x_{\text{МСК}}, y_{\text{МСК}}$ в МСК_2011(МСК НСО) (поскольку по условиям создания «гибридной» МСК они равны), полученные из геодезических координат $B_{\text{МСК_МСК НСО}}, L_{\text{МСК_МСК НСО}}, H_{\text{МСК_МСК НСО}}$ в МСК_2011(МСК НСО) проецированием (по закону проекции Гаусса–Крюгера) с эллипсоида ГСК-2011 (он используется в МСК_2011(МСК НСО)) по параметрам проекции, идентичным параметрам проекции соответствующей зоны МСК НСО. В этой связи плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК НСО}}, y_{\text{МСК НСО}}$ в МСК НСО опорных пунктов ГГС, находящиеся в различных зонах МСК НСО, должны быть перевычислены в плоские прямоугольные координаты в единой координатной зоне МСК НСО.

Только в таком виде, будучи представленными в единой координатной зоне МСК НСО, плоские прямоугольные координаты $x_{\text{МСК НСО}}, y_{\text{МСК НСО}}$ опорных пунктов ГГС, покрывающих всю территорию Новосибирской области, могут быть восприняты для их преобразования в геодезические $B_{\text{МСК_МСК НСО}}, L_{\text{МСК_МСК НСО}}, H_{\text{МСК_МСК НСО}}$ и далее в пространственные прямоугольные координаты $X_{\text{МСК_МСК НСО}}, Y_{\text{МСК_МСК НСО}}, Z_{\text{МСК_МСК НСО}}$ в МСК_2011(МСК НСО), см. рисунок 3.12. И уже эти пространственные прямоугольные координаты $X_{\text{МСК_МСК НСО}}, Y_{\text{МСК_МСК НСО}}, Z_{\text{МСК_МСК НСО}}$ опорных пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО) в паре с их пространственными прямоугольными координатами $X_{2011}, Y_{2011}, Z_{2011}$ в ГСК-2011 будут использоваться для вычисления по методу наименьших квадратов оптимальных параметров ортогонального пространственного преобразования Гельмерта между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО).

Вышеуказанное требование о получении плоских прямоугольных координат опорных пунктов ГГС в единой зоне целевой системы координат МСК НСО накладывает определенные условия на программное обеспечение геоинформационных систем (ПО ГИС) и иное специализированное ПО, используемое для преобразования координат, в части корректности используемых в них алгоритмов и обеспечиваемой этими алгоритмами точности. Так, в случае создания МСК_2011(МСК

НСО), единая координатная зона МСК НСО (с центральным меридианом, допустим, зоны № 3, рисунок 3.13) будет представлять из себя координатную зону шириной 12° по долготе, а максимальное удаление от центрального меридиана такой зоны пересчитываемой точки может достигать 9° .

В этой связи ПО ГИС и иные ПО, реализующие функции пересчета из плоских прямоугольных координат в геодезические (и обратно), а также из одной координатной зоны в другую (что также обычно реализуется через пересчет плоских прямоугольных координат в геодезические) при ширине зоны больше стандартной в 6° , должны быть проверены на точность этих координатных преобразований [149].

В работе проведены исследования с целью проверки алгоритмов и ПО, применяемых для осуществления пересчета плоских прямоугольных координат из зоны в зону, а также из плоских прямоугольных координат в геодезические координаты [148]. Для рассматриваемого выше случая (на территории Новосибирской области путем объединения четырех трехградусных координатных зон создается единая координатная зона шириной 12°) целесообразно использовать алгоритмы и программное обеспечение, позволяющие выполнять пересчет плоских прямоугольных координат в смежные зоны и в геодезические при удалении от осевого меридиана до 9° с точностью не хуже 1 см.

С целью проверки точности вышеуказанных видов координатных преобразований проведено тестирование ПО ГИС и ПО для обработки ГНСС-измерений (таблицы 3.14, 3.15), которые часто применяются для решения подобных задач [145]. В качестве эталона использован источник [104], откуда для программирования взяты: формулы VI.144, VI.145 и пример пересчета плоских прямоугольных координат между двумя шестиградусными зонами (таблица 39); формулы VI.23, VI.24 и пример пересчета плоских прямоугольных координат в геодезические (таблица 25). В источнике [104] приведены формулы для произвольного эллипсоида, позволяющие перевычислить плоские прямоугольные координаты в геодезические с точностью 1 см, а плоские прямоугольные координаты между смежными шестиградусными зонами с точностью 5 мм при разности долгот до 9° . Здесь также приведен пример пересчетов для точки, удаленной по долготе на 9° от осевого меридиана. То

есть, формулы из [104] и приведенные здесь примеры пересчета координат полностью подходят для рассматриваемого в работе случая создания единой координатной зоны шириной 12° с наибольшим удалением от осевого меридиана зоны до 9° .

Результаты указанных выше пересчетов координат контрольной точки, удаленной на 9° от центрального меридиана зоны СК-95 (от которой создана МСК НСО), показаны в таблицах 3.14 и 3.15 соответственно.

Таблица 3.14 – Погрешность пересчета в СК-95 плоских прямоугольных координат контрольной точки в смежную (западную) шестиградусную зону

Название ПО, источника	Погрешность (м)	
	по x	по y
Leica GeoOffice	0,004	0,066
GeoMedia Professional	0,000	0,000
MapInfo Professional	-0,002	0,070
Кредо Трансдор	0,000	0,000
Морозов, VI.24, таблица 39	0,001	0,003

Таблица 3.15 – Погрешность пересчета в СК-95 плоских прямоугольных координат контрольной точки в геодезические координаты

Название ПО, источника	Погрешность ("/м)	
	по широте (B)	по долготе (L)
Leica GeoOffice	-0,00132/-0,041	0,0348/0,765
GeoMedia Professional	0,00004/0,0012	-0,00003/-0,0007
MapInfo Professional	-0,0016/-0,03	0,035/1,070
Кредо Трансдор	-0,000006/0,0002	0,0000408/0,0007
Морозов, VI.24, таблица 25	-0,0001/0,0032	0,0004/0,0064

Из таблицы 3.14 видно, что пересчет координат контрольной точки, находящейся в 3° к востоку от осевого меридиана шестиградусной зоны №15 в смежную шестиградусную зону №14 (при этом удаление от осевого меридиана зоны №14 достигает 9°) в ПО *Leica GeoOffice* (LGO) и *MapInfo Professional* осуществляется с погрешностью в ординате 6,6 и 7,0 см соответственно. Но в ПО *GeoMedia*

Professional и Кредо Транскор этот пересчет осуществляется с погрешностью менее 1 см и координаты совпадают с результатом пересчета по формулам из источника [104], а также с одним из вариантов, указанных в примерах источника [104]. Ошибка координат, приведенных в примере источника [104] (0,1 и 0,3 см по оси абсцисс и ординат соответственно), вычислена как разность из двух вариантов преобразования координат, приведенных в этом примере.

Пересчет плоских прямоугольных координат этой же контрольной точки, находящейся в 9° от осевого меридиана шестиградусной зоны № 14, в геодезические координаты, в ПО *LGO* и *MapInfo Professional* также дал недопустимые погрешности, которые достигают по оси ординат 0,765 и 1,070 м соответственно, см. таблицу 3.15. Этот же пересчет координат контрольной точки в ПО Кредо Транскор и *GeoMedia Professional* осуществлен с погрешностью менее 1,2 мм (в линейной мере), а в примере, указанном в книге [104], – 6,4 мм, см. таблицу 3.15.

То есть для выполнения вышеуказанных координатных преобразований в пределах единой координатной зоны шириной 12° по долготе с осевым меридианом, расположенным посередине этой зоны, из числа проверенных ПО допустимо применять только ПО Кредо Транскор и *GeoMedia Professional*. Дальнейшие эксперименты в работе проводились с применением отечественного ПО Кредо Транскор, в котором как осуществлялись все пересчеты координат в ГСК-2011/МСК НСО, так и выполнялось вычисление параметров преобразования между СК (см. рисунок 3.12).

3.2.1.2 Особенности работы с координатными зонами в «гибридной» МСК

Преобразование из одной зоны в другую в многозональных (государственных и местных) системах координат (СК) является рутинной операцией и осуществляется путем пересчета от плоских прямоугольных координат в исходной зоне СК (с ее осевым меридианом) в геодезические координаты на эллипсоиде, используемом в данной СК, а затем в плоские прямоугольные координаты в другой, целевой зоне (к ее осевому меридиану). Эта функция пересчета из одной зоны в другую в одной

и той же системе координат заложена во все ПО ГИС, ПО для обработки ГНСС-измерений и в другое специализированное программное обеспечение.

Однако в единой МСК Новосибирской области, образуемой от ГСК-2011, в соответствии с разработанной методологией построения ЕВКП субъекта РФ, применяется новый, «гибридный» вид МСК – МСК_2011(МСК НСО). МСК_2011(МСК НСО) – это промежуточная МСК между ГСК-2011 (используется эллипсоид ГСК-2011) и МСК НСО (используется эллипсоид Красовского) и таргетирована на обеспечение совпадения плоских прямоугольных координат в ней и в целевой системе координат МСК НСО. При этом в самой МСК_2011(МСК НСО) используется эллипсоид ГСК-2011. Таким образом, если пересчитать плоские прямоугольные координаты из зоны № 3 МСК_2011(МСК НСО), которые совпадают с плоскими прямоугольными координатами в зоне № 3 МСК НСО, рисунок 3.14, в смежную зону № 2 МСК_2011(МСК НСО) (где плоские прямоугольные координаты должны совпадать с плоскими прямоугольными координатами в зоне № 2 МСК НСО) используя при этом для задания зоны № 2 МСК_2011(МСК НСО) параметры проекции зоны № 2 МСК НСО, то полученный результат даст плоские прямоугольные координаты, не совпадающие с аналогичными координатами зоны № 2 МСК НСО на существенные величины (от 1 до 10 м по осям абсцисс и ординат соответственно). Так происходит потому, что для пересчета в смежную зону № 2 МСК_2011(МСК НСО) используются параметры эллипсоида ГСК-2011, в то время как для зоны № 2 МСК НСО, смежной по отношению к зоне № 3 МСК НСО – эллипсоид Красовского. Эта разница в 1–10 м в плоских прямоугольных координатах является следствием использования для пересчета координат между зонами разных геометрических параметров эллипсоидов ГСК-2011 и Красовского.

Для того, чтобы все же получить плоские прямоугольные координаты в зоне № 2 МСК_2011(МСК НСО), совпадающие с аналогичными координатами в зоне № 2 МСК НСО, есть два подхода: традиционный (не основной, приведен для иллюстрации потенциальной возможности его использования) и инновационный (основной). Описание данных подходов изложено ниже:

а) традиционный подход работы с зонами в МСК_2011(МСК НСО).

Суть традиционного подхода работы с зонами в «гибридной» МСК показана на рисунке 3.14, где на примере зон № 2–4 МСК_2011(МСК НСО) продемонстрирован пересчет из центральной зоны № 3 МСК_2011(МСК НСО) в смежные зоны № 2, 4. Проследуем по показанному на схеме (см. рисунок 3.14) пути преобразования координат, начиная от ГСК-2011. Следует понимать, что Параметры 1(МСК НСО3) перехода от ГСК-2011 к зоне № 3 МСК_2011(МСК НСО) определены именно для этой зоны, т. е. координаты опорных пунктов ГГС из всех четырех зон МСК НСО для их определения были предварительно пересчитаны в единую зону № 3 МСК НСО.

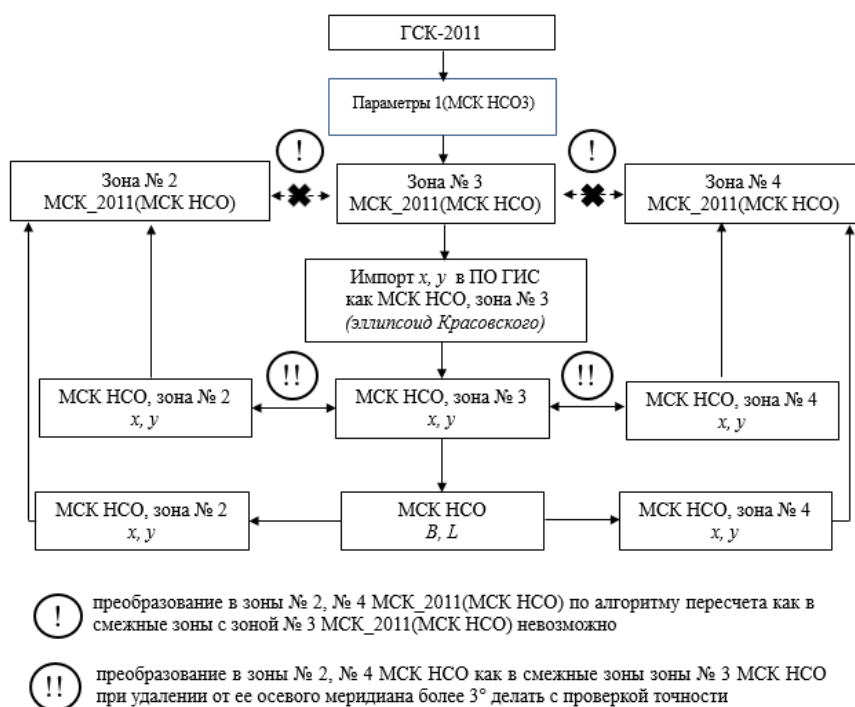


Рисунок 3.14 – Схема координатных преобразований в смежные зоны МСК_2011(МСК НСО) с использованием традиционного подхода

На схеме показано и дана поясняющая сноска внизу, что пересчет из зоны № 3 МСК_2011(МСК НСО), полученный по Параметрам 1(МСК НСО3) от ГСК-2011, в смежные зоны невозможен, причины этого изложены ранее.

Для пересчета в смежные зоны предлагается действовать дальше следующим образом.

1 Плоские прямоугольные координаты в зоне № 3 МСК_2011(МСК НСО), вычисленные на эллипсоиде, применяемом в этой МСК (эллипсоид ГСК-2011), импортировать в ПО ГИС как координаты в зоне № 3 МСК НСО, для чего в ПО ГИС задать параметры проекции этой же МСК НСО (с эллипсоидом Красовского).

2 Полученные в п. 1 плоские прямоугольные координаты в МСК НСО уже являются полноценными координатами в этой системе координат, и они могут быть преобразованы стандартными инструментами ПО ГИС в смежные зоны № 2 и № 4 МСК НСО. На схеме лишь дается предупреждение (сноска внизу схемы), что при удалении преобразуемых данных на величину более чем 3° от осевого меридиана зоны во многих ПО может быть погрешность пересчета, вызванная применением упрощенных формул пересчета из зоны в зону. Поэтому для такого случая более надежный путь – преобразовать полученные в п. 2 данные в геодезические координаты B, L и уже их пересчитать в смежные зоны.

3 Последним этапом вычисления является импорт плоских прямоугольных координат в смежных зонах № 2, и 4 в МСК НСО в МСК_2011(МСК НСО), где они уже будут восприниматься как плоские прямоугольные координаты в смежных зонах № 2, и 4 МСК_2011(МСК НСО).

Очевидно, что такой метод неудобен и он приведен в настоящей Инструкции лишь для иллюстрации двойственной зависимости плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК НСО) от координат в исходной (ГСК-2011) и в целевой (МСК НСО) системах координат и возможному пути преобразования в смежные зоны МСК_2011(МСК НСО) с соблюдением этих зависимостей;

б) инновационный подход работы с зонами в МСК_2011(МСК НСО).

Гибридная МСК_2011(МСК НСО), таргетированная на совпадение плоских прямоугольных координат в ней и в целевой системе координат, является новым видом МСК, созданной от ГСК-2011 в виде пространственной системы координат. Понятие зоны такой системы координат становится отличным от трактовки этого термина, которое использовалось в плоских местных системах координат, к которым относятся практически все МСК, созданные ранее в Российской Федерации [153].

Ранее все МСК были плоскими, и как конкретная МСК в целом, так и все ее зоны относились к одному эллипсоиду (с его едиными геометрическими параметрами и его неизменным положением в пространстве), т. е. набор геодезических дат (датум) всех зон плоской МСК был одинаковым, единым, совпадающим с датумом материнской государственной системы координат (СК-42 или СК-95), от которой они образованы. Для разных зон плоских МСК менялись только параметры проекции с эллипсоида на плоскость: положение осевого меридиана зоны и величины смещений по осям координат.

МСК_2011(МСК НСО) создается на территорию, покрываемую четырьмя зонами МСК НСО. Технология создания гибридной МСК предполагает для определения Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и такой МСК преобразование плоских прямоугольных координат в целевой СК в единую зону для дальнейшего проецирования на эллипсоид ГСК-2011 по законам проекции Гаусса–Крюгера по параметрам этой единой зоны с целью получения геодезических, а затем и пространственных прямоугольных координат опорных пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО). Таким образом, выбор зоны целевой МСК, которая станет единой зоной для МСК_2011(МСК НСО), и определяет ту зону, в которой будет создана МСК_2011(МСК НСО). При выборе зоны № 3 МСК НСО (см. рисунок 3.14) в качестве целевой для МСК_2011(МСК НСО) будут определены Параметры 1(МСК НСО3) перехода между ГСК-2011 и зоной 3 МСК_2011(МСК НСО), обозначение МСК НСО3. При выборе для МСК_2011(МСК НСО) в качестве целевой других зон МСК НСО (зоны № 1, 2, 4) будут определены Параметры 1(МСК НСО1), Параметры 1(МСК НСО2), Параметры 1(МСК НСО4) соответственно перехода между ГСК-2011 и другими зонами МСК_2011(МСК НСО) (зоны 1, 2, 4 с обозначением МСК_2011(МСК НСО1), МСК_2011(МСК НСО2), МСК_2011(МСК НСО4) соответственно).

Таким образом, в отличие от плоских МСК, гибридная МСК_2011(МСК НСО) имеет для каждой своей зоны свой отдельный датум, в котором используется один и тот же эллипсоид ГСК-2011, однако его положение в пространстве будет разным. Т. е., чтобы компенсировать различие геометрических параметров эллипсоидов ГСК-2011 и Красовского, применяемых в МСК_2011(МСК НСО) и в целевых зонах МСК НСО (МСК НСО1, МСК НСО2, МСК НСО3, МСК НСО4) соответственно,

при переходе от одной зоны гибридной МСК к другой ее зоне, эллипсоид ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСО) следует переместить в пространстве и «подкрутить» (а с научной точки зрения определить семь параметров положения эллипсоида ГСК-2011 в данной зоне МСК_2011(МСК НСО) относительно референчного эллипсоида ГСК-2011 в ГСК-2011)) так, чтобы вычисленные по этим параметрам плоские прямоугольные координаты в данной зоне МСК_2011(МСК НСО) совпали с плоскими прямоугольными координатами в соответствующей зоне целевой МСК НСО.

В связи с вышеизложенным отличием зон в плоской МСК от зон в гибридной МСК, для каждой зоны гибридной МСК должны быть определены свои параметры перехода к ГСК-2011. Следует при этом отметить, что Параметры 1(МСК НСО) для каждой из зон МСК_2011(МСК НСО) будут отличаться, однако точность их получения будет идентичной, т. к. для определения этих параметров использован единый набор опорных пунктов ГГС, расположенных на территории МСК_2011(МСК НСО), координаты которых для этого в виде плоских прямоугольных координат были преобразованы в каждую из соответствующих зон целевой МСК – МСК НСО.

Таким образом, с учетом наличия у каждой из зон МСК_2011(МСК НСО) своих параметров перехода к ГСК-2011, преобразования между ГСК-2011 и зонами МСК_2011(МСК НСО) будут осуществляться по схеме, показанной на рисунке 3.15. Пользоваться такой технологией преобразования между ГСК-2011 и зонами МСК_2011(МСК НСО) очень просто. Для этого каждая из зон МСК_2011(МСК НСО) описывается в соответствующем ПО ГИС как отдельная МСК: ей задается свой датум (желательно во избежание путаницы его наименование давать идентичным самой зоне МСК_2011(МСК НСО)); и ей задается своя проекция. Преобразование из ГСК-2011 в соответствующую зону МСК_2011(МСК НСО) осуществляется в ПО ГИС выбором нужной целевой системы координат: МСК_2011(МСК НСО1), МСК_2011(МСК НСО2), МСК_2011(МСК НСО3), МСК_2011(МСК НСО4). Т. е. называемые зонами МСК_2011(МСК НСО) – МСК_2011(МСК НСО1), МСК_2011(МСК НСО2), МСК_2011(МСК НСО3), МСК_2011(МСК НСО4) фактически являются самостоятельными системами координат с полным набором атрибутов СК: эллипсоидом, его датумом, и проекцией с эллипсоида на плоскость.

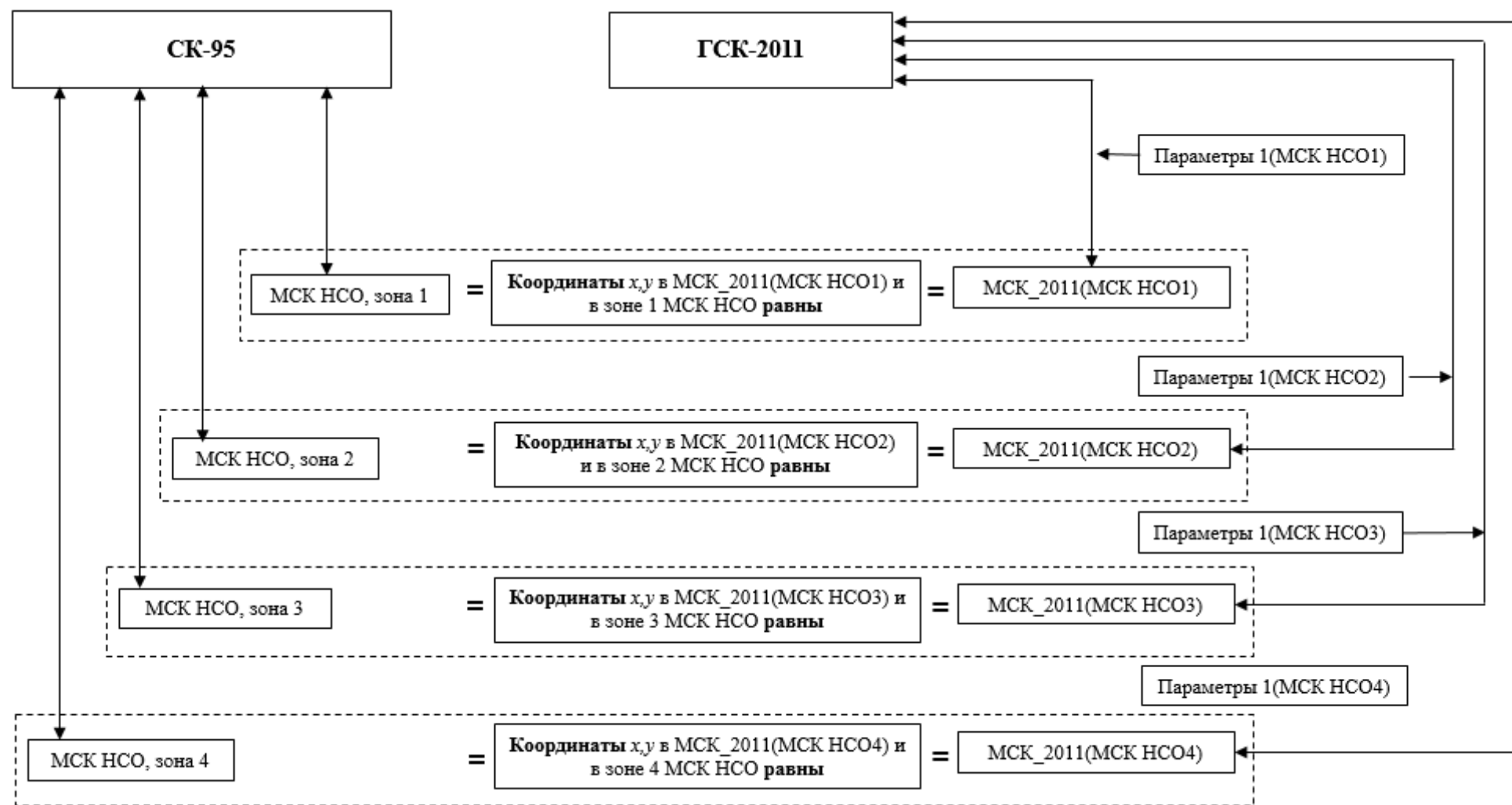


Рисунок 3.15 – Технологическая схема координатных преобразований между ГСК-2011 и зонами МСК_2011(МСК НСО)

3.2.1.3 Определение оптимальных параметров перехода между ГСК-2011 и «гибридной» МСК_2011(МСК НСО)

Качество определения параметров перехода между двумя системами координат является важным аспектом процесса разработки и установления государственных и местных систем координат и, в этой связи, исследуется многими учеными [3, 5, 100, 101, 111, 112, 157]. Для «гибридной» МСК этот процесс имеет специфический характер. Как было показано ранее, оптимальные Параметры 1(МСК НСО) преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) определяются по единому набору опорных пунктов ГГС, равномерно расположенных на территории Новосибирской области. Для этого плоские прямоугольные координаты всех опорных пунктов ГГС, формирующих единый набор и покрывающих всю территорию области, в МСК НСО последовательно преобразуются в каждую из зон МСК НСО. Затем от них последовательно вычисляются геодезические и пространственные прямоугольные координаты в МСК_2011(МСК НСО) с использованием параметров эллипсоида ГСК-2011, который применяется в этой «гибридной» МСК. Таким образом получаются четыре набора пространственных прямоугольных координат $X_{\text{МСК_МСК НСО}}$, $Y_{\text{МСК_МСК НСО}}$, $Z_{\text{МСК_МСК НСО}}$ опорных пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО) для каждой зоны МСК_2011(МСК НСО). Затем координаты этих же опорных пунктов ГГС, входящих в единый набор Новосибирской области, преобразуются из плоских прямоугольных в пространственные прямоугольные координаты X_{2011} , Y_{2011} , Z_{2011} в ГСК-2011.

Используя единый набор пространственных прямоугольных координат X_{2011} , Y_{2011} , Z_{2011} опорных пунктов ГГС в ГСК-2011 и четыре набора пространственных прямоугольных координат $X_{\text{МСК_МСК НСО}}$, $Y_{\text{МСК_МСК НСО}}$, $Z_{\text{МСК_МСК НСО}}$ опорных пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО) вычисляются Параметры 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) для каждой из зон МСК_2011(МСК НСО): Параметры 1(МСК НСО1), Параметры 1(МСК НСО2), Параметры 1(МСК НСО3), Параметры 1(МСК НСО4) для зон № 1-4 МСК_2011(МСК НСО) – МСК_2011(МСК

НСО1), МСК_2011(МСК НСО2), МСК_2011(МСК НСО3), МСК_2011(МСК НСО4) соответственно.

При этом четыре набора Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и четырьмя зонами МСК_2011(МСК НСО) будут иметь, безусловно, разные числовые значения, однако точность их определения будет одинаковой, поскольку фактически при вычислении каждого набора этих параметров использовались одни и те же наборы опорных пунктов ГГС, только представленные в виде плоских прямоугольных координат в разных зонах МСК НСО.

Под точностью определения Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и четырьмя зонами МСК_2011(МСК НСО) здесь и далее будем подразумевать не точность получения непосредственно каждого из семи элементов трансформирования, входящих в эти параметры, а точность преобразования с их использованием плановых координат опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО). Дело в том, что Параметры 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и создаваемой на ее основе пространственной местной системой координат МСК_2011(МСК НСО) несут в себе не только плановую, но и высотную компоненту, что позволяет осуществлять преобразование как плановых координат, так и геодезической высоты. Однако для определения с одинаковой точностью плановой и высотной компонент в параметрах преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) требуется знание точных геодезических высот над эллипсоидом ГСК-2011, что при получении координат в ГСК-2011 и МСК НСО наземными методами проблематично, так как в этом случае имеется только точная нормальная высота.

Для решения задач преобразования плоских прямоугольных координат в ГСК-2011 в геодезические координаты и дальнейшего получения пространственных прямоугольных координат в ГСК-2011, а также для преобразования плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК НСО) в геодезические и далее в пространственные прямоугольные координаты в МСК_2011(МСК НСО) геодезическая высота точек над эллипсоидом ГСК-2011 (этот эллипсоид применяется в ГСК-

2011 и в МСК_2011(МСК НСО)) может быть приравнена к нормальной высоте. Допускаемая при этом погрешность в определении геодезической высоты, вызванная игнорированием величины ондуляции квазигеоида над эллипсоидом ГСК-2011 (не превышает величины 50 м на территории РФ), приводит к увеличению погрешности определения высотной компоненты в определяемых параметрах преобразования. Однако, как это было подтверждено в работах [142, 143], такое допущение не влияет на точность преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) плановых (геодезических B , L и плоских прямоугольных x , y) координат с использованием полученных таким образом Параметров 1(МСК НСО).

Однако вышеуказанная погрешность в определении геодезической высоты опорных пунктов ГГС вносит аналогичную по величине составляющую в погрешность определения каждого из семи Параметров преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО), вследствие чего оценка точности вычисления таких параметров, сделанная по методу наименьших квадратов (МНК), будет указывать на значительные ошибки их вычисления. Однако в свете решаемой задачи создания ЕВКП субъекта РФ, подразумевающую только плановую (горизонтальную) составляющую координат, целесообразно иметь оценку точности определения Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) в плане, без учета вертикальной составляющей.

В этой связи в исследовании оценка точности определения Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) осуществлялась по разностям плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК НСО), вычисленным от ГСК-2011 с использованием вновь полученных Параметров 1(МСК НСО), с их эталонными значениями в целевой системе координат МСК НСО. По разностям координат также вычислялись изменения планового положения пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО) по сравнению с их начальным положением в МСК НСО.

В качестве критериев для оценки точности совпадения плоских прямоугольных координат пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО) с их эталонными значениями в МСК НСО в работе использовались следующие оценки: средняя квадратическая

погрешность (СКП); средняя погрешность (СП); максимальная (МаксП) и минимальная (МинП) величины погрешностей, определяемые по разностям плоских прямоугольных координат опорных пунктов ГГС, вычисленных путем преобразования по Параметрам 1(МСК НСО) из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСО) и их эталонных (каталожных) версий в МСК НСО, официально полученных из ФФПД.

При этом под максимальной и минимальной погрешностью определения параметров преобразования понимается соответственно максимальная и минимальная величина разности плоских прямоугольных координат опорных пунктов ГГС по соответствующим осям координат, а также максимальное и минимальное несовпадение положений пунктов в плане из всех полученных значений.

Под средней погрешностью определения Параметров 1(МСК НСО) преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) понимается средняя величина разности плоских прямоугольных координат опорных пунктов ГГС по соответствующим осям координат, а также средняя величина несовпадений положений пунктов ГГС в плане из всех полученных значений.

Под средней квадратической погрешностью определения Параметров 1(МСК НСО) преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) понимается величина СКП разностей плоских прямоугольных координат опорных пунктов ГГС по соответствующим осям координат, а также СКП несовпадений положений пунктов в плане из всех полученных значений.

Под оптимальностью в определении Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) понимается несколько аспектов:

– во-первых сама по себе процедура отыскания семи элементов ортогонального трансформирования между двумя пространственными системами координат по набору опорных пунктов ГГС, координаты которых представлены в этих СК, осуществляется с применением метода наименьших квадратов, который в теории математической обработки геодезических измерений считается оптимальным в смысле поиска таких поправок к уравниваемым величинам, сумма квадратов которых является минимальной из всех возможных. Таким образом, отыскание Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО) даже в

одном варианте, для одной территории, по одному набору опорных пунктов, если для этого был применен МНК, считается оптимальным;

– во-вторых, для одной и той же территории может быть создано несколько «гибридных» МСК_2011(МСК НСО) с целью максимально приблизить координаты в ней и в МСК НСО. И в этом смысле возможно разбиение территории на несколько участков, создание на каждом участке отдельных МСК со своими параметрами, отыскание оптимальных (в смысле максимального приближения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК НСО) к МСК НСО) Параметров 1(МСК НСО) для каждого из этих участков. Однако в рамках задачи разработки методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ приоритетом является установление в регионе единой МСК. В этой связи изыскания по отысканию оптимального варианта дробления единой МСК, расположенной на территории субъекта РФ, не проводились. Однако на территории больших по площади субъектов РФ возможно применение разработки в варианте определения Параметров 1 перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN) по наборам опорных пунктов ГГС, покрывающих не весь регион, а только некоторую его часть. Очевидно, что с целью хорошей совместимости на стыках таких участков опорные пункты ГГС должны использоваться с перекрытием, обеспечивающим требуемый уровень точности;

– в-третьих, для одной и той же территории, в том числе для территории Новосибирской области, можно использовать различное количество разных по точности опорных пунктов ГГС, которые дадут разный результат: разные Параметры 1(МСК НСО), разную степень приближения МСК_2011(МСК НСО) к МСК НСО, разную точность. Однако при выборе пунктов ГГС в качестве опорных следует выбирать те из них, координаты которых в ГСК-2011 определены из спутниковых измерений.

В связи с вышеизложенным, в соответствии с установленным приоритетом создания ЕВКП региона и имеющимися исходными данными, из вышеуказанных вариантов оптимизации в отыскании Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и вновь устанавливаемой в Новосибирской области «гибридной» МСК_2011(МСК

НСО), оптимизация Параметров 1(МСК НСО) здесь была выполнена путем применения МНК при их отыскании, а также использования для их вычисления в качестве опорных пунктов ГГС, находящихся в регионе, координаты которых в ГСК-2011 получены из спутниковых измерений с высокой точностью.

3.2.2 Реализация методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на «Переходе типа II» (на примере Новосибирской области)

В работе осуществлена реализация методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на «Переходе типа II» (на примере Новосибирской области) между ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3 (под которыми имеем в виду СК-95, ГСК-2011 соответственно) путем установления «гибридной» МСК в качестве единой МСК региона. Для этого, в соответствии с ранее изложенной технологией создания «гибридной» МСК, см. рисунок 3.12, в том числе согласно ранее изложенными рекомендациями по выбору опорных пунктов ГГС, были выбраны 60 опорных пунктов ГГС, равномерно расположенных на территории Новосибирской области, рисунок 3.16, [124, 154].

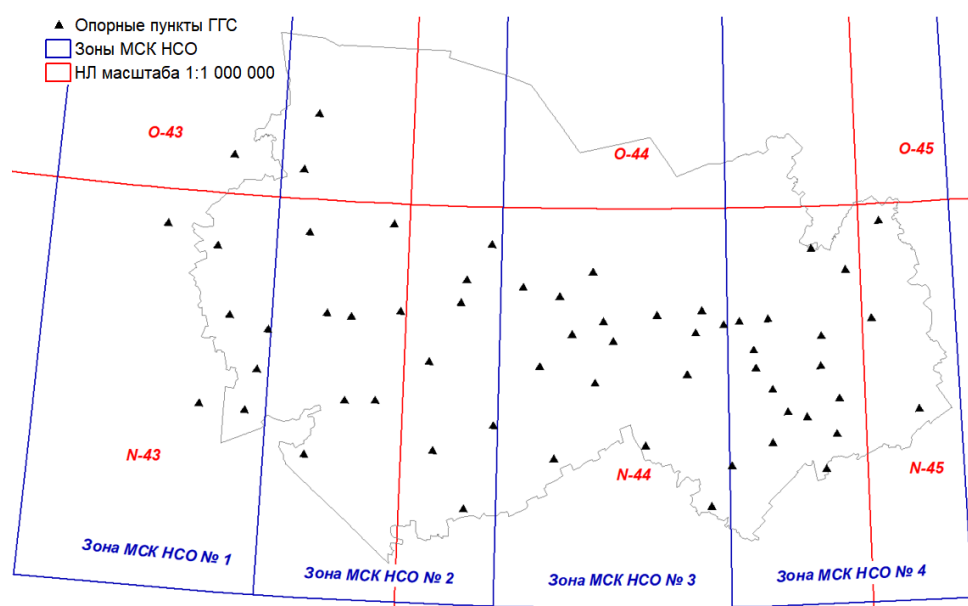


Рисунок 3.16 – Схема расположения на территории Новосибирской области опорных пунктов ГГС в зоне создания МСК_2011(МСК НСО)

Координаты этих опорных пунктов ГГС получены: в ГСК-2011 спутниковыми методами с точностью СГС-1 (часть из них является пунктами СГС-1, а другая – определена из ГНСС-измерений с аналогичной точностью); в МСК НСО вычислены от СК-95 по официально установленным параметрам перехода (ключам) с последующим преобразованием из четырех трехградусных зон МСК НСО в единую 12° координатную зону с осевым меридианом зоны № 3 МСК НСО, рисунок 3.17.

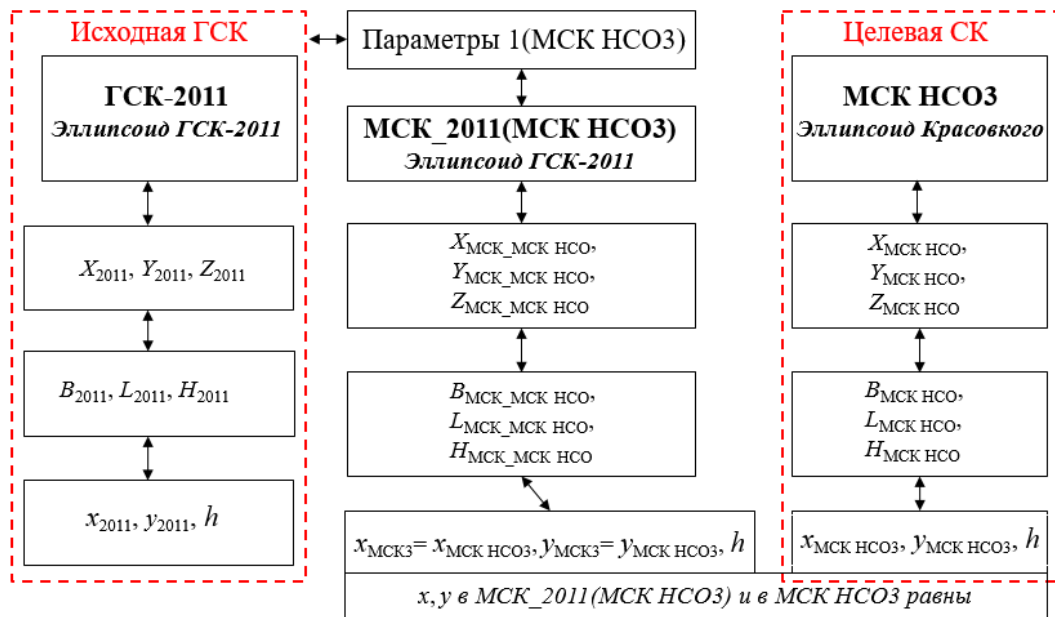


Рисунок 3.17 – Технологическая схема создания от ГСК-2011 единой местной системы координат Новосибирской области в виде «гибридной» МСК_2011(МСК НСО3), зона № 3

Плоские прямоугольные координаты $x_{МСК\ НСО3}, y_{МСК\ НСО3}$ пунктов ГГС в МСК НСО3 (по условиям создания «гибридной» МСК они равны координатам $x_{МСК3}, y_{МСК3}$ пунктов ГГС в этой МСК) были перевычислены (см. рисунок 3.17) в геодезические $B_{МСК_МСК\ НСО}, L_{МСК_МСК\ НСО}, H_{МСК_МСК\ НСО}$ и далее в координаты $X_{МСК_МСК\ НСО}, Y_{МСК_МСК\ НСО}, Z_{МСК_МСК\ НСО}$ в МСК_2011(МСК НСО3). Координаты пунктов ГГС в ГСК-2011, полученные из ГНСС-измерений, были получены сразу в виде координат $X_{2011}, Y_{2011}, Z_{2011}$.

По наборам координат $X_{2011}, Y_{2011}, Z_{2011}$ и $X_{МСК_МСК\ НСО}, Y_{МСК_МСК\ НСО}, Z_{МСК_МСК\ НСО}$ 60 пунктов ГГС в ГСК-2011 и в МСК_2011(МСК НСО3) были определены «Параметры 1(МСК НСО3)» перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСО3).

Оценка точности вычисления Параметров 1(МСК НСОЗ) (в плане) выполнена путем пересчета по ним координат пунктов ГГС из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСОЗ) и сравнением результата с эталонными координатами пунктов ГГС в МСК НСОЗ, вычисленных по ключам от СК-95. Результаты такой оценки точности определения Параметров 1(МСК НСОЗ) приведены на рисунке 3.18 и в таблице 3.16.

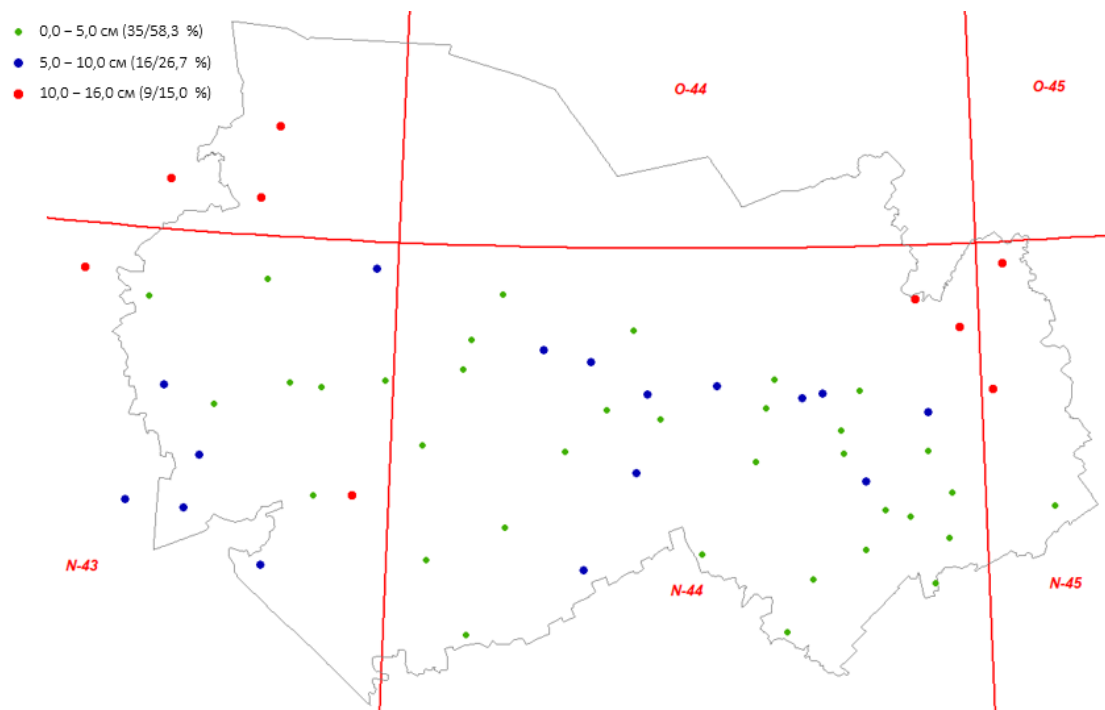


Рисунок 3.18 – Погрешности (в плане) преобразования координат 60 опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСОЗ) по Параметрам 1(МСК НСОЗ)

Таблица 3.16 – Статистика погрешностей преобразования координат пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСОЗ) по Параметрам 1(МСК НСОЗ)

Диапазон погрешностей (в плане), см	Количество погрешностей, шт.	Доля погрешностей, %
0,0–5,0	35	58,3
5,0–10,0	16	26,7
10,0–16,0	9	15,0

Из таблицы 3.16 и рисунка 3.18 видно, что 85,0 % погрешностей преобразования из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСОЗ) по этим параметрам находятся в пределах 10 см, а 15 % – от 10 до 16 см. СКП преобразования составила ± 7 см.

Параметры 1(МСК НСОЗ) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСОЗ) проверены независимо по 335 контрольным пунктам ГГС, не участвовавшим в их определении, координаты которых в ГСК-2011 получены из ГНСС-измерений с сопоставимой с СГС-1 точностью в процессе привязки к ГСК дифференциальных геодезических станций Новосибирской области [32, 80, 86, 88, 95, 107, 124, 156]. Для этого плановые координаты контрольных пунктов ГГС пересчитывались по этим параметрам из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСОЗ) и сравнивались с их эталонными координатами в МСК НСОЗ, вычисленными от СК-95 по параметрам перехода от СК-95 к МСК НСО.

Результаты независимой проверки точности получения Параметров 1(МСК НСОЗ) по этим 335 пунктам ГГС приведены в таблице 3.17 и на рисунке 3.19.

Таблица 3.17 – Статистика погрешностей преобразования координат 335 пунктов ГГС из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСОЗ) по Параметрам 1(МСК НСОЗ)

Диапазон погрешностей (в плане), см	Количество расхождений, шт.	Доля расхождений, %
0,0 – 6,0	211	63,0
6,0 – 12,0	86	25,7
12,0 – 18,0	34	10,1
18,0 – 24,0	4	1,2

Из рисунка 3.19 и таблицы 3.17 видно, что 88,7 % погрешностей пересчета из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСОЗ) по этим параметрам имеют величину менее 12 см, а 11,3 % находятся в диапазоне 12–24 см. СКП пересчета составила ± 8 см.

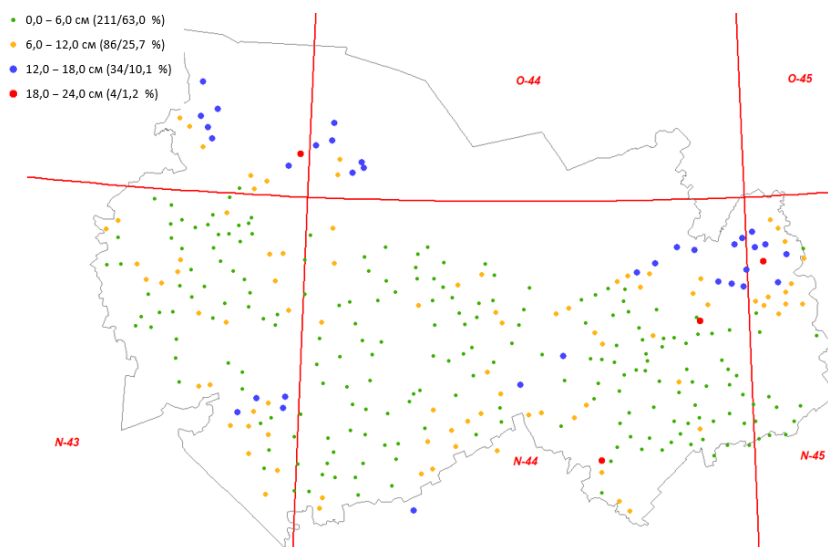


Рисунок 3.19 – Погрешности (в плане) пересчета координат 335 контрольных пунктов ГГС из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСО3) по Параметрам 1(МСК НСО3)

Из результатов анализа видно, что большая часть максимальных погрешностей пересчета координат из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСО3), достигающих 10–16 см и 12–24 см для опорных и контрольных пунктов ГГС соответственно, находятся на севере территории Новосибирской области (см. рисунки 3.18, 3.19). Это обусловлено тем, что на севере региона при уточнении силами ППК «Роскадастр» координат в МСК НСО, уточненных относительно ГСК-2011, выявлены грубые ошибки в координатах пунктов ГГС в СК-95 величиной до 2 м. По этой причине применение Параметров 1(МСК НСО3), оптимально подходящих для 80 % территории Новосибирской области, приводит к таким погрешностям в зоне обнаружения грубых ошибок в СК-95.

Проведенный эксперимент показал, что МСК_2011(МСК НСО), созданная по разработанной в исследовании методологии и технологии, с хорошей точностью (СКП $\pm 7-8$ см) обеспечивает совпадение плоских прямоугольных координат в ней и в МСК НСО, являющейся в настоящее время единой МСК области, в которой ведется ЕГРН и создаются иные ПД. Этим подтверждается, что на территории Новосибирской области «гибридная» МСК_2011(МСК НСО) может быть установлена в качестве единой МСК региона взамен действующей МСК НСО, что не приведет

к необходимости пересчета координатного описания объектов ЕГРН и других видов ПД из МСК НСО в МСК_2011(МСК НСО). Вместе с тем, очень важно, что по сравнению с действующей МСК НСО, вновь установленная «гибридная» МСК_2011(МСК НСО) будет полностью соответствовать законодательству РФ, а ПД, пересчитываемые в нее из ГСК-2011 с применением конформного метода преобразования, в том числе метрическое описание объектов недвижимости в составе ЕГРН, будут полностью соответствовать точности ГСК-2011.

Для сравнения результатов, получаемых по предлагаемой в работе методологии актуализации ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа II» (от СК-95 к ГСК-2011) путем установления в регионе единой «гибридной» МСК, с результатами, полученными ППК «Роскадастр» по их методике такой актуализации путем уточнения МСК субъектов РФ относительно ГСК-2011, выполнен эксперимент. С этой целью координаты 355 пунктов ГГС в единой «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) региона, полученные от их спутниковых координат в ГСК-2011 по ранее определенным Параметрам 1(МСК НСО3), были сравнены с их координатами в МСК НСО3_уточн, вычисленными в МСК НСО3 по методике ППК «Роскадастр» уточнения этих координат относительно ГСК-2011. Для этого координаты в МСК НСО_уточн, полученные из ФФПД, в ПО «Кредо Трансдор» предварительно были пересчитаны из четырех зон МСК НСО в единую, третью зону МСК НСО – МСК НСО3_уточн.

Разность плановых координат 355 пунктов ГГС, вычисленных по двум вышеуказанным методикам, приведены в таблице 3.18 и на рисунках 3.20–3.22.

Таблица 3.18 – Разность координат 355 пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО3) и в МСК НСО3_уточн, уточненных ППК «Роскадастр» относительно ГСК-2011

Разность	По x (см)	По y (см)	В плане (см)
Максимальная	21,2	29,7	30,1
Минимальная	-27,8	-27,1	0,4
Среднее значение	-0,6	-1,4	9,1
СКП	$\pm 7,8$	$\pm 7,6$	$\pm 10,9$

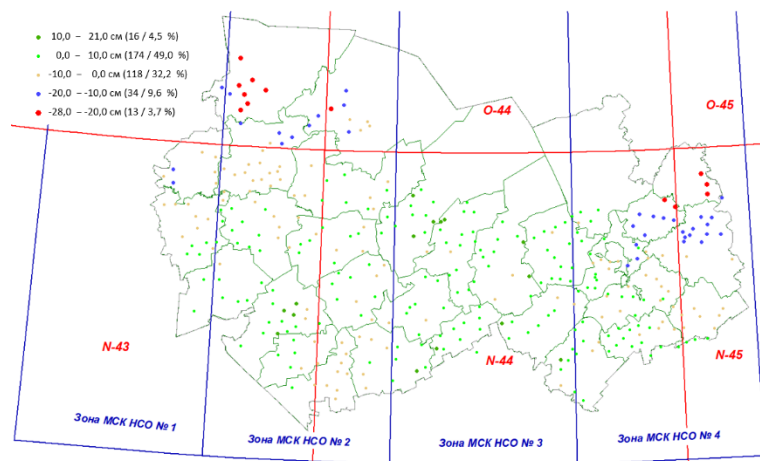


Рисунок 3.20 – Разности по оси абсцисс координат 355 пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСОЗ) и в МСК НСОЗ_уточн, уточненных по методике ППК «Роскадастр» относительно ГСК-2011

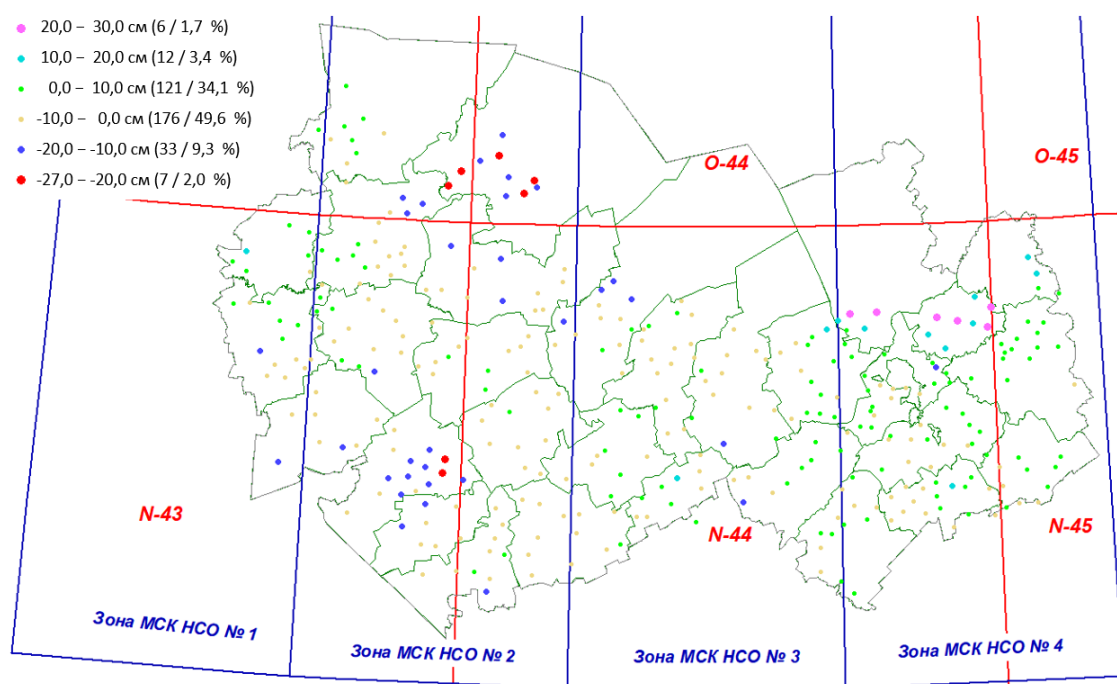


Рисунок 3.21 – Разности по оси ординат координат 355 пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСОЗ) и в МСК НСОЗ_уточн, уточненных по методике ППК «Роскадастр» относительно ГСК-2011

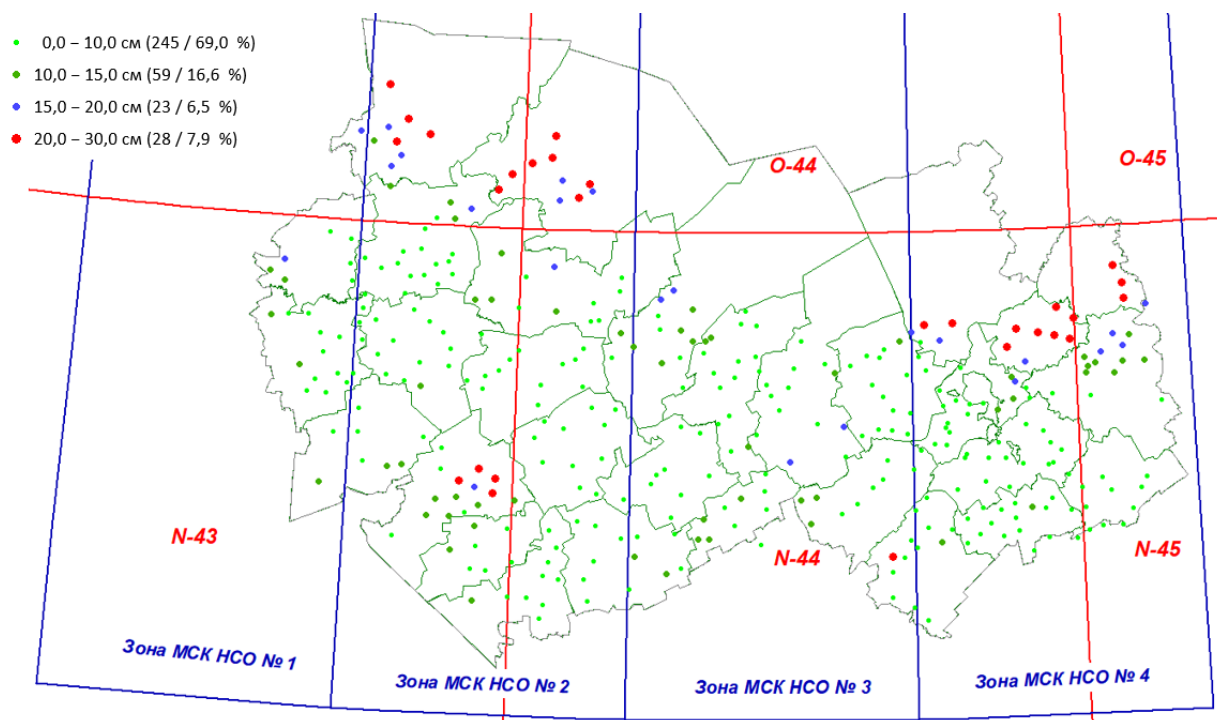


Рисунок 3.22 – Разности в плане координат 355 пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО3) и в МСК НСО3_уточн, уточненных по методике ППК «Роскадастр»

На рисунке 3.20 видно, что 81,2 % разностей координат в МСК_2011(МСК НСО3) и МСК НСО3_уточн по оси абсцисс менее 10 см, а максимальные разности размером от 20 до 28 см составляют 8,2 %. При этом систематической погрешности в вычисленных разностях практически нет (средняя разность равна -0,6 см, см. таблицу 3.18). СКП разностей по оси абсцисс составила равна $\pm 7,8$ см (см. таблицу 3.18).

Разности координат в МСК_2011(МСК НСО3) и в МСК НСО3_уточн по оси ординат имеют аналогичные параметры точности (см. рисунок 3.21): 83,7 % разностей координат менее 10 см; максимальные разности составляют величины от 20 до 30 см, а их доля – менее 3,7 %. Систематическая погрешность в разностях составляет -1,4 см, а СКП разностей по оси ординат равна $\pm 7,6$ см. таблицу 3.18.

85,6 % разностей координат в МСК_2011(МСК НСО3) и МСК НСО3_уточн в плане менее 15 см, а 7,9 % разностей составляют величины от 20,0 до 30,0 см (см. рисунок 3.22). СКП разностей координат в плане составила $\pm 10,9$ см (см. таблицу 3.18).

В полученных результатах можно заметить, что максимальные разности координат в МСК_2011(МСК НСОЗ) и МСК НСОЗ_уточн, уточненных относительно ГСК-2011, в значительной части находятся на севере Новосибирской области (см. рисунки 3.20–3.22). Это обусловлено тем, что в зоне обнаруженных ППК «Роскадастр» грубых ошибок координат в СК-95 (имеющих значение, как было указано ранее, 2 м), интерполяционный метод, использованный ППК «Роскадастр» для получения координат в МСК НСОЗ_уточн, целенаправленно «приближает» уточненные координаты к ошибочным, в то время как конформное преобразование в «гибридной» МСК вычисляет точные и неискаженные координаты в МСК_2011(МСК НСОЗ), соответствующие по точности и однородности ГСК-2011.

То есть результаты пересчета координат 355 пунктов ГГС из ГСК-2011 в МСК НСОЗ, сделанные по двум вышеуказанным методикам, совпали в плановых координатах с СКП $\pm 10,9$ см. При этом несомненно, что координаты в МСК НСОЗ, актуализированной на базе ГСК-2011 по методологии создания «гибридной» МСК_2011(МСК НСОЗ), вызывают больше доверия по следующим причинам:

- для вычисления Параметров 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК НСОЗ) координаты всех пунктов ГГС в ГСК-2011 определены из ГНСС-измерений с точностью СГС-1 (1–2 см). Таким образом ошибки вычисления этих параметров в большей части вызваны более значительными величинами ошибок координат пунктов ГГС в МСК НСОЗ (фактически в СК-95) по сравнению с погрешностями их координат в ГСК-2011;

- для преобразования координат из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСОЗ) в соответствии с методологией создания «гибридной» МСК применено ортогональное (конформное) пространственное преобразование Гельмерта, что исключает ошибки метода пересчета в координатах в МСК_2011(МСК НСО).

Однако по методике ППК «Роскадастр» утонения координат в МСК НСО_уточн относительно ГСК-2011 было использовано лишь незначительное количество исходных пунктов ГГС, координаты которых в ГСК-2011 определены из спутниковых измерений (спутниковые пункты). Координаты остальных же пунктов ГГС в ГСК-2011 могли быть определены путем интерполяции относительно

спутниковых пунктов ГГС или для этого использовались координаты пунктов ГГС в ГСК-2011, полученные при уравнивании наземных геодезических измерений совместно с пунктами ФАГС, ВГС, СГС-1 при установлении ГСК-2011, что внесло свою ошибку в координаты пунктов ГГС в МСК НСО3_уточн [154]. Кроме того, преобразование координат путем интерполяции по цифровым моделям деформаций координат ГСК-2011 относительно СК-95 (на базе которой создана МСК НСО) также привнесло свои ошибки.

Результат эксперимента по сравнению координат в единой, «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) субъекта Российской Федерации, созданной на базе ГСК-2011, с координатами, полученными в МСК НСО_уточн по методике ППК «Роскадастр» путем утонения координат в МСК НСО относительно ГСК-2011, показал совпадение координат с СКП $\pm 10,9$ см. При этом отдельные разности координат (составляющие в плане величины от 20 до 30 см) составляют менее 7,9 % всех разностей и вызваны преимущественно погрешностями получения координат в МСК НСО_уточн: ошибками координат пунктов ГГС в ГСК_2011, полученных неспутниковыми методами, а также погрешностью интерполяционных методов преобразования координат с использованием ЦМДК СК-95 относительно ГСК-2011.

Таким образом, реализация методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа II», осуществленная на примере Новосибирской области, подтвердила возможность и высокую точность создания «гибридной» МСК в качестве единой МСК региона, охватывающего по долготе четыре трехградусную координатные зоны. На основании 60 опорных пунктов ГГС, координаты которых в ГСК-2011 определены спутниковыми методами с точностью, соответствующей СГС-1, получены Параметры 1(МСК НСО3) преобразования из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК НСО3), позволяющие осуществлять пересчет плановых координат между этими системами координат с СКП ± 7 см. Независимая проверка Параметров 1(МСК НСО3) по 335 контрольным пунктам ГГС, координаты которых определены спутниковыми методами с сопоставимой с СГС-1 погрешностью, подтвердила их высокую точность. СКП определения координат 335 контрольных

пунктов ГГС в МСК_2011(МСК НСО3) по Параметрам 1(МСК НСО3) составила ± 8 см.

Таким образом, для территории Новосибирской области создание «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) в качестве основы единого высокоточного координатного пространства региона возможно с СКП 7–8 см (при оценке по опорным пунктам и независимой оценке по контрольным пунктам соответственно), что практически обеспечивает требования по точности создания топографических планов вплоть до масштаба 1 : 500, а также по СКП определения координат характерных точек объектов недвижимости, расположенных на землях населенных пунктов.

Результаты осуществленной реализации методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на «Переходе типа II» на примере конкретного региона (Новосибирская область), где ранее уже реализована на практике методология и технология построения ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» (от СК-42 к СК-95), подтвердили возможность установления «гибридной» местной системы координат региона МСК_2011(МСК НСО) в качестве способа адаптации МСК НСО, созданной от СК-95 (МСК-NN_95), к ГСК-2011 на этапе перехода от государственной системы координат СК-95 к ГСК-2011. Нет никаких сомнений в том, что в других регионах РФ, где уже реализован «Переход типа I» от СК-42 к СК-95 (таких регионов порядка 15), применение «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_95) даст положительные результаты, близкие к тем, что получены в Новосибирской области. При этом наиболее точные результаты применение «гибридной» МСК будут получены в тех субъектах Российской Федерации, где координаты пунктов ГГС 3–4 классов в СК-95 были получены уравниванием, а не по цифровым моделям деформаций координат в СК-42 относительно СК-95.

3.2.3 Адаптация пространственных данных на этапе «Перехода типа II»

Как было показано ранее, методология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации, базирующегося на ГСК, осуществляется путем его поэтапной модернизации, заключающейся в адаптации к новым ГСК, устанавливаемым в процессе их эволюционного совершенствования.

Причем такая модернизация возможна путем реализации двух типов перехода: «Переход типа I» между смежными видами ГСК существенно разной точности и однородности; «Переход типа II» между смежными видами ГСК близкой точности и однородности. И невозможно в регионе реализовать «Переход типа II», не осуществив «Переход типа I».

В этой связи в регионах, уже завершивших переход «Переход типа I» ранее, на этапе смены СК-42 на СК-95, реализация разработанной методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа II» (от СК-95 к ГСК-2011) в части адаптации ПД к модернизированному координатному пространству региона и базирующемуся на образованной от ГСК-2011 единой «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_95), плоские прямоугольные координаты в которой совпадают с плоскими прямоугольными координатами в целевой системе координат (МСК-NN_95), является очень простой задачей. Для этого достаточно установить на территории субъекта РФ такую «гибридную» МСК_2011(МСК-NN_95) в качестве его единой МСК и никаких ПД никуда преобразовывать не нужно. Будучи представленными в виде плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_95) и в МСК-NN_95 они будут совпадать, что делает возможность их интеграции легкой и простой задачей.

Здесь вопрос лишь в том, с какой точностью в конкретном регионе будут определены Параметры 1(МСК-NN_95) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_95), что зависит (как было неоднократно сказано) от точности (способа) получения координат пунктов ГГС 3-4 классов в СК-95. Осуществленная в Новосибирской области реализация методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа II» показывают, что в случае использования в качестве опорных пунктов тех пунктов ГГС, координаты которых получены в ГСК-2011 спутниковыми методами, а в СК-95 – уравниванием, установление «гибридной» местной системы координат в качестве единой МСК региона, на которой базируется его единое координатное пространство, может быть осуществлено с точностью, обеспечивающей требования всех отраслей экономики региона.

Следует при этом еще раз подчеркнуть, что «гибридная» МСК_2011(МСК-NN_95) региона, основанная на ГСК-2011, за счет применяемого ортогонального метода преобразования будет обеспечивать получение в этой МСК координат с точностью, соответствующей точности ГСК-2011. То есть она безусловно решает поставленную в работе задачу создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации, точность которого соответствует точности действующей государственной системы координат ГСК-2011.

3.2.4 Порядок установления «гибридной» МСК в качестве единой местной системы координат региона

Практическая реализация методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации на этапе «Перехода типа II» осуществляется путем установления и введения в действие «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_95) в качестве единой МСК региона, основанной на ГСК-2011. Для этого должны быть реализованы стандартные мероприятия, показанные на рисунке 3.23.

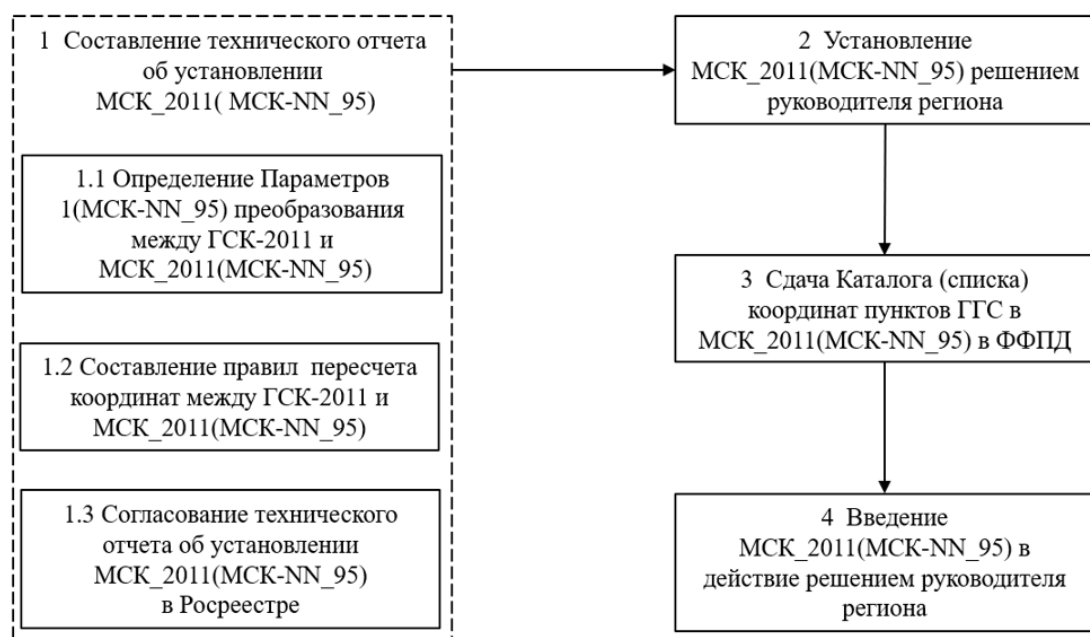


Рисунок 3.23 – Мероприятия по введению в действие «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_95) в качестве единой местной системы координат региона

В технологическом плане прежде всего составляется и согласовывается с Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии Технический отчет об установлении МСК_2011(МСК-NN_95). В этом Техническом отчете приводятся правила пересчета координат из государственной геодезической системы координат 2011 года в местную систему координат МСК_2011(МСК-NN_95) для всей территории, на которой устанавливается местная система координат, в том числе значения элементов трансформирования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_95), а также параметры картографической проекции для каждой из зон МСК (далее – параметры перехода).

Согласование Росреестром Технического отчета об установлении МСК_2011(МСК-NN_95) дает основание для ее установления, которое осуществляется решением руководителя региона.

После установления МСК осуществляется преобразование координат пунктов ГГС, находящихся на территории региона, из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК-NN_95) с использованием параметров перехода, приведенных в Техническом отчете с составлением Каталога (списка) координат пунктов ГГС в МСК_2011(МСК-NN_95).

На данном этапе существует один важный технологический момент, который важно иметь в виду при формировании Каталогов координат пунктов ГГС в МСК_2011(МСК-NN_95). Как было показано ранее, в том числе в [81], координаты пунктов ГГС в ГСК-2011 имеют, к сожалению, неодинаковую точность. Пункты ГГС 1-4 классов, координаты которых получены в ГСК-2011 путем уравнивания наземных (классических) геодезических измерений (далее – наземные, классические пункты) с опорой на пункты спутниковой геодезической сети (СГС), определенные спутниковыми методами (далее – спутниковые пункты), имеют погрешности до 0,3 м [81]. В тоже время Параметры 1(МСК-NN_95) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_95) в методологии рекомендуется определять именно по опорным пунктам ГГС, координаты которых получены в ГСК-2011 спутниковыми методами, что обеспечивает максимальную точность их вычисления. Таким образом налицо противоречие между тем, что Параметры 1(МСК-NN_95) перехода между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_95) определены по

спутниковым пунктам, а применяться они будут при составлении Каталогов координат для преобразования наземных (классических) координат пунктов ГГС 1-4 классов из ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_95).

В то же время в методологии даже с учетом этого обстоятельства рекомендуется определять Параметры 1(МСК-NN_95) преобразования между ГСК-2011 и МСК_2011(МСК-NN_95) именно по пунктам ГГС, имеющим координаты из спутниковых измерений, исходя из следующих соображений:

- во-первых, в регионе помимо классических ГГС 1-4 классов имеются также другие пункты геодезических сетей, координаты которых получены из спутниковых измерений: СГС, ФСГС. Параметры 1(МСК-NN_95), определенные по спутниковым пунктам, будут наилучшим образом подходить для преобразования координат пунктов этих геодезических сетей из ГСК-2011 в МСК_2011(МСК-NN_95);

- во-вторых, координаты пунктов ГГС 1-4 классов в ГСК-2011 в конечном итоге получают спутниковые координаты в ГСК-2011, способы реализации этой задачи предлагались и автором [139], идет обсуждение решения этой задачи и в ППК «Роскадастр».

Очевидно, что нерешенность проблемы наличия в РФ двух видов геодезических сетей, реализующих ГСК-2011 на местности (СГС высокой точности и классическая ГГС 1-4 классов с погрешностями в координатах до 0,3 м [81]) может приводить к снижению точности ПД, создаваемых в ГСК-2011 и в МСК, образованных от нее, в том числе в «гибридных» МСК_2011(МСК-NN_95), если они будут создаваться от наземных пунктов ГГС. Однако этот факт вызван не недостатками разработанной методологии и технологии создания ЕВКП региона, а обусловлен объективным обстоятельством, не зависящим от них. Цель разработки методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации – обеспечить его точность и точность создаваемых в нем ПД на уровне точности действующей ГСК. Сделать эту точность выше, чем точность пунктов ГГС, реализующих эту ГСК на местности, невозможно.

После помещения в Федеральный фонд пространственных данных Каталога (списка) координат пунктов ГГС в МСК_2011(МСК-NN_95) решением главы субъекта РФ «гибридная» МСК_2011(МСК-NN_95) вводится в действие на его территории в качестве единой МСК региона. При этом наименование такой местной системы координат не обязательно должно содержать формальные атрибуты, указывающие на морфологию ее образования. Так, в Новосибирской области вместо наименования МСК_2011(МСК-54_95), формально указывающего на тип этой МСК, она могла бы именоваться МСК НСО_2011 или МСК НСО2011.

3.2.5 Возможности масштабирования технологии создания ЕВКП региона на этапе «Перехода типа II» для всех субъектов Российской Федерации

Разработанная методология и технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации применима в полном объеме, без изъятий и исключений для всех субъектов страны в случае ее поэтапной реализации, то есть путем последовательного осуществления «Перехода типа I» и «Перехода типа II». Именно такой подход в последовательной модернизации координатного пространства региона по мере установления новых ГСК следует рассматривать как предлагаемый автором основной способ применения разработанной методологии и технологии создания ЕВКП пространства субъекта РФ. В приложении к конкретным ГСК, которые вводились в действие в нашей стране, такой предлагаемый подход заключается в реализации «Перехода типа I» на этапе перехода от СК-42 к СК-95, а «Переход типа II» – на этапе перехода от СК-95 к ГСК-2011, см. рисунок 1.8, а. В случае такого предлагаемого применения методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ, устранение в ПД, востребованных в социально-экономической деятельности региона и страны в целом, деформаций и искажений, обусловленных более низкой по точности ГСК вида 1 (ГСКВ1) (под которой имеем в виду СК-42), именно на этапе смены ГСК видов ГСКВ1 на ГСКВ2 (под которой имеем в виду СК-95) и повышение их точности до СК-95 делает возможным воспользоваться всеми преимуществами «Перехода типа II» на этапе смены видов ГСКВ2 на ГСКВ3 (подразумевая ГСК-2011 под ГСКВ3). Как

было показано ранее, в этом случае для реализации «Перехода типа II» между СК-95 и ГСК-2011 достаточно будет установить в регионе «гибридную» МСК_2011(МСК-NN_95) в качестве его единой местной системы координат, а преобразование ПД из МСК-NN_95 в МСК_2011(МСК-NN_95) не потребуется. Будучи представленными в виде плоских прямоугольных координат, ПД, ранее созданные в МСК-NN_95 могут быть легко интегрированы с новыми ПД, создаваемыми в МСК_2011(МСК-NN_95). При этом за счет того, что ПД, ранее созданные в МСК-NN_95 или преобразованные в нее из МСК-NN_42 и МСК НП с повышением точности до уровня СК-95, будут иметь точность, близкую к точности ГСК-2011, согласованность таких данных будет хорошей.

Реализация методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации, осуществленная на примере Новосибирской области, где «Переход типа I» осуществлен на практике именно на этапе смены СК-42 на СК-95, т. е. в полном соответствии с разработанной методологией создания ЕВКП субъекта РФ, объективно подтверждает ее работоспособность.

В то же время реализации методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ в регионах, не завершивших своевременно переход «Переход типа I», в которых единая МСК-NN_42 региона до сих пор, даже после введения в действие ГСК-2011, базируется на отмененной государственной системе координат СК-42, см. рисунок 1.8, б, является «отложенным» способом, обуславливающим существующие системные проблемы в координатном пространстве регионов. Реализация такого подхода возможна, но является более сложной.

Несмотря на то, что как было сказано ранее, ППК «Роскадастр» выполнил на базе ГСК-2011 уточнение МСК-NN_42 путем получения новых каталогов координат пунктов ГГС в этих МСК, уточненных относительно ГСК-2011 (МСК-NN_42_уточн), следует признать такое решение промежуточным, неокончательным. Так, по методике ППК «Роскадастр» получения координат в МСК, уточненных относительно ГСК-2011, за счет применения интерполяционного метода нелинейного преобразования координат по ЦМДК пересчет координат из ГСК-2011 в

МСК-NN_42_уточн/МСК-NN_95_уточн осуществляется с понижением точности в той мере, в какой координаты в новой, уточненной относительно ГСК-2011 версии СК-42/СК-95, не соответствуют точности и однородности ГСК-2011. Таким образом, при таком подходе не реализуется главное условие создания ЕВКП региона: координаты пунктов ГГС в единой МСК субъекта Российской Федерации, уточненной по методике ППК «Роскадастр» относительно ГСК-2011 (МСК-NN_42_уточн/МСК-NN_95_уточн) имеют точность существенно ниже точности ГСК-2011, и практически близки по этому показателю к точности координат пунктов ГГС в неуточненных МСК-NN_42/МСК-NN_95.

Кроме того, по методике ППК «Роскадастр» получения координат в МСК, уточненных относительно ГСК-2011 (в проведенном эксперименте это МСК НСО_уточн), не выполняются требования Закона ФЗ-218 [121] в части определения параметров перехода от МСК, установленной в отношении кадастрового округа, к единой государственной системе координат ГСК-2011 и Приказа Росреестра № П/0387 [132] (в части обязательности использования во вновь устанавливаемых МСК эллипсоида ГСК-2011, применяемого в ГСК-2011).

То есть «уточнение» координат пунктов ГГС в единой МСК регионов относительно ГСК-2011 – это далеко не одно и то же, что установление новой МСК на базе ГСК-2011. В последнем случае за счет ортогонального метода преобразования из ГСК-2011 в «гибридную» МСК_2011(МСК-NN_42)/МСК_2011(МСК-NN_95) координаты в этой МСК будут иметь точность, полностью соответствующую точности ГСК-2011. А по методике ППК «Роскадастр» получения уточненных относительно ГСК-2011 координат пунктов ГГС в единых МСК-NN_42_уточн/МСК-NN_95_уточн регионов результат не будет радикально отличаться от их координат в МСК-NN_42/МСК-NN_95 и такие уточненные МСК не создают высокоточное координатное пространство региона, соответствующее точности ГСК-2011.

Поэтому для регионов, где после установления ГСК-2011 все еще действуют МСК-NN_42, «Переход типа I» необходимо совершать уже между СК-42 и ГСК-2011 (рисунок 3.24, где вместо видов ГСК взяты их реальные представители.

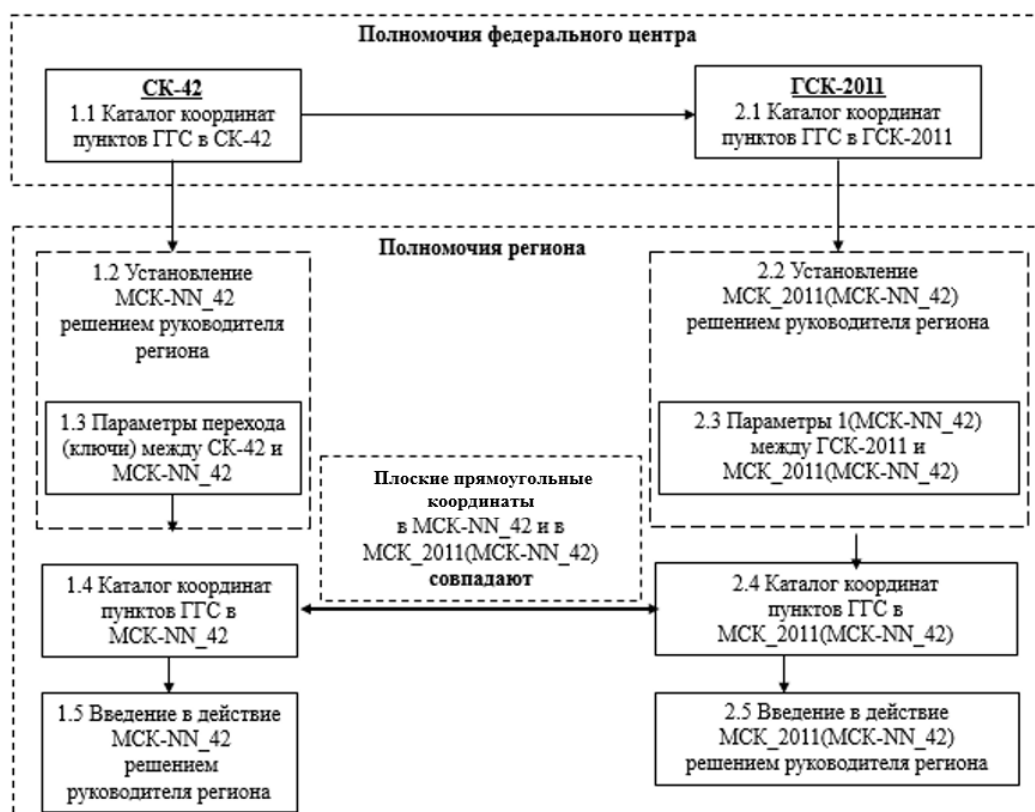


Рисунок 3.24 – Технологическая схема адаптации МСК-NN_42 к ГСК-2011 и ее преобразования в МСК_2011(МСК-NN_42)

Такой подход даст существенный положительный эффект, так как координаты в «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) за счет используемого в ней ортогонального метода преобразования будут иметь точность ГСК-2011.

При этом этот переход возможно сочетать с введением «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) в качестве единой МСК региона (с целью приближения координат в МСК_2011(МСК-NN_42) к координатам в ранее действовавшей МСК-NN_42). Таким образом адаптация единой МСК-NN_42 региона к новой государственной системе координат ГСК-2011 здесь будет осуществлена не так, как это показано на рисунке 1.8, а, а так, как это отображено на рисунке 1.8, б: установлением основанной на ГСК-2011 «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) в качестве единой местной системы координат региона.

Однако, в связи с тем, что реализуемая таким комбинированным образом адаптация единой МСК-NN_42 региона к новой государственной системе координат

ГСК-2011 осуществляется на этапе «Перехода типа I» между существенно отличающимися по точности государственными системами координат (СК-42 и ГСК-2011), совпадение плоских прямоугольных координат в «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) с плоскими прямоугольными координатами в целевой системе координат – МСК-NN_42 будет недостаточно хорошим. В целом, прибегая к оценкам точности СК-42, данной в [168, 176], можно ожидать СКП несовпадения координат на уровне 2-3 м в целом для региона.

То есть, ПД, ранее созданные в МСК-NN_42, образованной от СК-42, и содержащие в себе ошибки этой МСК, невозможно перенести в ЕВКП субъекта РФ, основанное на ГСК-2011, простым пересчетом из МСК-NN_42 в МСК_2011(МСК-NN_42). По итогам такого пересчета эти ПД будут не согласованы с геопространственной информацией, созданной непосредственно в МСК_2011(МСК-NN_42) с точностью ГСК-2011. Для исключения ошибок и деформаций ПД, созданных в МСК-NN_42, востребованных в социально-экономической жизни региона и страны в целом, графическая точность или точность пространственного описания которых выше погрешностей несовпадения плоских прямоугольных координат в «гибридной» и в целевой системах координат, они должны быть преобразованы по технологии, предусмотренной «Переходом типа I» (см. рисунок 1.8, а). Методология и технология такого преобразования изложена в предыдущем разделе работы для «Перехода типа I» и направлена на повышение точности преобразуемой геопространственной информации до уровня точности ГСК-2011 за счет применения методов преобразования по цифровым моделям разностей координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и МСК-NN_42, а фактически между ГСК-2011 и СК-42.

Следует указать на еще один аспект масштабирования методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ, а именно – размеры субъектов страны. Дело в том, что ранее в работе алгоритмы и программное обеспечение исследованы для работы в единой координатной зоне с удалением от осевого меридиана зоны до 9° по долготе. В то же время наиболее вытянутый в направлении «запад-восток» субъект Российской Федерации (Республика Саха (Якутия)) имеет размах 57° по долготе. Таким образом, если создавать «гибридную» единую МСК_2011(МСК-14)

данного, самого большого в стране региона, таргетированную на совпадение плоских прямоугольных координат в ней и в действующей МСК-14, для крайней шестиградусной зоны этого региона (например, № 10, рисунок 3.25), максимальное удаление точек на западе республики от осевого меридиана этой зоны будет достигать 57° по долготе. Таким образом, для создания единой «гибридной» МСК в таком регионе потребуются осуществлять преобразование плоских прямоугольных координат опорных пунктов ГГС из геодезических координат в прямоугольные и из зоны в зону при удалении точек до 57° по долготе от осевого меридиана зоны.

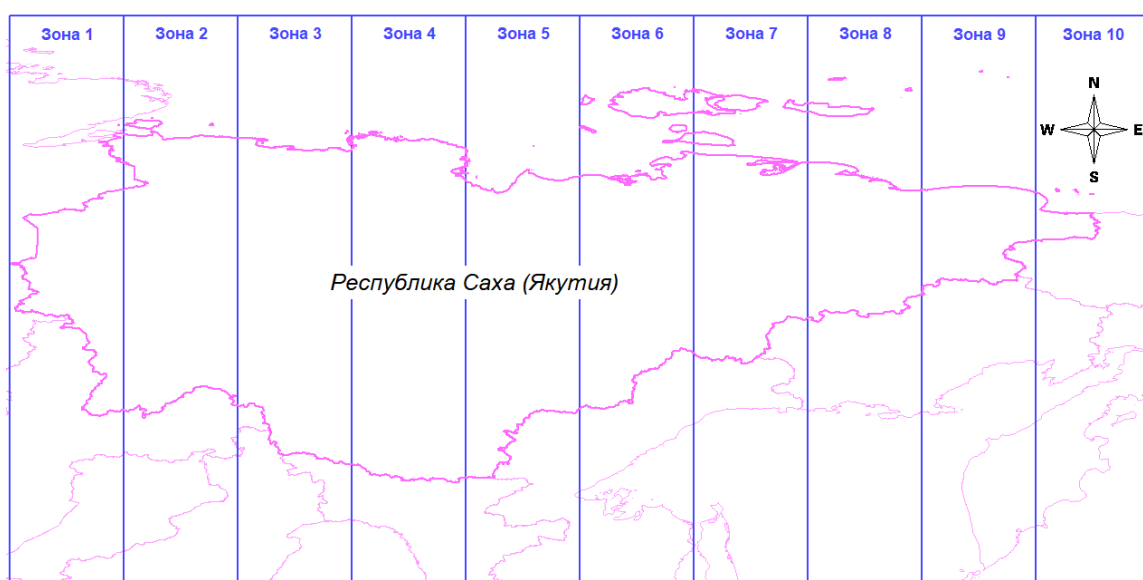


Рисунок 3.25 – Схема расположения координатных шестиградусных зон единой МСК_2011(МСК-14) Республики Саха (Якутия)

С целью обеспечения возможности создания «гибридной» МСК для таких случаев в работе проведено исследование, целью которого являлось определение приемлемых алгоритмов и программного обеспечения, обеспечивающих точность вышеуказанных координатных преобразований для рассматриваемого экстремального случая [153].

Для этого были взяты и запрограммированы следующие алгоритмы из книги Морозова В. П., [104, с. 260–266] для преобразования координат из геодезических

в плоские прямоугольные и обратно для «широкой полосы» простираением до 120° с запада на восток (удаление l от осевого меридиана до 60°).

Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные координаты осуществляется по формулам [104]:

$$l = L - L_0, \quad (3.14)$$

$$\varphi = B - k_2 \sin 2B + k_4 \sin 4B - k_6 \sin 6B + \dots, \quad (3.15)$$

$$k_2 = 2 \left(n - \frac{1}{3}n^2 - \frac{2}{3}n^3 + \dots \right), \quad (3.16)$$

$$k_4 = \frac{5}{3}n^2 - \frac{16}{15}n^3 + \dots, \quad (3.17)$$

$$k_6 = \frac{26}{15}n^3 + \dots, \quad (3.18)$$

$$n = \frac{a - b}{a + b}, \quad (3.19)$$

$$b = a - \alpha a, \quad (3.20)$$

где L , L_0 , l – долгота точки, осевого меридиана и удаление точки от него по долготе соответственно;

B – широта точки;

a , b , α – полуоси эллипсоида и его сжатие соответственно;

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\cos l}, \quad (3.21)$$

$$\operatorname{th} p = \cos \varphi \sin l, \quad (3.22)$$

$$p = \operatorname{arth}(\operatorname{th} p), \quad (3.23)$$

$$\xi = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \xi), \quad (3.24)$$

$$R = \frac{a}{1+n} \left(1 + \frac{n^2}{4} + \dots \right), \quad (3.25)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{15}{16}n^3 + \dots, \quad (3.26)$$

$$\alpha_4 = \frac{13}{48}n^2 - \frac{3}{5}n^3 + \dots, \quad (3.27)$$

$$\alpha_6 = \frac{61}{240}n^3 + \dots, \quad (3.28)$$

$$x = R(\xi + \alpha_2 \sin 2\xi \operatorname{ch} 2p + \alpha_4 \sin 4\xi \operatorname{ch} 4p + \alpha_6 \sin 6\xi \operatorname{ch} 6p + \dots), \quad (3.29)$$

$$y = R(p + \alpha_2 \cos 2\xi \operatorname{sh} 2p + \alpha_4 \cos 4\xi \operatorname{sh} 4p + \alpha_6 \cos 6\xi \operatorname{sh} 6p + \dots), \quad (3.30)$$

где L , L_0 , l – долгота точки, осевого меридиана и удаление точки от него по долготу соответственно;

B , φ , ξ – геодезическая, астрономическая и сферическая широта соответственно;

a , b , α – полуоси эллипсоида и его сжатие соответственно;

x , y – плоские прямоугольные координаты точки.

Преобразование плоских прямоугольных координат в геодезические координаты осуществляется по формулам [104]:

$$u = \frac{x}{R}, \quad (3.31)$$

$$v = \frac{y}{R}, \quad (3.32)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{37}{96}n^3 + \dots, \quad (3.33)$$

$$\beta_4 = \frac{1}{48}n^2 + \frac{1}{15}n^3 + \dots, \quad (3.34)$$

$$\beta_6 = \frac{17}{480}n^3 + \dots, \quad (3.35)$$

$$\xi = u - \beta_2 \sin 2u \operatorname{ch} 2v - \beta_4 \sin 4u \operatorname{ch} 4v - \beta_6 \sin 6u \operatorname{ch} 6v + \dots, \quad (3.36)$$

$$p = v - \beta_2 \cos 2u \operatorname{sh} 2v - \beta_4 \cos 4u \operatorname{sh} 4v - \beta_6 \cos 6u \operatorname{sh} 6v + \dots, \quad (3.37)$$

$$\sin \varphi = \frac{\sin \xi}{\operatorname{ch} p}, \quad (3.38)$$

$$\operatorname{tg} l = \frac{\operatorname{sh} p}{\cos \xi}, \quad (3.39)$$

$$\varphi = \arcsin(\sin \varphi), \quad (3.40)$$

$$B = \varphi + k'_2 \sin 2\varphi + k'_4 \sin 4\varphi - k'_6 \sin 6\varphi + \dots, \quad (3.41)$$

$$k'_2 = 2 \left(n - \frac{1}{3} n^2 - n^3 \right) + \dots, \quad (3.42)$$

$$k'_4 = \frac{7}{3} n^2 - \frac{8}{5} n^3 + \dots, \quad (3.43)$$

$$k'_6 = \frac{56}{15} n^3 + \dots, \quad (3.44)$$

$$l = \operatorname{arctg}(\tan l). \quad (3.45)$$

В качестве контрольного ПО, в котором осуществлялись эти преобразования координат, использовалось ПО Кредо Траскор. В соответствии с алгоритмами, использованными в этом ПО, указанными в его документации [193], преобразование координат из геодезических в плоские прямоугольные и обратно (а также из зоны в зону) здесь обеспечивается с точностью в 1 см при удалении от осевого меридиана зоны до 40°.

Результаты преобразований координат контрольных точек с широтой $B = 30^\circ$ из геодезических координат в плоские прямоугольные при их удалении l на величину до 60° по долготе от осевого меридиана шестиградусной зоны № 1 СК-42/СК-95 (эллипсоид Красовского) и ГСК-2011 (эллипсоид ГСК-2011), в ПО Кредо Транскор и по формулам (3.14)–(3.45) приведены в таблицах 3.19 и 3.20 соответственно.

Таблица 3.19 – Погрешности пересчета геодезических координат точек с широтой $B = 30^\circ$, удаленных по долготе на величину l от осевого меридиана шестиградусной зоны № 1 СК-42/СК-95 (эллипсоид Красовского), в плоские прямоугольные координаты

Удаление l °	Кредо Трансдор		Формулы Морозов В. П.		Разность, мм	
	x (м)	y (м)*	x (м)	y (м)*	Dx	Dy
5	3 330 721,2514	482 747,8773	3 330 721,2516	482 747,8772	-0,2	0,1
10	3 362 653,5123	967 342,8837	3 362 653,5125	967 342,8837	-0,2	0,0
20	3 494 787,8219	1 949 353,0793	3 494 787,8221	1 949 353,0792	-0,2	0,1
30	3 731 632,4021	2 959 879,9591	3 731 632,4025	2 959 879,9588	-0,4	0,3
40	4 101 712,3874	4 009 795,6790	4 101 712,3881	4 009 795,6779	-0,7	1,1
50	4 652 343,7568	5 100 969,8816	4 652 343,7569	5 100 969,8767	-0,1	4,9
60	5 455 230,3388	6 211 011,3196	5 455 230,3232	6 211 011,3062	15,6	13,4
60**			5 455 230,3290	6 211 011,3000	-5,8	6,2
Примечания:						
* – ордината дана без условного смещения на восток и без номера зоны;						
** – значение координат в примере вычислений Морозов В. П. [104].						

Таблица 3.20 – Погрешность пересчета геодезических координат точек с широтой $B = 30^\circ$, удаленных по долготе на величину l от осевого меридиана шестиградусной зоны № 1 ГСК-2011 (эллипсоид ГСК-2011), в плоские прямоугольные координаты

Удаление l °	Кредо Трансдор		Формулы Морозов В. П.		Разность, мм	
	x (м)	y (м)*	x (м)	y (м)*	Dx	Dy
5	3 330 661,7515	482 739,7246	3 330 661,7517	482 739,7246	-0,2	0,0
10	3 362 593,4736	967 326,5493	3 362 593,4738	967 326,5493	-0,2	0,0
20	3 494 725,5601	1 949 320,1784	3 494 725,5604	1 949 320,1783	-0,3	0,1
30	3 731 566,1803	2 959 830,0376	3 731 566,1807	2 959 830,0373	-0,4	0,3
40	4 101 640,0337	4 009 728,0952	4 101 640,0344	4 009 728,0941	-0,7	1,1
50	4 652 262,3753	5 100 883,9081	4 652 262,3754	5 100 883,9032	-0,1	4,9
60	5 455 135,8832	6 210 906,4277	5 455 135,8676	6 210 906,4142	15,6	13,5
Примечания:						
* – ордината дана без условного смещения на восток и без номера зоны.						

Как видно из таблиц 3.19 и 3.20, расхождения плоских прямоугольных координат контрольных точек, полученные путем перевычисления из геодезических координат по алгоритмам, приведенным в [104], и вычисленные в ПО Кредо Трансдор при ее удалении от осевого меридиана до 40° , не превышают 1,1 мм. Эти

же расхождения достигают максимальной величины 15,6 мм по одной из осей координат при удалении контрольной точки от осевого меридиана до 60° . При этом несовпадение плоских прямоугольных координат, рассчитанных по алгоритму Морозова В. П. [104] и в практическом примере из этой книги для точки с удалением от осевого меридиана, равным 60° , составило максимальную величину 6,2 мм (см. таблицу 3.19). Это подтверждает тот факт, что декларированная в ПО Кредо Траскор точность осуществления вышеуказанных координатных преобразований соответствует действительности при удалении перевычисляемой точки до 40° по долготе от осевого меридиана. При этом удалении такой перевычисляемой точки до 60° по долготе от осевого меридиана приводит к ошибке 1,6 см.

Результаты преобразований плоских прямоугольных координат контрольных точек с широтой $B = 30^\circ$ из шестиградусной зоны, в которой они расположены географически, в шестиградусную зону № 1, при которых их удаление l по долготе от осевого меридиана зоны № 1 СК-42/СК-95 (эллипсоид Красовского) и ГСК-2011 (эллипсоид ГСК-2011), составляет величину до 60° в ПО Кредо Транскор и по формулам (3.14)–(3.45), приведены в таблицах 3.21 и 3.22 соответственно.

Таблица 3.21 – Погрешность преобразования в ПО Кредо Транскор координат контрольных точек с широтой $B = 30^\circ$ и долготой L из шестиградусной зоны ее расположения в шестиградусную зону № 1 СК-42/СК-95 (эллипсоид Красовского)

Долгота L°	Координаты в своей шестиградусной зоне		Координаты в зоне № 1		Разность, мм	
	x (м)	y (м)	x (м)	y (м)*	Dx	Dy
8	3 320 593,4524	2 403 509,6297	3 330 721,2514	482 747,8773	0,0000	0,0000
13	3 321 857,0428	3 307 004,4532	3 362 653,5123	967 342,8837	0,0000	0,0000
23	3 321 857,0428	4 692 995,5468	3 494 787,8219	1 949 353,0793	0,0000	0,0000
33	3 320 172,4067	6 500 000,0000	3 731 632,4021	2 959 879,9591	0,0000	0,0000
43	3 321 857,0428	8 307 004,4532	4 101 712,3874	4 009 795,6790	0,0000	0,0000
53	3 321 857,0428	9 692 995,5468	4 652 343,7568	5 100 969,8816	0,0000	0,0000
63	3 320 172,4067	11 500 000,0000	5 455 230,3388	6 211 011,3196	0,0000	0,0000

Примечание :
* – ордината дана без условного смещения на восток и без номера зоны.

Таблица 3.22 – Погрешность преобразования в ПО Кредо Транскор координат контрольных точек с широтой $B = 30^\circ$ и долготой L из шестиградусной зоны ее расположения в шестиградусную зону № 1 ГСК-2011 (эллипсоид ГСК-2011)

Долгота L°	Координаты в своей шестиградусной зоне		Координаты в зоне № 1		Разность, мм	
	x (м)	y (м)	x (м)	y (м)*	Dx	Dy
8	3 320 534,1235	2 403 511,2593	3 330 661,7515	482 739,7246	0,0000	0,0000
13	3 321 797,6926	3 307 007,7126	3 362 593,4736	967 326,5493	0,0000	0,0000
23	3 321 797,6926	4 692 992,2874	3 494 725,5601	1 949 320,1784	0,0000	0,0000
33	3 320 113,0849	6 500 000,0000	3 731 566,1803	2 959 830,0376	0,0000	0,0000
43	3 321 797,6926	8 307 007,7126	4 101 640,0337	4 009 728,0952	0,0000	0,0000
53	3 321 797,6926	9 692 992,2874	4 652 262,3753	5 100 883,9081	0,0000	0,0000
63	3 320 113,0849	11 500 000,0000	5 455 135,8832	6 210 906,4277	0,0000	0,0000
Примечание :						
* – ордината дана без условного смещения на восток и без номера зоны.						

Как видно из таблиц 3.21 и 3.22, преобразование плоских координат контрольных точек из шестиградусных зон, в которых они расположены, в шестиградусную зону № 1, дает результат, полностью (до 0,1 мм) совпадающий с результатом получения этих координат путем преобразования из геодезических: в ГСК-2011 (см. таблицы 3.21 и 3.22 соответственно) и в СК-42/СК-95 (см. таблицы 3.21 и 3.22 соответственно). Этим подтверждается корректность использованных в ПО Кредо Транскор алгоритмов для пересчета плоских прямоугольных координат между зонами.

Таким образом, данное исследование показало, что расхождение результатов преобразования плоских прямоугольных координат в геодезические и плоских прямоугольных координат в смежную зону при удалении от осевого меридиана до 40° , полученных двумя вышеуказанными способами, не превысили 0,1 см, а при удалении до 60° – 1,6 см. Это касается вычислений для обоих эллипсоидов, применяемых в СК-42/СК-95 и ГСК-2011. Таким образом, ПО Кредо Транскор может применяться для таких преобразований при удалении от осевого меридиана до 40° , а при

большем удалении – в ПО, в котором запрограммированы формулы из [104]. Очевидно, что в ПО Кредо Транскор также могут быть заложены формулы из [104], которые имеют диапазон действия для более широкой полосы – до 120° по долготе.

Разговор с разработчиками ПО Кредо Транскор на предмет возможности внедрения в это ПО формул «для широкой полосы» автором составлен и предварительное согласие на это получено. Это позволит применять отечественное ПО Кредо Транскор для осуществления необходимых координатных преобразований в процессе разработки «гибридных» МСК_2011(МСК-NN_42)/МСК_2011(МСК-NN_95) для любых регионов страны, вплоть до самого протяженного в направлении запад-восток (Республика Саха-Якутия), размах по долготе которого составляет 57° .

Вышеизложенные исследования подтвердили, что масштабирование разработанной методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации возможно во всех регионах страны. При этом методологически и технологически решены все задачи модернизации координатного пространства региона по мере совершенствования государственных систем координат в нашей стране между их видами ГСКВ1 $\rightarrow$ ГСКВ2 $\rightarrow$ ГСКВ3 (под которыми имеем в виду СК-42, СК-95, ГСК-2011 соответственно), а также предложены адекватные решаемой задаче алгоритмы и технологические решения, которые реализованы в процессе проведенных в исследовании экспериментов.

Реализация на практике разработанных теоретических и методологических основ, а также технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ путем построения ЕВКП во всех регионах обеспечит формирование единого высокоточного координатного пространства страны, в котором все пространственные данные будут создаваться с позиционной точностью действующей государственной системы координат вне зависимости от того, производятся они в этой ГСК или в местных системах координат, что показано в [96].

4 ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

4.1 Внедрение методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» в Новосибирской области

Разработанные в рамках исследования методология и технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации внедрены в Новосибирской области в части «Перехода типа I» между государственными системами координат видов ГСКВ1 и ГСКВ2, где СК-42 и СК-95 соответственно взяты в качестве реальных представителей указанных видов ГСК. В процессе внедрения в этом субъекте РФ исполнены все мероприятия, предусмотренные Технологической схемой создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95, см. рисунок 3.1. Детали реализации проекта по внедрению разработки в Новосибирской области приводятся ниже.

4.1.1 Адаптация МСК-NN_42 Новосибирской области к СК-95

После отмены СК-42 и введения в нашей стране государственной системы координат 1995 года, в Новосибирской области вместо МСК-NN_42 региона, основанной на СК-42, которая имела здесь название МСК-54, постановлением Администрации Новосибирской области [123] установлена новая, единая МСК-NN_95, основанная на СК-95, получившая название местной системы координат Новосибирской области – МСК НСО. Этот шаг стал началом реализации проекта по созданию единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95. При этом установление МСК НСО было осуществлено в полном соответствии с принципом адаптации действующей МСК к новой ГСК, заложенном в методологии создания ЕВКП региона: на «Переходе типа I» между

СК-42 и СК-95 (которые являются реальными представителями ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ2 соответственно) параметры перехода от МСК-NN_42 к СК-42 были в неизменном виде применены в качестве параметров перехода от МСК-NN_95 к СК-95. Таким образом, единая МСК-NN_42, основанная на СК-42, была адаптирована к новой ГСК (СК-95) в полном соответствии с принципом адаптации МСК к ГСК, заложенным в методологии создания ЕВКП субъекта РФ.

После составления каталога координат пунктов ГГС в МСК НСО Постановлением Правительства Новосибирской области [117] единая местная система координат Новосибирской области МСК НСО была введена в действие.

Однако введение в регионе в действие новой единой МСК НСО, основанной на СК-95, не создавало здесь автоматически в полном объеме единого координатного пространства, соответствующего по точности СК-95. Для создания такого ЕКП требуется, чтобы точность СК-95 имели не только ПД, вновь создаваемые в МСК НСО, но, чтобы и все востребованные, находящиеся в обороте ПД, ранее созданные в МСК-54/(МСК-NN_42) и в МСК НП/(МСК_42), были так преобразованы в такое ЕКП, чтобы их точность повысилась до точности СК-95. То есть для полного завершения «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95 как этапа построения в Новосибирской области ЕВКП, требовалось осуществить качественное преобразование в него пространственных данных, ранее созданных в СК, образованных от СК-42 – МСК-54/(МСК-NN_42), МСК НП/(МСК_42).

Для осуществления такого качественного преобразования востребованных ПД в ЕТКП региона, основанное на МСК НСО, в области были выполнены все мероприятия, предусмотренные «Технологической схемой создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95», см. рисунок 3.1, описание которых изложено ниже.

На территории Новосибирской области была проведена инвентаризация всех МСК, использовавшихся в регионе для ведения кадастра недвижимости, которых оказалось 204. Кроме того, собраны наборы параметров перехода (ключей) между СК-42 и созданными от нее местными системами координат МСК-NN_42/(МСК-

54), МСК НП, в которых в регионе осуществлялось ведение кадастра недвижимости, а также каталоги координат пунктов ГГС в этих МСК, закреплявшие их на местности. Каждый набор параметров перехода между СК-42 и МСК_42 был подвергнут верификации путем пробного пересчета с его использованием координат 3–4 пунктов ГГС из СК-42 в МСК_42 и сравнением полученных результатов с эталонными (каталожными) координатами этих пунктов ГГС в соответствующих МСК_42. Для 17 МСК_42, в которых велся кадастр, и которые не имели параметров перехода, фактически являясь условными СК, эти параметры были восстановлены.

В соответствии с технологией создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» на территории Новосибирской области построены цифровые модели деформации координат в СК-42 относительно СК-95 в соответствии с теми методологическими подходами, которые были разработаны в диссертационном исследовании. Размер ячейки матриц ЦМДК принят в регионе 200 м, что ранее было обосновано в работе.

Для практической реализации технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» разработано (с участием автора) программное обеспечение для координатных преобразований *CooTransf*, протестированное на реальных ПД. С целью подготовки ПО *CooTransf* для производственной эксплуатации на территории региона в него были введены необходимые исходные данные по Новосибирской области: верифицированные параметры перехода (ключи) между всеми МСК_42, использовавшимся для ведения кадастра и СК-42, а также параметры перехода между МСК НСО и СК-95; ЦМДК СК-42 относительно СК-95.

С целью выполнения автоматизированной верификации результатов преобразований ПД из МСК_42 в МСК НСО использовано ПО *GeoOper*, разработанное с участием автора, которое протестировано на реальных ПД.

Проведение вышеуказанных предварительных мероприятий по адаптации МСК-NN_42 Новосибирской области к СК-95, а также по реализации всех мероприятий, предусмотренных технологией создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» и Технологической схемой, приведенной на рисунке 3.1, сделало

возможным с использованием разработанной технологии адаптацию пространственных данных, ранее созданных в МСК-NN_42/МСК_42, в такое ЕВКП, базирующееся на единой МСК НСО Новосибирской области, созданной от СК-95.

4.1.2 Адаптация пространственных данных региона к СК-95

Организационные мероприятия по введению МСК НСО, основанной на СК-95, как единой региональной МСК, изложенные в предыдущем разделе, знаменовали собой реализацию комплекса мероприятий по адаптации ранее действовавшей в Новосибирской области МСК-NN_42, созданной на базе СК-42, к новой государственной системе координат СК-95 на этапе «Перехода типа I» между СК-42 и СК-95. Кроме того, реализация всех мероприятий, предусмотренных Технологической схемой создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95, см. рисунок 3.1, создала необходимые условия для осуществления адаптации к СК-95 следующего компонента координатного пространства региона – пространственных данных.

В соответствии с принципом адаптации пространственных данных к ГСК методологии создания ЕВКП субъекта РФ этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95 адаптация востребованных ПД, созданных в МСК, к новым ГСК проводится путем качественного преобразования этих ПД в смежные ЕКП. Таким образом для полноценного начала функционирования единого точного координатного пространства Новосибирской области, основанного на СК-95, требовалось осуществить качественное преобразование пространственных данных из КП региона, основанного на технической точности ГСК – СК-42, в ЕТКП области, основанное на точной СК-95.

4.1.2.1 Качественное преобразование в ЕТКП Новосибирской области пространственного описания объектов недвижимости

С учетом результатов успешной реализации методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ на этапе

«Перехода типа I» в Черепановском районе, руководителем территориального управления Росреестра по Новосибирской области принято решение об их внедрении на практике для перехода при ведении государственного кадастра недвижимости на территории кадастрового округа «Новосибирский» от множества низкоточных МСК, основанных на СК-42 (МСК-NN_42, МСК НП) в единую точную местную систему координат региона, созданную от СК-95 – МСК НСО.

Основываясь на полученных в процессе реализации методологии и технологии (в Черепановском районе) оценках трудоемкости преобразования ПД из множества МСК_42, основанных на СК-42 (МСК НП, МСК-54), в единую местную систему координат Новосибирской области, созданную на базе СК-95 (МСК НСО), а также с целью обеспечения плановости работ по переходу на новую МСК, региональным управлением Росреестра был разработан «План-график Управления Росреестра по Новосибирской области по пересчету кадастровой информации в принятую систему координат Новосибирской области», приведенный в таблице 4.1. В соответствии с этим Планом-графиком, весь процесс перехода на новую МСК НСО при ведении кадастра недвижимости был разбит на 38 этапов. При этом под одним этапом подразумевался переход на местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО) в отдельном кадастровом районе. Срок, отводимый по графику для полного завершения работ по переходу на новую МСК НСО в одном районе, в соответствии с рекомендацией, указанной в 3.1.6, был принят в одну неделю. Поэтому все даты Плана-графика перехода на МСК Новосибирской области в соответствующем районе совпадают с понедельниками, а этой дате предшествует одна неделя, отводимая на пересчет всех объектов АИС ГКН, учтенных в пределах этого района из множества МСК НП в МСК НСО. Общий срок выполнения работ – 10 месяцев 2013 года (с 04.03.2013 по 31.12.2013).

Следует отметить, что в графике в качестве наименований исходной системы координат указана только система координат, используемая в данном районе на межселенной территории. Множество же МСК, используемых в населенных пунктах района (МСК НП), в графике не указаны. Для городов в Плане-графике указана используемая МСК города.

Таблица 4.1 – План-график Управления Росреестра по Новосибирской области по пересчету кадастровой информации в принятую систему координат Новосибирской области

№ п/п	Кадастровый номер кадастрового района	Наименование кадастрового района	Номер зоны	Наименование исходной системы координат	Дата перехода на местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО)	Реквизиты приказов Управления Росреестра по Новосибирской области о переходе на МСК НСО
1	54:28	Черепановский	4	МСКР-595	04.03.2013	от 26.02.2013 № 33
2	54:03	Болотнинский		МСКР-605	18.03.2013	от 14.03.2013 № 51
3	54:17	Маслянинский		МСКР-595	25.03.2013	от 22.03.2013 №57
4	54:10	Колыванский		МСКР-605	01.04.2013	от 28.03.2013 №62
5	54:18	Мошковский		МСКР-605	08.04.2013	от 05.04.2013 №70
6	54:22	Сузунский		МСКР-595	15.04.2013	от 11.04.2013 №76
7	54:26	Усть-Тарский	1	МСКР-602	22.04.2013	от 19.04.2013 №81
8	54:37	г.Татарск		местная система координат г.Татарска	29.04.2013	от 25.04.2013 №90
9	54:23	Татарский		МСКР-602	29.04.2013	от 25.04.2013 №90
10	54:01	Баганский	2	МСКР-593	06.05.2013	от 30.04.2013 №94
11	54:04	Венгеровский		МСКР-603	13.05.2013	от 08.05.2013 №95
12	54:02	Барабинский		МСКР-593	20.05.2013	от 16.05.2013 №100
13	54:31	г.Барабинск		местная система координат г.Барабинска	20.05.2013	от 16.05.2013 №100
14	54:06	Здвинский		МСКР-603	27.05.2013	от 24.05.2013 №108
15	54:08	Карасукский		МСКР-593	03.06.2013	от 29.05.2013 №111
16	54:13	Краснозерский		МСКР-593	10.06.2013	от 03.06.2013 №115
17	54:14	Куйбышевский		МСКР-603	17.06.2013	от 14.06.2013 №120
18	54:34	г.Куйбышев	2	местная система координат г.Куйбышева	17.06.2013	от 14.06.2013 №120
19	54:15	Купинский		МСКР-593	24.06.2013	от 20.06.2013 №130
20	54:21	Северный		МСКР-603	08.07.2013	от 03.07.2013 №140
21	54:27	Чановский		МСКР-603	15.07.2013	от 09.07.2013 №145

Окончание таблицы 4.1

№ п/п	Кадастровый номер кадастрового района	Наименование кадастрового района	Номер зоны	Наименование исходной системы координат	Дата перехода на местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО)	Реквизиты приказов Управления Росреестра по Новосибирской области о переходе на МСК НСО
22	54:29	Чистоозерный		МСКР-603	22.07.2013	от 18.07.2013 №149
23	54:05	Доволенский	3	МСКР-604	29.07.2013	от 24.07.2013 №153
24	54:09	Каргатский		МСКР-604	05.08.2013	от 01.08.2013 №158
25	54:25	Убинский		МСКР-604	19.08.2013	от 15.08.2013 №169
26	54:30	Чулымский		МСКР-604	26.08.2013	от 20.08.2013 №170
27	54:20	Ордынский		МСКР-594	02.09.2013	от 28.08.2013 №174
28	54:33	г.Искитим	4	местная система координат г.Искитима	09.09.2013	от 03.09.2013 №179
29	54:32	г.Бердск		местная система координат г.Бердска	16.09.2013	от 12.09.2013 №185
30	54:36	г.Обь		местная система координат г.Обь	16.09.2013	от 12.09.2013 №185
31	54:19	Новосибирский, р. п. Кольцово		МСКР-605	30.09.2013	от 26.09.2013 №194
32	54:35	г.Новосибирск		местная система координат г.Новосибирска	14.10.2013	от 10.10.2013 №207
33	54:16	Кыштовский	2	МСКР-603	21.10.2013	от 18.10.2013 №214
34	54:11	Коченевский	3	МСКР-604	21.10.2013	от 25.10.2013 №218
35	54:12	Кочковский		МСКР-594	28.10.2013	от 18.10.2013 №214
36	54:24	Тогучинский	4	МСКР-605	28.10.2013	от 30.12.2013 №277
37	54:07	Искитимский		МСКР-605	05.11.2013	от 30.12.2013 №277
38	54:00	НСО	1-4	214 МСК	31.12.2013	от 31.12.2013 №289

С целью соблюдения единства пространственного описания в новой местной системе координат, все объекты недвижимости, учтенные в АИС ГКН на территории кадастрового района, переводились в единую трехградусную зону МСКНСО вне зависимости от того, в какую зону они попадали географически (по координатам). Для этой цели территориальным управлением Росреестра по Новосибирской области была утверждена схема зонирования территории области для ведения государственного кадастра недвижимости в МСК НСО, которая приведена на рисунке 4.1.

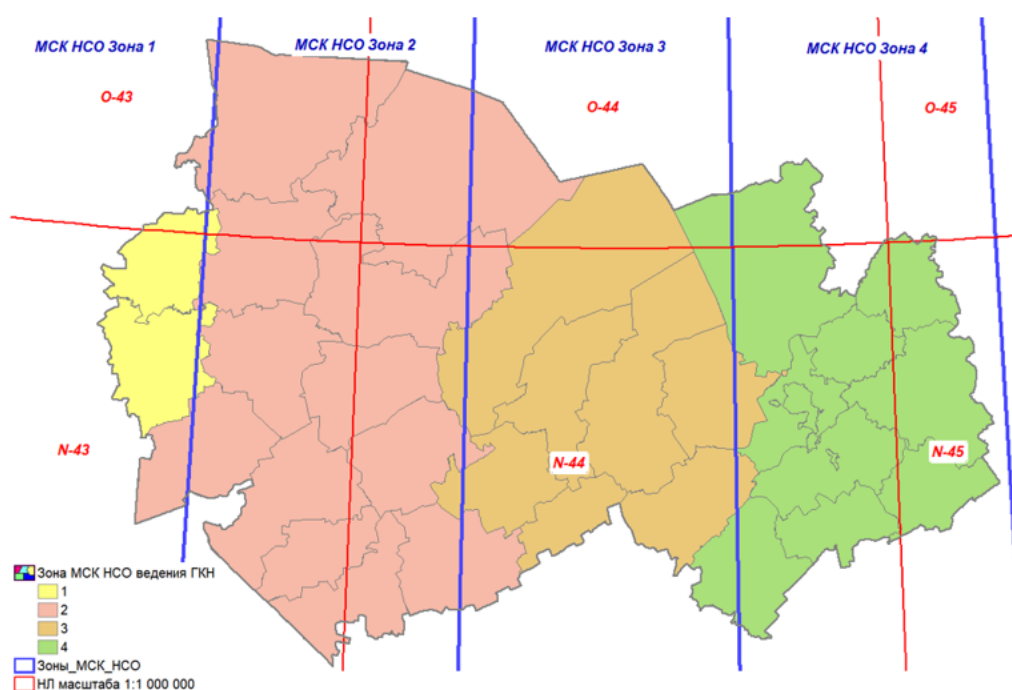


Рисунок 4.1 – Схема зонирования территории Новосибирской области для ведения государственного кадастра недвижимости в МСК НСО

Таким образом, первым видом ПД, адаптация которых осуществлялась к ЕТКП Новосибирской области путем их качественного преобразования из МСК-54/(МСК-NN_42), МСК НП/(МСК_42) в МСК НСО (МСК-NN_95), стал слой координатного описания объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории кадастрового района «Новосибирский». Эти ПД были преобразованы из 224 МСК НП (к числу которых также относятся МСК кадастровых районов – МСКР) и МСК-NN_42 (МСК-54) в МСК НСО.

Работы по пересчету объектов недвижимости на территорию Новосибирской области выполнялись в составе комплекса технологических, картографических, геодезических и землеустроительных работ по координатному описанию местоположения границ муниципальных образований Новосибирской области в рамках государственного контракта от 16.10.2012 № 1985-12, заключенного между СГГА и Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Новосибирской области. Генеральным заказчиком работ являлось Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Новосибирской области. В рамках данного контракта СГГА привлекла по субподрядному договору для выполнения работ по пересчету координат объектов недвижимости, учтенных на территории Новосибирской области, ОАО «Сибгеоинформ» – организацию, где работал в это время автор разработанной методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ. Работы по преобразованию ПД из множества МСК_42 в МСК НСО, по их верификации и передаче в филиал кадастровой палаты по Новосибирской области выполнялись ОАО «Сибгеоинформ» под руководством и при непосредственном личном участии автора.

Взаимодействие между всеми участниками проекта было организовано следующим образом, рисунок 4.2. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Новосибирской области, являясь генеральным заказчиком по контракту от 16.10.2012 № 1985-12, финансировало работы по пересчету объектов АИС ГКН в составе комплекса технологических, картографических, геодезических и землеустроительных работ по координатному описанию местоположения границ муниципальных образований Новосибирской области, выполняемых СГГА. В то же время СГГА являлась заказчиком для ОАО «Сибгеоинформ».

Территориальное управление Росреестра по Новосибирской области осуществляло общее кураторство проектом. Взаимодействуя со всеми участниками проекта, оно обеспечивало соблюдение утвержденного Плана-графика. Следует отметить, что, в соответствии с Планом-графиком, управление Росреестра по региону по каждому кадастровому району издавало Приказ о переходе на ведение кадастра МСК НСО. Общий перечень таких Приказов приведен в Плане-графике.

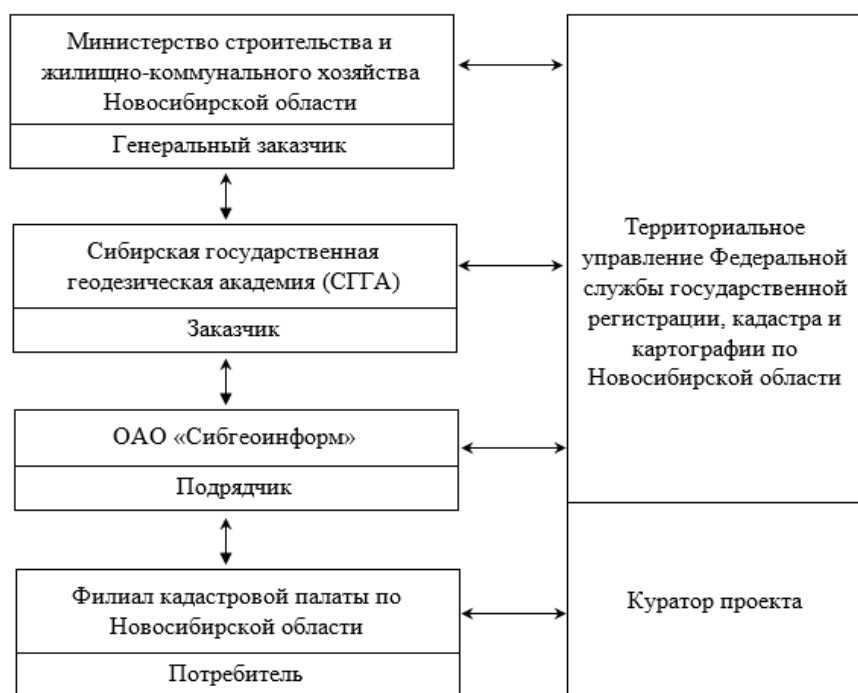


Рисунок 4.2 – Схема взаимодействия участников проекта по созданию ЕВКП в части «Перехода типа I» СК-42 → СК-95 в Новосибирской области

В выполнении непосредственно работ по пересчету объектов АИС ГKN, учтенных в Новосибирской области, из множества местных систем координат МСК НП, МСК-54 в единую МСК НСО были задействованы две организации, при этом работа была организована следующим образом.

Филиал федеральной кадастровой палаты по Новосибирской области:

- в соответствии с Планом-графиком и соответствующим Приказом территориального управления Росреестра в отношении данного кадастрового района в отведенную для этого дату (эта дата была на неделю раньше, чем дата перехода на МСК НСО в этом районе/городе) прекращал прием заявлений на кадастровый учет;
- в этот же день осуществлял выгрузку из АИС ГKN всех объектов недвижимости, учтенных на территории района (обычно это начало соответствующей недели, понедельник) и передавал ее в ОАО «Сибгеоинформ»;
- в течение трех последующих дней, в которые ОАО «Сибгеоинформ» осуществляло пересчет, находился с ним в постоянном контакте с целью устранения

любых возможных форс-мажорных обстоятельств и ответов на вопросы исполнителя работ (обнаружено в процессе входного контроля или в процессе верификации результатов пересчета неверное задание исходной МСК в отношении файла и т. д.);

- на 5-й день, после завершения пересчета, приемка выгрузки из АИС ГКН от исполнителя работ – ОАО «Сибгеоинформ, преобразованную в соответствующей зону МСК НСО и загрузка ее в производственный контур АИС ГКН;

- на 7-й день после прекращения приема заявлений о кадастровом учете в этом районе в старых МСК НП, МСК-54, в соответствии с Планом-графиком возобновление кадастрового учета, но уже в новой МСК НСО.

Исполнитель работ – ОАО «Сибгеоинформ»:

- в соответствии с Планом-графиком, за неделю до обозначенной в нем очередной даты (обычно это начало соответствующей недели, понедельник), принимал от Филиала федеральной кадастровой палаты по Новосибирской области выгрузку из АИС ГКН всех объектов недвижимости, учтенных на территории данного района;

- в течение трех последующих дней осуществляло пересчет, включающий как непосредственно преобразование объектов недвижимости из множества МСК НП, МСК-54, используемых в районе для ведения ГКН, в соответствующую зону МСК НСО, так и верификацию полученных результатов. Все случаи отрицательных результатов верификации по причине некорректности исходных данных (неверное задание исходной МСК для файла и т.д.) согласовывались с филиалом ФКП для устранения проблем;

- на 5-й день, после завершения пересчета и верификации полученных результатов, передача готовой продукции (выгрузка из АИС ГКН, преобразованная в соответствующей зону МСК НСО) в филиал ФКП;

- сдача Отчета о выполненных на территории кадастрового района работах по преобразованию объектов ГКН из множества МСК НП, МСК-54 в единую МСК Новосибирской области в территориальное управление Росреестра по Новосибирской области.

Всего в рамках проекта, реализованного в отношении 30 муниципальных районов и 7 городов Новосибирской области, из 224 местных систем координат (204 МСК + 17 УСК) в единую местную систему координат региона (МСК НСО) было преобразовано координатное описание свыше одного миллиона объектов недвижимости, содержащих свыше одного миллиарда характерных точек границ.

Таким образом, разработанные методология и технология создания ЕВКП субъекта РФ были успешно внедрены в части «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95 для создания на территории Новосибирской области ЕТКП, основанного на СК-95. Первым видом ПД, которые стали создаваться в новом ЕТКП региона, стал слой координатного описания объектов недвижимости, учтенных в области АИС ГКН на момент 2013 г. В порядке адаптации востребованных ПД к СК-95 метрическое описание всех объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории региона, было преобразовано из множества технической точности МСК, основанных на СК-42 (МСК НП, МСК-54) в единую, точную местную систему координат Новосибирской области – МСК НСО, созданную от СК-95.

При этом важно отметить, что после перехода на новую МСК не только новые объекты кадастра недвижимости стали метрически описываться в новой МСК НСО с ее точностью, соответствующей точности СК-95. Но, в силу особенностей разработанной технологии, объекты недвижимости, ранее учтенные в АИС ГКН в МСК_42, после пересчета в МСК НСО избавились от деформаций МСК_42 (вызванных деформация их материнской ГСК – СК-42) и повысили свою точность до точности СК-95. То есть разработанная в диссертационном исследовании методология и технология создания ЕВКП субъекта РФ подтвердила на практике способность обеспечивать модернизацию координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от множества низкоточных МСК, основанных на СК-42, к единой, точной и однородной МСК региона, основанной на СК-95, а также обеспечивать возможность качественного преобразования ПД на этом переходе с повышением их точности и однородности до уровня этих показателей в СК-95, а также без потери топологической согласованности.

Акт о внедрении разработки в Росреестре приведен в Приложении Г.

Разработанная технология также была применена для преобразования координат метрического описания границ 458 муниципальных образований Новосибирской области, составленного в рамках государственного контракта от 16.10.2012 № 1985-12, из единой местной системы координат МСК НСО в систему координат WGS-84, которая использовалась в 2013 г. для ведения публичной кадастровой карты Росреестра.

Результаты разработки методологии и технологии создания ЕВКП субъекта Российской Федерации также внедрены в филиале ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия» по Новосибирской области для выполнения производственных геодезических, картографических, землеустроительных и кадастровых работ при исполнении государственных контрактов и коммерческих договоров. Акт о внедрении разработки в ППК «Роскадастр» приведен в Приложении Д.

4.1.2.2 Качественное преобразование в ЕТКП Новосибирской области пространственных данных, применяемых в градостроительной деятельности

Единая МСК субъекта РФ, в которой осуществляется ведение ЕГРН, является базовой МСК, в которой создаются иные ПД, необходимые для социально-экономической деятельности региона и страны в целом. Так, Приказом Минстроя РФ от 25.02.2019 г № 127/пр [134] определено, что сдаваемые в составе результатов инженерных изысканий ПД обязаны иметь привязку к системе координат, используемой для ведения ЕГРН, а инженерно-топографические планы и другая картографическая продукция должны создаваться в МСК, используемых при ведении ЕГРН [134].

Однако наряду с новой геопространственной информацией, которая начала создаваться в ЕТКП Новосибирской области в МСК НСО, к моменту ее установления в регионе существовал большой фонд ПД, которые востребованы в целях градостроительной деятельности. В этой связи, для использования в текущей градостроительной деятельности ПД, ранее созданных в МСК НП и МСК-NN_42, в соответствии с принципом адаптации ПД к новой ГСК методологии создания ЕВКП субъекта

екта РФ на этапе «Перехода типа I», требовалось осуществить качественное преобразование этих ПД из КП, основанного на СК-42, в ЕТКП региона, базирующееся на СК-95.

Реализация проектов по осуществлению качественного преобразования наиболее значимых видов ПД из координатного пространства региона, базирующегося на СК-42, в его более прогрессивную, модернизированную на базе СК-95, версию изложена ниже.

В связи с построением на территории Новосибирской области единого точного координатного пространства, основанного на МСК НСО, имеющего точность СК-95, от которой она образована, а также в соответствии с приказом [134], Министерство строительства Новосибирской области в лице подотчетного ему государственного бюджетного учреждения Новосибирской области «Фонд пространственных данных Новосибирской области» (ГБУ НСО «Геофонд НСО») инициировало процесс преобразования координат пунктов развитых на территории региона геодезических сетей сгущения, а также материалов крупномасштабных топографических съемок, ранее созданных на территории Новосибирской области во множестве местных системах координат населенных пунктов, основанных на СК-42, в единую местную систему координат региона – МСК НСО, созданную от СК-95.

Работы выполнялись в рамках контрактов от 19.11.2019 г. №000348.2019 «На оказание услуг по преобразованию координат пунктов полигонометрии на территорию Новосибирской области из местных систем координат районов, локальных систем координат населенных пунктов в местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО)» и от 19.11.2019 г. № 2540697813519000005 «На оказание услуг по привязке и преобразованию растровых топографических планов населенных пунктов Новосибирской области масштабов 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000 из местных систем координат районов, локальных систем координат населенных пунктов в местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО) и формированию результирующих номенклатурных листов (НЛ) топографических планов, соответствующих листам масштаба 1 : 2000, 1 : 5000», заключенных между ГБУ НСО «Геофонд НСО» и ФГБОУ ВО СГУГиТ. Работы по контракту от

19.11.2019 г. № 000348.2019 автором были выполнены лично, а по контракту от 19.11.2019 г. № 2540697813519000005 – с его участием.

Выполнение работ по вышеуказанным контрактам было организовано с полным соблюдением принципа адаптации ПД к новым версиям ГСК региона методологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» путем их качественного преобразования из КП, построенного на СК-42, в единое точное координатное пространство Новосибирской области, базирующееся на СК-95. Работы выполнялись в соответствии с Технологической схемой создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95. Для выполнения работ были применены все элементы разработанной в диссертационном исследовании технологии, в том числе: ПО для координатных преобразований *CooTransf*, как одно из технических решений разработанной технологии; информационная база на территорию Новосибирской области в виде ЦМДК СК-42 относительно СК-95 и набора параметров перехода между МСК и ГСК, которые были введены в ПО *CooTransf*; ПО *GeoOper* для метрической верификации результатов преобразования координат из МСК_42 в МСК НСО.

Работы по преобразованию координат пунктов полигонометрии на территорию Новосибирской области из МСК НП, основанных на СК-42, в единую местную систему координат Новосибирской области МСК НСО выполнены автором лично. В процессе выполнения этих работ по преобразованию координат свыше 16 000 пунктов геодезических сетей сгущения (в основном, полигонометрии 1, 2 разряда), расположенных в 30 населенных пунктах (районные центры и города Новосибирской области, включая г. Новосибирск), автору пришлось еще раз убедиться в низком качестве местных систем координат, ранее установленных в отношении отдельных населенных пунктов (МСК НП).

В соответствии с Технологической схемой создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95 была проведена верификация параметров перехода (ключей) между МСК НП, в которых были созданы каталоги координат сетей сгущения, и государственной системой координат 1942 года. Верификация выполнялась путем пересчета координат

пунктов ГГС из СК-42 в МСК НП по имеющимся ключам МСК с последующим сравнением результата с каталожными значениями координат пунктов ГГС в этих МСК НП. В результате верификации установлено, что в 11 случаях из 30 имеющихся ключи 11 МСК НП не соответствовали реальным параметрам перехода между МСК НП и ГСК. Результаты верификации МСК НП для некоторых населенных пунктов Новосибирской области приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты верификации МСК НП для некоторых населенных пунктов Новосибирской области, участвовавших в проекте

Название пункта ГГС, использованного для верификации	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
с. Кочки, административный центр района						
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
г. Купино, административный центр района						
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
Эlevator	13 440,64	22 978,66	13 438,85	22 979,43	1,79	-0,77
Стеклянное	14 278,16	18 052,42	14 276,59	18 051,86	1,57	0,56
р. п. Маслянино, административный центр района						
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
г. 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
с. Северное, административный центр района						
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
п. п. 6657	5 466,92	2 184,14	5 466,98	2 184,59	-0,06	-0,45

Причины такого низкого качества местных систем координат МСК НП объясняются в сохранившемся письме главного инженера Предприятия № 8 В. А. Лаза-

ренко заместителю начальника ГУГиК при СМ СССР Л. А. Кашину, информировавшем о качестве МСК, используемых на закрепленной за Предприятием № 8 территории (Приложение Е). В письме приводятся такие факты:

«...— 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 $2^{\circ}.0 - 2^{\circ}.5$. В ряде случаев координаты исходных пунктов (ГГС — автор) 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».

Анализ технических отчетов, каталогов координат и материалов камеральной обработки по развитию геодезических сетей сгущения в вышеуказанных населенных пунктах, проведенный автором, показал, в большинстве случаях, их низкое качество (за исключением г. Новосибирска и других крупных городов, где эти работы выполнялись преимущественно предприятиями ГУГК при СМ СССР). Так, в некоторых населенных пунктах хода полигонометрии 1, 2 разряда развивались ведомственными организациями (вне системы ГУГК) с опорой на единственный исходный пункт ГГС или без привязки к ГГС вовсе (т. е. геодезические и топографические работы выполнялись в условных системах координат). Имелось множество случаев, когда установление фактов некачественного выполнения работ по развитию сетей сгущения становилось не поводом для их переделки (повтор измерений в сети и ее уравнивание заново), а исполнителями (ведомственные организации вне

системы ГУГК) вносились изменения, соответствующие порядку ошибок в полигонометрии, в параметры МСК, чем МСК и геометрия реализующей ее геодезической сети еще больше деформировались.

Вся вышеизложенная информация, подтверждающая низкую точность геодезических сетей, закрепляющих МСК НП на местности, приведена в работе с тем, чтобы еще раз аргументировать выработанные в методологии создания ЕВКП субъекта РФ рекомендации о том, что такие МСК, созданные от СК-42, после преобразования созданных в них востребованных ПД в ее модернизированную на базе СК-95 версию – МСК-NN_95, в дальнейшем использовать нецелесообразно.

В процессе анализа подтвердилось высокое качество МСК крупных городов (Новосибирск, Татарск), где, вследствие (как справедливо отмечается в [45]) развития опорных геодезических сетей, ошибки верификации МСК не превысили 0,1 м. Это также является аргументом в пользу того положения методологии создания ЕВКП субъекта РФ, что МСК Город, хотя и созданные от СК-42, но закрепленные на местности ГГС высокой точности, допустимо использовать и в ЕТКП региона, основанном на СК-95 (МСК-NN_95).

С целью преобразования координат пунктов сетей сгущения в МСК НСО в населенных пунктах, где получены отрицательные результаты верификации МСК, параметры связи МСК и СК-95 восстановлены заново [139].

Крупномасштабные топографические планы, созданные в последние десятилетия во множестве МСК НП на территорию населенных пунктов, являются важным элементом фонда ПД, которые все еще остаются востребованными в социально-экономической жизни регионов. Поэтому адаптация этих востребованных ПД к ЕТКП, вновь созданному в Новосибирской области на базе СК-95, согласно соответствующему принципу методологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I», осуществлена путем их качественного преобразования в такое ЕТКП из КП, созданное на базе СК-42.

Технологически эта процедура осуществлена путем преобразования топографических планов из множества МСК НП в единую МСК НСО региона с выполнением всех технологических процессов, предусмотренных Технологической схемой

создания единого высокоточного координатного пространства региона на этапе «Перехода типа I» от СК-42 к СК-95. Для выполнения этой работы база данных систем координат, ранее сформированная из числа МСК, в которых велся кадастр на территории области, была дополнена сведениями о параметрах перехода от МСК НП к СК-42 для всех населенных пунктов региона, на которые имелись результаты топографических съемок. В процессе выполнения работ было установлено, что существующая в ПО *CooTransf* база данных МСК, насчитывающая 224 местные системы координат (в которых велся в регионе кадастр недвижимости), составляет менее третьей части всех МСК НП, в которых выполнялись в населенных пунктах области топографические работы. Всего число таких МСК НП, использованных при создании крупномасштабных топографических планов масштабов 1 : 500 – 1 : 5 000, составило свыше 700 [139].

Работы по преобразованию топографических планов населенных пунктов были выполнены с применением разработанной технологии в объеме, предусмотренном контрактом: масштаб 1 : 500 – 6 311 номенклатурных листов (НЛ), 1 : 1 000 – 3 210 НЛ, 1 : 2 000 – 723 НЛ, 1 : 5 000 – 574 НЛ. Преобразование свыше 10 000 крупномасштабных топографических планов позволило создать в составе регионального фонда пространственных данных набор базовых ПД на территорию населенных пунктов региона в единой местной системе координат Новосибирской области – МСК НСО.

Таким, образом, в соответствии с разработанной методологией и технологией создания ЕВКП субъекта РФ, востребованные ПД (в виде координат 16 000 пунктов геодезических сгущения и свыше 10 000 крупномасштабных топографических планов) были адаптированы к ЕТКП региона, созданном от СК-95, путем их преобразования из множества МСК НП, образованных от СК-42, в единую точную систему координат Новосибирской области – МСК НСО. При этом, в силу особенностей разработанной методологии и технологии, эти ПД в процессе пересчета избавились от значительной части деформаций исходных систем координат – МСК НП и повысили свою точность до точности целевой системы координат – МСК НСО.

Пересчет из МСК НП в МСК НСО координат пунктов полигонометрии 1-2 разрядов, развитой на территории населенных пунктов, сделал возможным их использование для создания в МСК НСО более точных и в необходимой мере взаимно согласованных пространственных данных.

Акт о внедрении разработки в ГБУ НСО «Геофонд НСО» приведен в Приложении Ж.

4.1.2.3 Применение разработки при установлении границы между Новосибирской областью и смежными субъектами Российской Федерации

Установление границ между субъектами Российской Федерации является деликатной темой, требующей как учета многих юридических нюансов [161, 163], так и применения специфических технологических подходов. Тем не менее, еще одной из сфер практического применения разработанной методологии и технологии создания ЕВКП региона стали работы по установлению границ между Новосибирской областью и ее смежными субъектами Российской Федерации: Алтайским краем, Омской и Томской областями.

Эти работы выполнены в рамках контрактов: от 01.11.2021 г. № 2021.246 «На оказание услуг по преобразованию координат характерных точек границы, устанавливаемой между субъектами Российской Федерации Новосибирской областью и Алтайским краем, из местной системы координат МСК-22 в местную систему координат Новосибирской области (МСК НСО) и в государственную геодезическую систему координат 2011 года (ГСК-2011)»; от 15.04.2022 г. № 2022.034 на оказание услуг по преобразованию координат характерных точек границы, устанавливаемой между субъектами Российской Федерации Новосибирской областью и Омской областью, из местной системы координат МСК НСО в местную систему координат Омской области (МСК-55) и в государственную геодезическую систему координат 2011 года (ГСК-2011); от 24.05.2022 г. № 2022.092 на оказание услуг по преобразованию координат характерных точек границы, устанавливаемой между субъектами Российской Федерации Новосибирской областью и Томской областью, из местной системы координат МСК НСО в местную систему координат Томской

области (МСК-70) и в государственную геодезическую систему координат 2011 г. (ГСК-2011), заключенных между ГБУ НСО «Геофонд НСО» и СГУГиТ. Работы по этим контрактам автором выполнены лично, с использованием разработок, сделанных в процессе диссертационных исследований.

Целью работ являлось координатное описание границы, устанавливаемой между субъектами Российской Федерации – Новосибирской областью, Алтайским краем, Омской и Томской областями для ее постановки на кадастровый учет и внесение сведений в ЕГРН. Поскольку работы по установлению границ между субъектами РФ имеют важное государственное значение, их отличительной особенностью являлось высокие требования по точности работ, изложенные в Технических заданиях (ТЗ) к контрактам.

Так, в соответствии с ТЗ, ошибка преобразования координат от исходной (МСК-22, МСК-55, МСК-70) к целевой (МСК НСО) системе координат (включая погрешности на промежуточных этапах преобразования по цепочке МСК-22/55/70 → СК-42 → СК-95 → МСК НСО, а также погрешности используемых при этом параметров перехода) должна быть не более 1 см.

Преобразование характерных точек границы в государственную геодезическую систему координат 2011 года в ТЗ предусматривалось выполнить от системы координат 1995 года. Для обеспечения надежности и высокой точности определения единых параметров перехода между СК-95 и ГСК-2011 для Новосибирской области предусматривалось использовать в качестве опорных набор пунктов ГГС, равномерно расположенных на территории Новосибирской области, координаты которых в ГСК-2011 определены только спутниковыми методами по программе СГС-1 и точнее.

Все работы, предусмотренные контрактом, были выполнены в порядке реализации разработанной в диссертационном исследовании методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» и частично на этапе «Перехода типа II».

Применение методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» при выполнении этих работ состояло в преобразовании координатного описания границ смежных субъектов РФ, сделанных в МСК-NN_42 соседних регионов (МСК-22, МСК-55, МСК-70), в ЕТКП Новосибирской области, созданное на МСК-NN_95 (МСК НСО). При этом ЕТКП Новосибирской области, построенное на СК-95, было расширено на приграничную полосу (единицы километров) территории смежных регионов. Это стало возможным, т. к. ЦМДК СК-42 относительно СК-95, созданные для территории Новосибирской области в соответствии с [176], выходили за ее территорию на 10–15 км. Таким образом, для решения задачи адаптации востребованных ПД в виде координатного описания границ смежных регионов, сделанных МСК-NN_42, в ЕТКП Новосибирской области, базирующееся на СК-95, достаточно было ввести в ПО *CooTransf* параметры перехода между МСК-NN_42 соседних регионов (МСК-22, МСК-55, МСК-70) и СК-42. После чего, в соответствии с Технологической схемой создания ЕВКП региона на «Переходе типа I» координатное описание границ с использованием ПО *CooTransf* было пересчитано из МСК-NN_42 (МСК-22, МСК-55, МСК-70) в МСК НСО, а полученные результаты были верифицированы с применением ПО *GeoOper*.

Применение методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа II» при выполнении этих работ было частичным и состояло в том, что координатное описание границ смежных объектов, полученное в ЕТКП Новосибирской области, задаваемом МСК НСО, было пересчитано из МСК НСО в ГСК-2011 по единым Параметрам 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и «гибридной» МСК_2011(МСК НСО). Эта «гибридная» МСК_2011(МСК НСО) юридически еще не введена в Новосибирской области в качестве ее единой региональной МСК, однако, как это было показано ранее в работе, она разработана и реализована на примере Новосибирской области. В том числе, как показали результаты реализации единой «гибридной» МСК Новосибирской области, Параметры 1(МСК НСО) перехода между ГСК-2011 и «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) определены с СКП ± 7 см, а вычислены они по координатам 60 пунктов ГГС, равномерно рас-

положенных на территории региона, координаты которых определены спутниковыми методами с точностью СГС-1. Совпадение плоских прямоугольных координат в «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) и в МСК НСО с СКП, полученной при исследовании «гибридной» МСК (± 7 см), обеспечило возможность обратного пересчета координат характерных точек границ из МСК НСО (а фактически из МСК_2011(МСК НСО)) в ГСК-2011 с такой же точностью.

Наиболее интересными с точки зрения исследования разработанных методологии и технологии на данном практическом материале являлись задачи преобразования характерных точек границы между СК-42 и СК-95, а также между СК-95 и ГСК-2011.

Одна из тонкостей данного проекта заключалась в том, что координатное описание характерных точек границы осуществлялось в МСК-22/55/70, принятых для осуществления кадастровой деятельности в смежных регионах (Алтайский край, Омская и Томская области), построенных на СК-42, при этом положение границы в этой МСК определялось расположением земельных участков, иных объектов недвижимости, уже учтенными в МСК-22/55/70 (граница совпадала с ними). Однако ведение ЕГРН в смежном субъекте – Новосибирской области осуществляется в МСК НСО, созданной на СК-95. При этом те объекты недвижимости, которые являлись основой для определения положения вновь устанавливаемой между субъектами РФ границы, также были учтены и в ЕГРН на территории Новосибирской области, но в другой местной системе координат – МСК НСО, основанной на СК-95. Таким образом данный проект являлся классическим примером преобразования ПД (характерных точек границы между субъектами РФ) из МСК, построенной на деформированной СК-42 (МСК-22/55/70) в МСК, созданную на СК-95. И к методологии и технологии преобразования из МСК_42 (МСК-22/55/70) в МСК_95 (МСК НСО) в данном случае предъявлялись следующие критические требования:

– методология и технология преобразования ПД должна быть идентичной (или той же), что была применена при преобразовании всех объектов недвижимости, учтенных в АИС ГКН на территории Новосибирской области, из множества МСК_42 (МСК НП, МСК-54) в единую МСК НСО (в противном случае положение

границы, согласованное с учтенными в ЕГРН объектами недвижимости в МСК-22/55/70 на территории Алтайского края, Омской и Томской области не совпадут с аналогичными объектами, учтенными в МСК НСО на территории Новосибирской области);

– методология и технология преобразования ПД должна обеспечивать качественное (с повышением точности) преобразование преобразуемых ПД: избавлять их от деформаций и неоднородности исходной МСК_42 (фактически от СК-42) и тем самым делать их сопоставимыми по точности с СК-95. С позиций методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ метрическое описание границы области, как один из базовых слоев набора ПД региона, должно быть в этом аспекте в максимальной степени приближено к идеалу;

– методика координатных преобразований должна сохранять топологическое согласование между объектами, имевшееся в исходной системе координат. Это требование для такого вида ПД, как граница между субъектами РФ, становится критически важным: нарушение топологии в результате пересчета в этом случае делает невозможным согласовать положение границы с соседним субъектом, а тем более поставить ее на учет в ЕГРН.

Вышеизложенные требования к процедуре преобразования координатного описания границ субъектов РФ между разной точности и однородности КП, основанных на разных видах ГСК, востребованы самой жизнью во многих сферах деятельности. И, как подтверждают примеры ее практического применения, разработанная методология и технология создания ЕВКП субъектов РФ им полностью соответствует. Сформировав методологическую и технологическую модель создания ЕВКП субъекта РФ на этапе «Перехода типа I» на территории Новосибирской области, разработка позволила преобразовать пространственное описание границы из МСК-22/55/70 в МСК НСО с тем теми же эффектами устранения деформаций СК-42, с какими в 2013 г. был пересчитан из множества МСК_42 в единую МСК НСО Новосибирской области весь кадастр недвижимости, учтенный в АИС ГКН на ее территории. Это позволило границу, метрически описанную в МСК-22/55/70, со-

гласованную с объектами недвижимости, учтенными в ЕГРН на территории Алтайского края, Омской и Томской области в МСК-22/55/70 соответственно, получить в МСК НСО в такой же степени согласованную с объектами недвижимости, учтенными в ЕГРН на территории Новосибирской области в МСК НСО. Применение другого инструмента координатных преобразований (в том числе, с другими ЦМДК координат СК-42 относительно СК-95) не позволило бы добиться такого же результата.

Еще одним нюансом выполненных в данном проекте работ было получение координатного описания границы в ГСК-2011. В соответствии методологией и технологией создания ЕВКП субъекта РФ, предполагается, что преобразование (пересчет) объектов недвижимости из множества МСК_42 в единую МСК_NN_95 потребуется осуществлять лишь единожды. Именно на этапе «Перехода типа I», за счет применения ЦМДК СК-42 относительно СК-95, предполагается устранять основные искажения в пространственном описании объектов недвижимости, вызванные деформациями СК-42. Вследствие такой процедуры «очистки» метрика объектов недвижимости становится соответствующей по точности и однородности СК-95.

В то же время предполагалось, что точность и однородность СК-95 (которую на этапе начала разработки технологии в 2012-2013 гг. было невозможно оценить в сопоставлении с ГСК-2011 в связи с отсутствием на этом этапе каталога координат пунктов ГГС 1-4 классов в ГСК-2011) такова, что она позволит в дальнейшем реализовать «Переход типа II» в построении ЕВКП субъекта РФ путем установления единой «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) региона, применение которой позволит процедуры преобразования ПД больше не осуществлять. За счет совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК НСО) и в МСК НСО ведение ЕГРН и создание иных видов ПД можно было продолжить без их пересчета.

И, как показала практика и осуществленная в работе реализация разработки (см. 3.2.2), на территории Новосибирской области это предположение подтвердилось: по 60 пунктам ГГС, имеющим точность СГС-1, равномерно расположенным на территории области, параметры перехода от ГСК-2011 к единой «гибридной» МСК_2011(МСК НСО) региона определены с СКП ± 7 см. И именно эти Параметры

1(МСК НСО) перехода между МСК_2011(МСК НСО) и ГСК-2011 были использованы для преобразования (с применением ПО *CooTransf*) пространственного описания характерных точек границы между Алтайским краем, Омской и Томской областями и Новосибирской областью из МСК НСО (а фактически из МСК_2011(МСК НСО)) в ГСК-2011.

Таким образом, этот проект стал еще одним примером успешного практического применения разработанной методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ для решения важной, деликатной и технологически тонкой задачи преобразования пространственного описания границы, устанавливаемой между субъектами Российской Федерации – Новосибирской областью, Алтайским краем, Омской и Томской областями, состоящей из 16 687 характерных точек и общей протяженностью 2 713 км.

Применение разработанной методологии и технологии позволило автору выполнить работы с соблюдением всех требований контракта. Готовая продукция в виде Каталогов координат характерных точек границы в системах координат МСК НСО, ГСК-2011 прошла контрольный пространственный анализ в ППК «Роскадастр» и была принята заказчиком. Это позволило юридически установить границы между Новосибирской областью и ее смежными субъектами Российской Федерации – Алтайским краем, Омской и Томской областями и поставить их на кадастровый учет.

4.1.2.4 Адаптация МСК Город в единое координатное пространство региона, созданное на базе МСК НСО

При разработке методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ предусматривалась возможность функционирования в среде координатного пространства региона РФ, основанном на СК-95, местной системы крупного города, основанной на СК-42 (МСК Город). Такая возможность существует в связи с тем, что МСК крупного города (МСК Город) из-за высокой точности опорной геодезической сети, закрепляющей ее на местности, может быть адекватно адаптирована

в координатном пространстве региона, базирующегося на МСК НСО, образованной от СК-95. На территории Новосибирской области в качестве такой МСК Город выступает местная система города Новосибирска. Муниципальное унитарное предприятие г. Новосибирска «Геофонд» (МУП «Геофонд»), которое осуществляет дежурство инженерно-топографических планов масштаба 1 : 500 на территории самого крупного муниципалитета страны, приняло решение продолжить работу в принятой для города МСК – МСК Город.

По заказу МУП «Геофонд» силами ОАО «Сибгеоинформ», под руководством и при личном участии автора, разработанная методология и технология была внедрена для практического использования в этом предприятии. Для этого в МУП «Геофонд» была поставлена усеченная версия ПО *CooTransf*, содержащая параметры перехода между МСК Город для г. Новосибирска и СК-42, МСК НСО с СК-95, а также ЦМДК СК-42 по отношению к СК-95 на территорию городской агломерации. ПО *CooTransf* у потребителя сопряжено с внутренним ПО, функционирует в режиме робота и позволяет преобразовывать ПД между МСК НСО и МСК Город (г. Новосибирск) онлайн.

Внедрение разработанной методологии и технологии позволяет этому предприятию в течение уже более 12 лет успешно осуществлять свою деятельность в МСК Город (МСК г. Новосибирска), основанной на СК-42 в едином координатном пространстве Новосибирской области, базирующемся на МСК НСО, созданной от СК-95. Однако возможно это стало лишь благодаря тому, что, как это показано ранее в работе, точность МСК Город в г. Новосибирске за счет высокой точности его опорной геодезической сети выше точности классической ГГС 1-4 классов и соответствует точности СК-95.

4.2 Применение методологии и технологии создания ЕВКП региона для создания ЕВКП иных территорий

Методология и технология создания ЕВКП разработана для построения такого координатного пространства на территории субъекта Российской Федерации, успешно внедрена в Новосибирской области в части «Перехода типа I» между СК-

42 и СК-95, а также показала положительные результаты по итогам ее реализации в этом же регионе в части «Перехода типа II» между СК-95 и ГСК-2011. Таким образом, в данном субъекте РФ реализуется предлагаемый основной сценарий построения ЕВКП региона, показанный на рисунке 1.8, а, где (как примерно еще в 15 регионах страны) на очереди внедрение «Перехода типа II» между СК-95 и ГСК-2011.

Однако в других субъектах РФ ситуация с реализацией методологии и технологии создания ЕВКП регионов развивается по «отложенному» варианту, показанному на рисунке 1.8, б, когда МСК-NN_42 используются даже тогда, когда в стране введена новая ГСК вида 3 (ГСКВ3), а именно – ГСК-2011. Как было показано ранее в работе, создание ЕВКП в этих субъектах РФ возможно уже путем реализации «Перехода типа I» между СК-42 и ГСК-2011 с одновременным применением элемента «Перехода типа II» в виде «гибридной», единой МСК_2011(МСК-NN_42) региона. Очевидно, что этот вариант реализуется сначала установлением в таком субъекте РФ «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) в качестве его единой региональной МСК, а затем осуществляется «Переход типа I» в части преобразования из МСК-NN_42 в МСК_2011(МСК-NN_42) части востребованных ПД, требования по точности координатного описания которых выше, чем точность совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и МСК-NN_42.

Но адаптация координатного пространства регионов, основанных на СК-42/СК-95, к ГСК-2011 выполнена силами ППК «Роскадастр» путем уточнения МСК-NN_42/МСК-NN_95 относительно ГСК-2011 методом, который не привел к повышению точности последних до уровня точности ГСК-2011, а также не позволил определить параметры перехода между МСК-NN_42/МСК-NN_95 и ГСК-2011, что в соответствии с ФЗ-218 [121] является обязательным. При этом в настоящее время не разработаны меры по решению этой проблемы.

В этих условиях существует проблема выполнения геодезических работ в МСК-NN_42, низкая точность геодезической основы которой (в виде реализующих их на местности пунктов ГГС) не позволяет создавать ПД с требуемой

точностью, а также реализовать потенциал современных средств геодезических измерений с применением ГНСС, в том числе полноценное использование дифференциальных геодезических станций (ДГС) [85, 89, 108, 171]. Любые ПД, созданные в ГСК-2011 средствами ГНСС с высокой точностью, будучи преобразованными в МСК-NN_42, заглубляются до точности этой МСК (а фактически СК-42) и теряют в аспекте позиционной точности свои потребительские качества. Это же касается и выполнения геодезических работ от ДГС: переход от высокоточных координат ДГС в ГСК-2011 в МСК-NN_42 приводит к потере в точности ПД, создаваемых от ДГС в МСК-NN_42 [84, 85, 89, 171].

Так, например, крупные недропользователи, имеющие объекты инфраструктуры большой протяженности, получают существенную разность в метрическом описании таких объектов в МСК-NN_42 и в ГСК-2011, достигающую величины порядка 10 м на расстоянии порядка 700–1 000 км. При этом желая работать в точном координатном пространстве, соответствующем по точности ГСК-2011, они вынуждены работать в таких МСК-NN_42, точность которых не соответствует современным требованиям, лишь потому, что в них требуется осуществлять постановку объектов инфраструктуры в ЕГРН.

В этой связи сделанная в диссертационном исследовании разработка в части создания ЕВКП субъекта РФ находит свое практическое применение для иных территорий, меньших или сопоставимых по размеру, чем территория региона страны. Идея такой модификации методологии и технологии создания ЕВКП субъекта РФ в приложении к иным территориям (не субъектам РФ) показана на рисунке 4.3 и заключается в следующем.

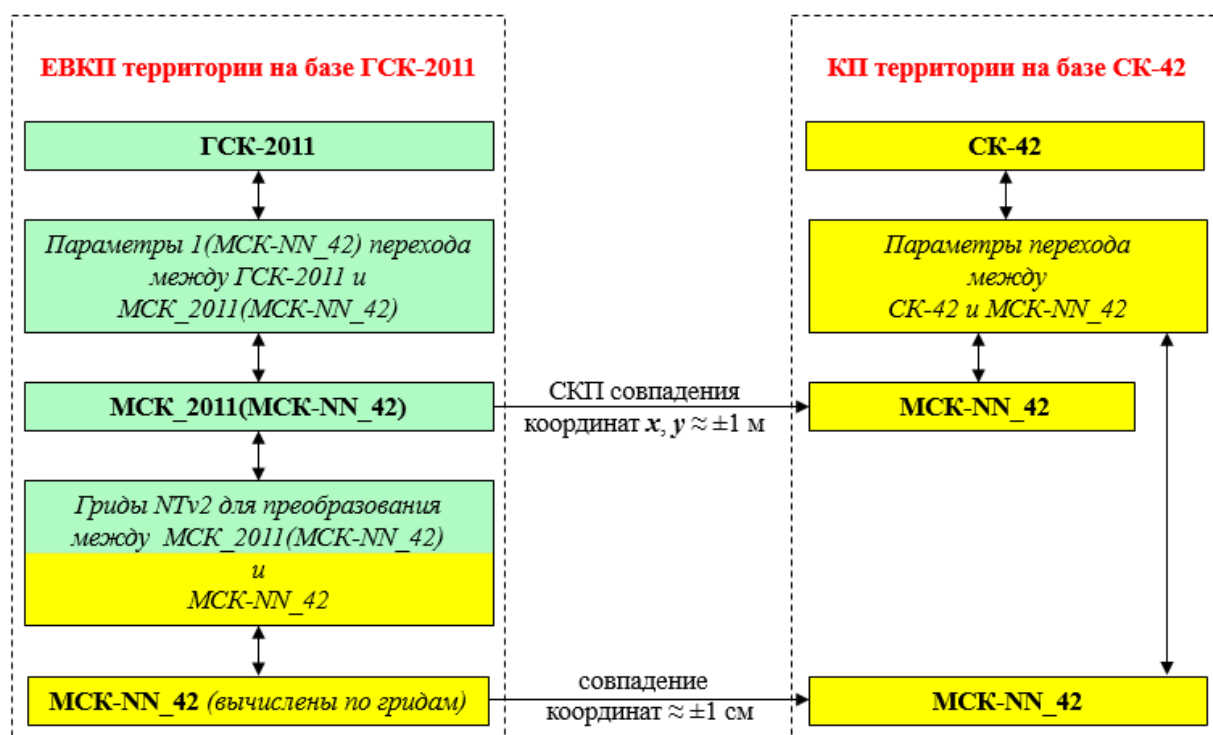


Рисунок 4.3 – Технологическая схема создания на базе ГСК-2011 ЕВКП территорий и его взаимодействия с МСК-NN_42

На базе ГСК-2011 для некоторого пользователя (заказчика) устанавливается местная система координат «гибридного» вида МСК_2011(МСК-NN_42), таргетированная на совпадение плоских прямоугольных координат в ней и в МСК-NN_42, в которой на данной территории ведется ЕГРН. Как было показано в работе ранее, за счет существенных деформаций координат пунктов ГГС в МСК-NN_42 степень совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и в МСК-NN_42 будет тем ниже, чем больше будет территория, на которой такая «гибридная» МСК будет установлена. Очевидно, что при размерах территории, на которой устанавливается МСК_2011(МСК-NN_42) сопоставимой с размером субъекта РФ, такое совпадение в плоских прямоугольных координатах может быть достигнуто с СКП ± 1 м и более. Однако, несмотря на такую низкую степень совпадения плоских прямоугольных координат, заказчик такой «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) получает существенные выгоды:

- он получает в свое распоряжение единое высокоточное координатное пространство на территории установления «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42), точность которого соответствует точности ГСК-2011;

- часть ПД, используемых заказчиком в МСК-NN_42, требования по точности координатного описания которых ниже точности совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и в МСК-NN_42, будучи представленными в виде плоских прямоугольных координат, могут быть интегрированными с ПД, созданными в МСК_2011(МСК-NN_42).

При этом для того, чтобы было возможным, при необходимости (постановка объектов на учет в ЕГРН, добавление выгрузки из ЕГРН к ПД заказчика), осуществлять преобразование ПД заказчика между МСК_2011(МСК-NN_42) и МСК-NN_42 разработка дополнена модулем построения ЦМДК между этими МСК в формате грида NTv2. Представление ЦМДК между МСК_2011(МСК-NN_42) и МСК-NN_42 в виде грида NTv2 обосновано тем, что это широко распространенный международный формат представления цифровой модели взаимной деформации координат между двумя системами координат, функция применения которого встроена во многие ПО ГИС.

Таким образом, потребитель методологии и технологии создания ЕВКП территории в варианте, показанном на рисунке 4.3:

- получает привилегию работать в едином высокоточном (соответствующем точности ГСК-2011) координатном пространстве интересующей его территории, создаваемой МСК_2011(МСК-NN_42), плоские прямоугольные координаты в которой максимально приближены к плоским прямоугольным координатам в МСК-NN_42;

- создает все новые ПД в МСК_2011(МСК-NN_42) с позиционной точностью ГСК-2011;

- сохраняет для использования часть ПД, ранее созданные в МСК-NN_42, требования по точности координатного описания которых ниже точности совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и в МСК-NN_42, без необходимости пересчета их в МСК_2011(МСК-NN_42);

– при необходимости преобразования между МСК_2011(МСК-NN_42) и МСК-NN_42 с высокой точностью (до 1 см) осуществляет это в ПО ГИС, используя гриды NTv2. На рисунке 4.3, где СК-42 обозначена желтым цветом, а ГСК-2011 – зеленым, заливка контура схемы, обозначающая на ней грид, специально дана переходящая из зеленого в желтый цвет с тем, чтобы наглядно показать, что цель грида, как и любой ЦМДК, осуществлять (при прямом пересчете) преобразование из высокоточной, однородной СК (в нашем случае МСК_2011(МСК-NN_42)) в СК технической точности и неоднородную (в нашем случае МСК-NN_42) и наоборот – при обратном преобразовании;

– часть востребованных ПД, ранее созданных в МСК-NN_42, требования по точности координатного описания которых выше точности совпадения плоских прямоугольных координат МСК_2011(МСК-NN_42), при необходимости, преобразовывает (с использованием гридов NTv2) в ЕВКП территории, задаваемое МСК_2011(МСК-NN_42).

Именно в силу вышеуказанных преимуществ потребители заинтересованы в создании в зоне своей деятельности на базе ГСК-2011 «гибридных» местных систем координат МСК_2011(МСК-NN_42), в которых в качестве целевой системы координат выбирается МСК-NN_42. Для таких потребителей приоритетом является создание в зоне своей деятельности единого высокоточного координатного пространства, точность которого соответствует точности ГСК-2011. Степень же совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и в целевой системе координат МСК-NN_42 для них является фактором желаемым, но не приоритетным. Проблема неточного совпадения плоских прямоугольных координат в МСК_2011(МСК-NN_42) и в МСК-NN_42 решается ими, при необходимости, посредством гридов NTv2.

Опыт практического создания трех таких МСК приводится далее [92]. Разработка этих МСК_2011(МСК-NN_42) выполнена лично автором в соответствии с Договором от 05.04.2024 г. № ЕС/1716/95-02/24 на разработку и установление на территории расположения объектов инфраструктуры ООО «Иркутская нефтяная

компания» (ООО «ИНК»), находящихся в Республике Саха (Якутия), Красноярском крае и Иркутской области местных систем координат, заключенным между Обществом с ограниченной ответственностью «Иркутская нефтяная компания» и СГУГиТ.

В соответствии с Техническим заданием (ТЗ) к Договору, основной целью разработки МСК для Заказчика являлось обеспечение возможности определения с высокой точностью пространственного положения и геометрических параметров объектов инфраструктуры ООО «Иркутская нефтяная компания», расположенных в Иркутской области, Красноярском крае и Республике Саха (Якутия). Таким образом, создание (путем установления на базе ГСК-2011 «гибридной» МСК) единого высокоточного координатного пространства на территории расположения объектов инфраструктуры ООО «Иркутская нефтяная компания», находящихся в Иркутской области, Республике Саха (Якутия) и Красноярском крае, с приближением плоских прямоугольных координат в ней и в системе координат МСК-NN_42 в максимально достижимой степени, решает поставленную Заказчиком задачу.

Для удобства Заказчика наименования созданных МСК, в общем виде имеющие аббревиатуру МСК_2011(МСК-NN_42), даны такие, которые содержат в себе элементы названия фирмы Заказчика и название целевой системы координат: МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38. В аббревиатуре названий этих МСК буквы «ИНК» означают «Иркутская нефтяная компания», а номер – цифра в наименовании целевой системы координат: МСК-14 в Якутии; МСК-24 в Красноярском крае; МСК-38 в Иркутской области.

Таким образом при разработке вновь устанавливаемых МСК на территории расположения объектов инфраструктуры ООО «ИНК» в Красноярском крае, в Якутии и в Иркутской области в качестве целевых систем координат приняты МСК ведения ЕГРН, основанные на СК-42, но уточненные относительно ГСК-2011 – МСК-NN_42, а именно: МСК-14, МСК-24, МСК-38.

Схемы расположения разработанных МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38 показаны на рисунках 4.4–4.7. В связи с тем, что в зоне создания МСК отсутствовали пункты ГГС, определенные спутниковым методом, для определения

параметров преобразования между ГСК-2011 и «гибридными» МСК в качестве опорных были использованы только пункты классической геодезической сети 1-4 класса, развитой традиционными наземными методами геодезических построений (триангуляция, полигонометрия, трилатерация), координаты которых в ГСК-2011 получены в результате совместного уравнивания этих измерений с опорой на пункты спутниковой геодезической сети при установлении ГСК-2011.

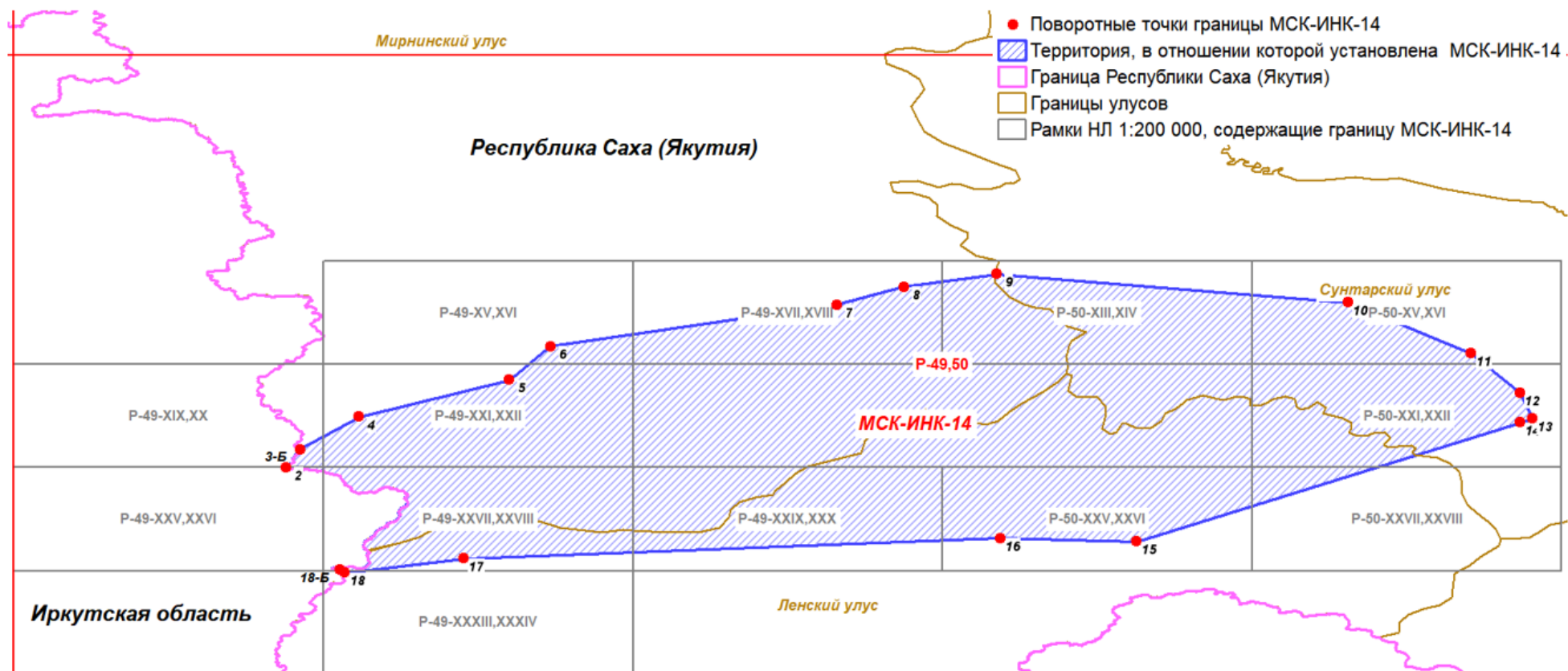


Рисунок 4.4 – Схема расположения территории, в отношении которой устанавливается МСК-ИНК-14

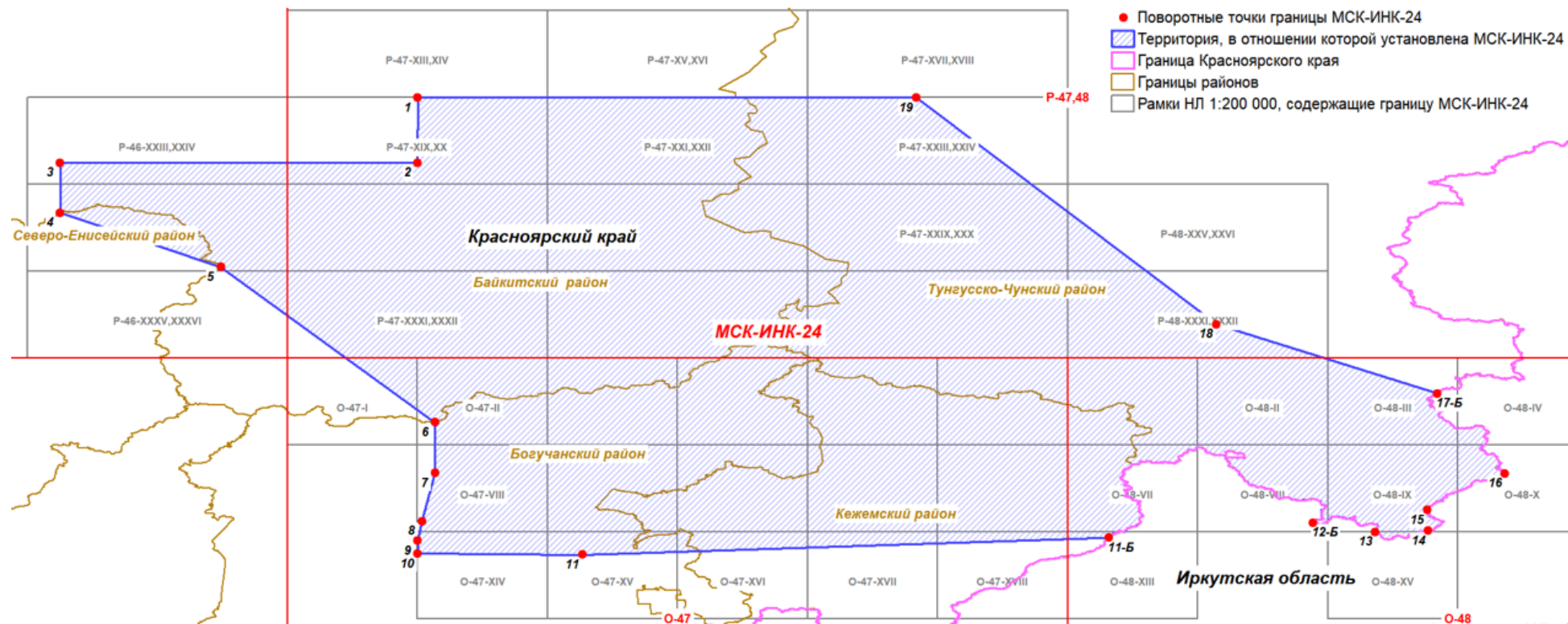


Рисунок 4.5 – Схема расположения территории, в отношении которой устанавливается МСК-ИНК-24

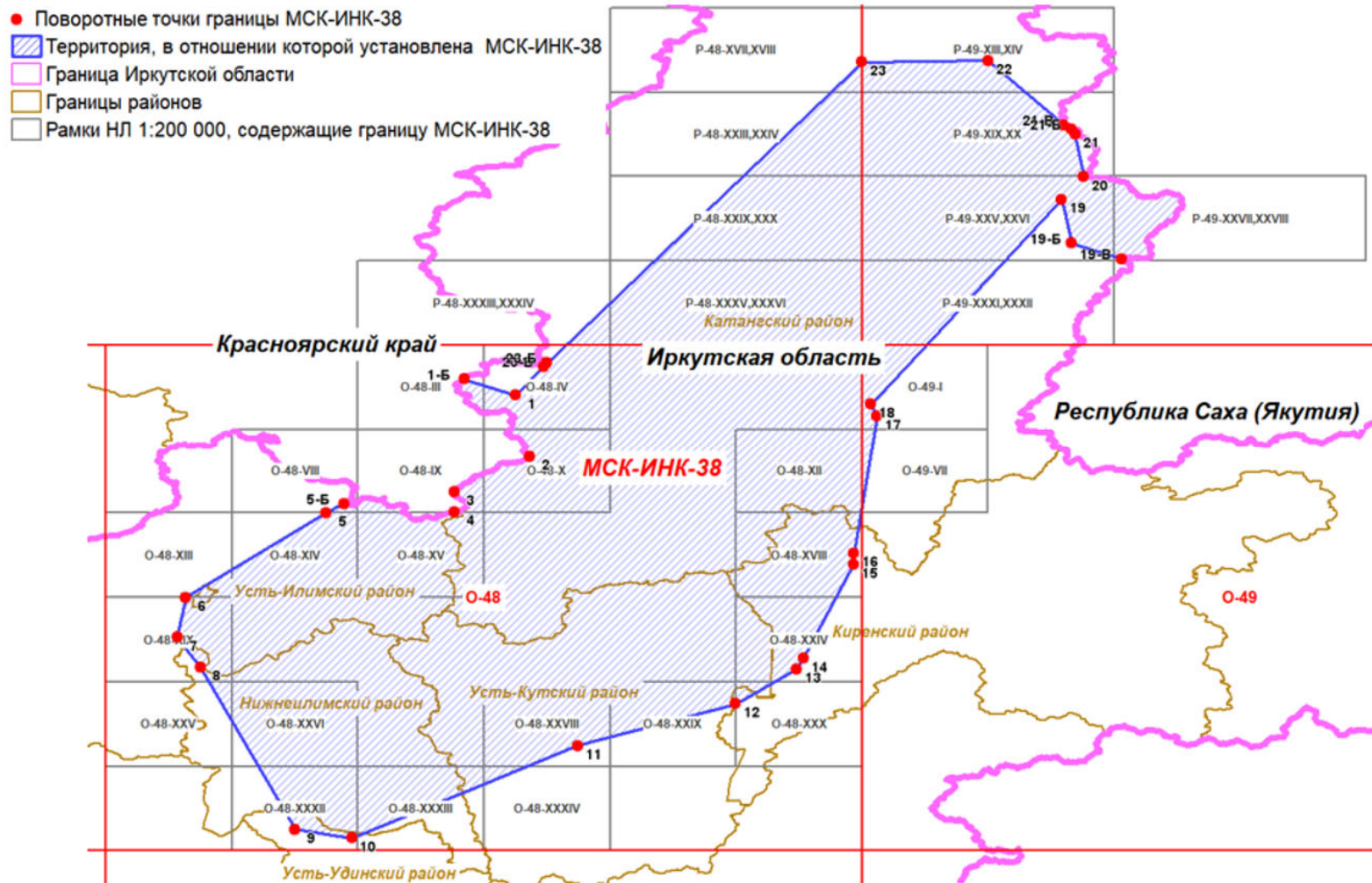


Рисунок 4.6 – Схема расположения территории, в отношении которой устанавливается МСК-ИНК-38

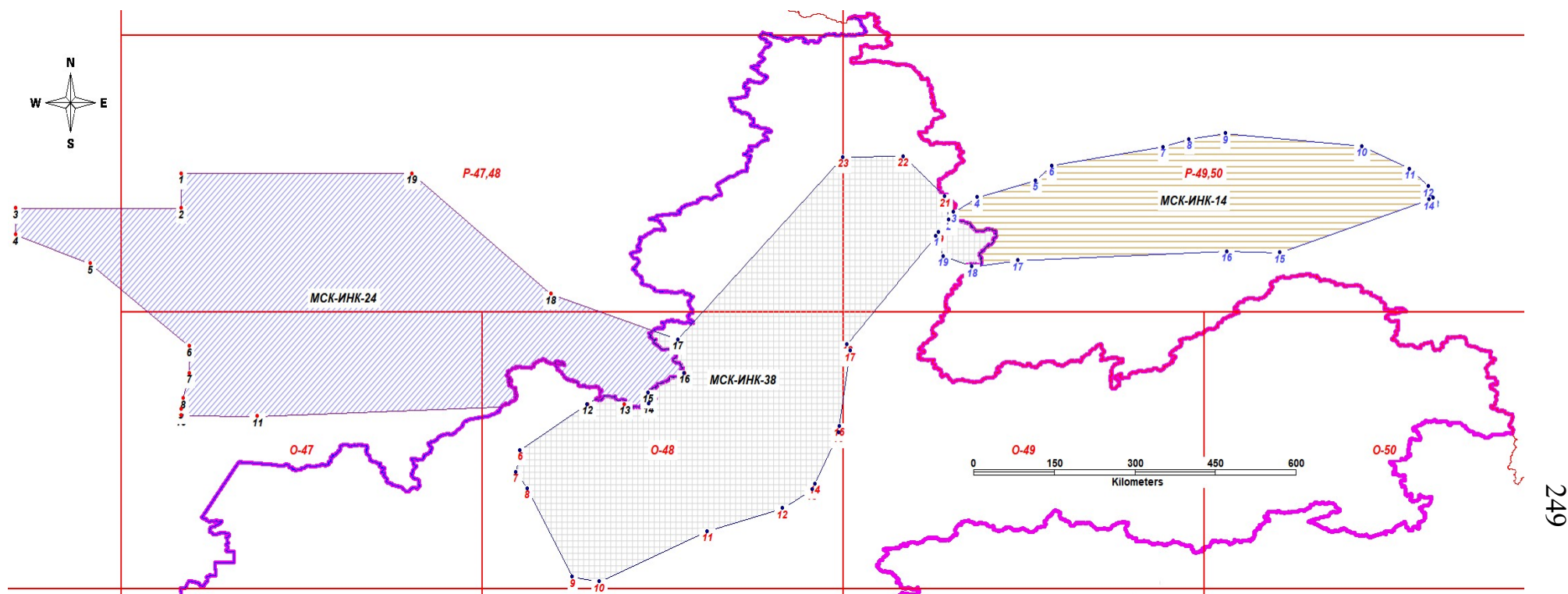


Рисунок 4.7 – Обзорная схема расположения местных систем координат МСК-ИНК-38, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-14, установленных на территории расположения объектов инфраструктуры ООО «ИНК», находящихся в Иркутской области, Красноярском крае и Республике Саха (Якутия)

С целью определения величин несовпадения координат пунктов ГГС в целевых системах координат с их эталонными значениями, в качестве опорных были использованы все пункты ГГС, расположенные в зоне создания каждой из МСК. Всего в качестве опорных было использовано пунктов ГГС 1-4 классов: 809 – на территории МСК-ИНК-14, 1829 – на территории МСК-ИНК-24, 1724 – на территории МСК-ИНК-38. Схема расположения опорных пунктов ГГС в зоне создания МСК приведены на рисунках 4.8–4.10. Координаты пунктов ГГС в ГСК-2011 и в МСК-14, МСК-38, МСК-167 – МСК-171 в установленном порядке были получены из ФФПД ППК «Роскадастр».

В связи с тем, что ведение ЕГРН на территории создания «гибридной» МСК-ИНК-24 в Красноярском крае осуществляется не в МСК-24, а в серии отдельных трехградусных МСК (МСК-167, МСК-168, МСК-169, МСК-170, МСК-171), в качестве целевых систем координат здесь были выбраны именно эти МСК-167 – МСК-171. При этом плоские прямоугольные координаты в каждой из зон № 1– № 5 МСК-ИНК-24 были таргетированы на максимальное приближение к плоским прямоугольным координатам в целевых системах координат МСК-167, МСК-168, МСК-169, МСК-170, МСК-171 соответственно.

С использованием координат опорных пунктов ГГС в ГСК-2011 и в соответствующих МСК ведения ЕГРН (МСК-14, МСК-167 – МСК-171, МСК-38) в соответствии с технологией создания «гибридной» МСК были определены Параметры 1 преобразования между ГСК-2011 и МСК-14, МСК-167 – МСК-171, МСК-38 соответственно. Как было показано ранее, при создании «гибридной» МСК для каждой из ее зон определяются свои Параметры 1 перехода между ГСК-2011 и МСК. Однако, поскольку для определения таких Параметров 1 преобразования между ГСК-2011 и МСК для каждой из зон «гибридной» МСК используются единые наборы координат опорных пунктов ГГС в ГСК-2011 и целевой системе координат, точность вычисления таких параметров будет одинаковой для каждой из зон «гибридной» МСК. В этой связи далее в работе приведена точность для одной, центральной зоны «гибридной» МСК: зон № 2 в МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-38, а также МСК-169 для МСК-ИНК-24.

В связи с большой площадью территории МСК (900 км на 200 км, 1 260 км на 400 км, 900 км на 400 км для МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38 соответственно) и существенными деформациями координат пунктов ГГС в действующих МСК ведения ЕГРН, уточненных относительно ГСК-2011, параметры перехода между ГСК-2011 и МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38, определены с СКП ± 1.18 , ± 1.26 , ± 1.09 м соответственно (таблицы 4.4, 4.6, 4.8 соответственно).

Точность преобразования координат опорных пунктов ГГС, расположенных в зоне действия созданных МСК, между ГСК-2011 и МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38 по Параметрам 1 приведена в таблицах 4.3–4.8 соответственно, а также на рисунках 4.8–4.10.

Таблица 4.3 – Статистика по погрешностям преобразования координат опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК-ИНК-14 по Параметрам 1

Диапазон погрешностей (в плане), м	Количество, шт.	Количество, %
0,061–0,5	224	27,7
0,5–1,0	269	33,3
1,0–1,5	188	23,2
1,5–2,0	87	10,8
2,0–2,5	17	2,1
2,5–3,0	9	1,1
3,0–3,5	9	1,1
3,5–5,701	6	0,7

Таблица 4.4 – Погрешности преобразования координат опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК-ИНК-14 по Параметрам 1

Погрешность	По x (см)	По y (см)	В плане (см)
Максимальная	2,58	5,69	5,70
Минимальная	-2,75	-2,39	0,06
Средняя	0,01	0,00	0,95
СКП	0,74	0,92	1,18

Таблица 4.5 – Статистика по погрешностям преобразования координат опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК-ИНК-24 по Параметрам 1

Диапазон погрешностей (в плане), м	Количество, шт.	Количество, %
0,011–0,5	193	10,6
0,5–1,0	579	31,7
1,0–1,5	587	32,1
1,5–2,0	387	21,2
2,0–2,5	60	3,3
2,5–3,0	13	0,7
3,0–3,406	10	0,5

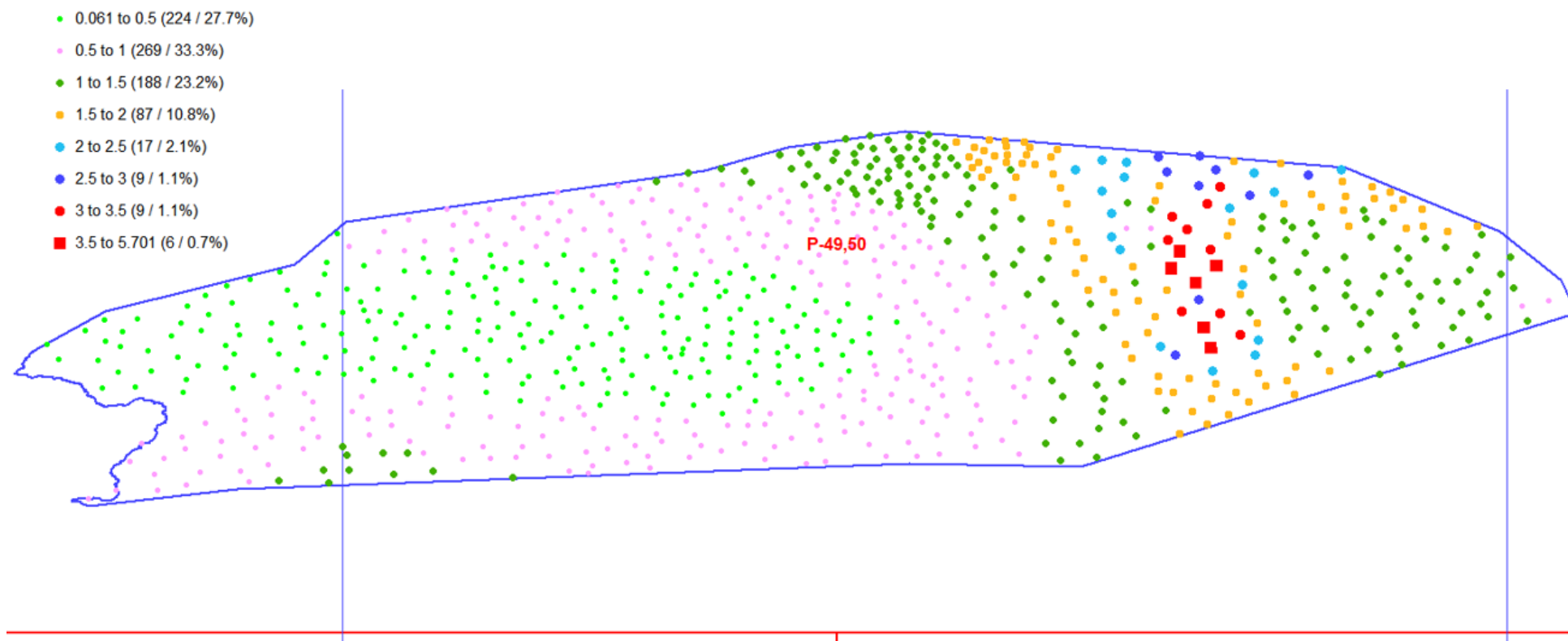


Рисунок 4.8 – Карта погрешностей преобразования между ГСК-2011 и МСК-ИНК-14 координат опорных пунктов ГГС, расположенных в зоне действия МСК, по Параметрам 1

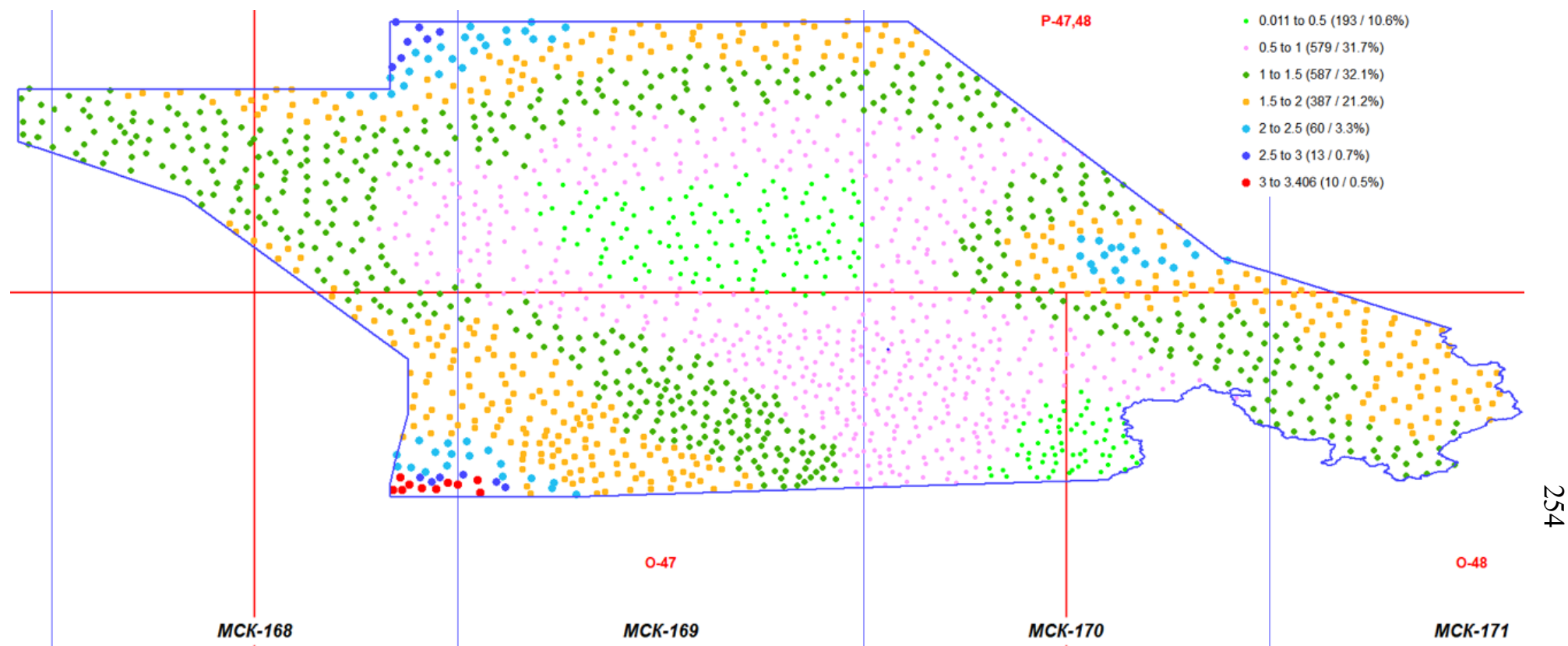


Рисунок 4.9 – Карта погрешностей преобразования между ГСК-2011 и МСК-ИНК-24 координат пунктов ГГС, расположенных в зоне действия МСК, по Параметрам 1

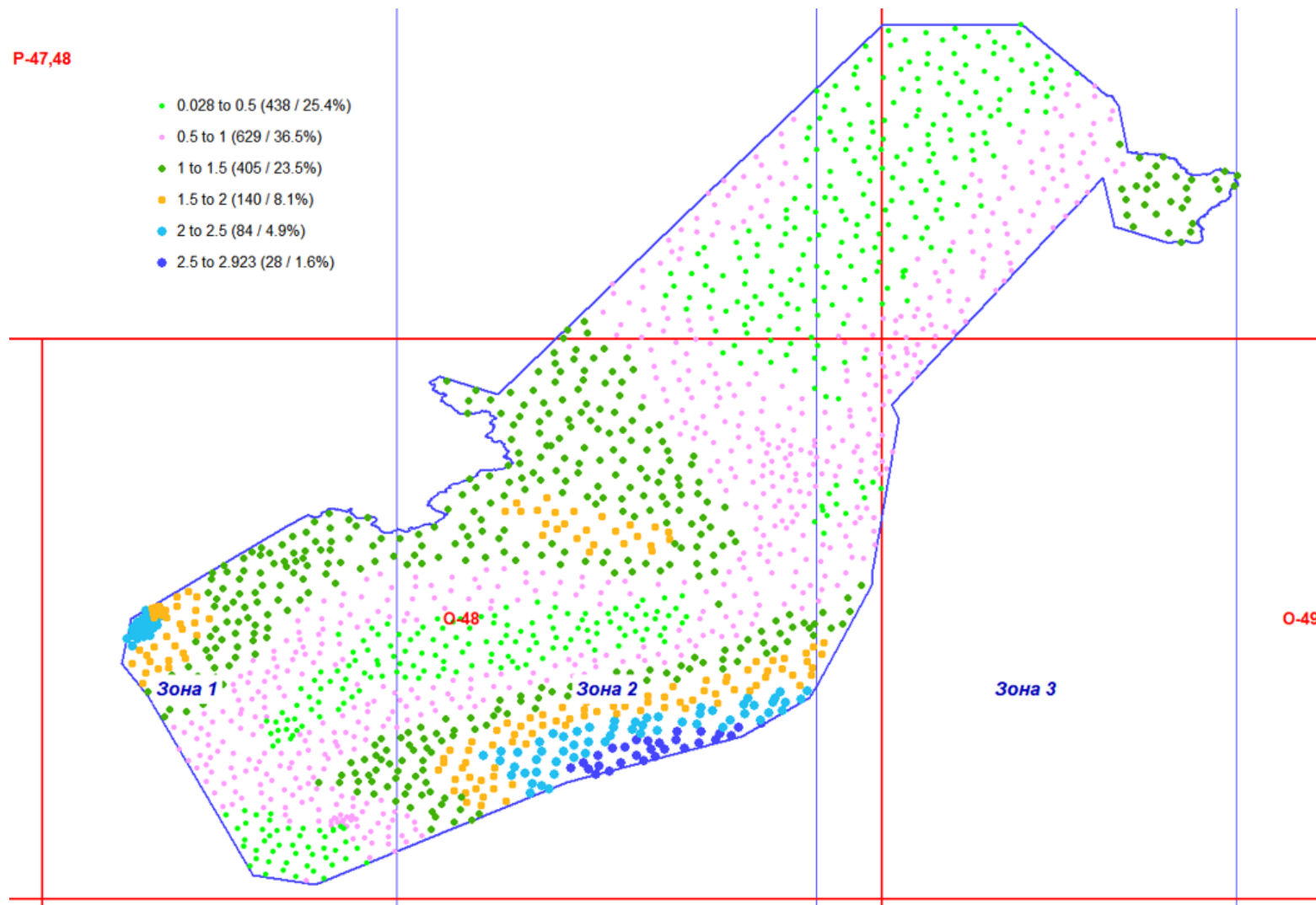


Рисунок 4.10 – Карта погрешностей преобразования между ГСК-2011 и МСК-ИНК-38 координат пунктов ГГС, расположенных в зоне действия МСК, по Параметрам 1

Таблица 4.6 – Погрешности преобразования координат опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК-ИНК-24 по Параметрам 1

Погрешность	По x (см)	По y (см)	В плане (см)
Максимальная	1,63	2,88	3,41
Минимальная	-2,69	-2,34	0,01
Средняя	0,00	0,02	1,14
СКП	0,84	0,94	1,26

Таблица 4.7 – Статистика по погрешностям преобразования координат пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК-ИНК-38 по Параметрам 1

Диапазон погрешностей (в плане), м	Количество, шт.	Количество, %
0,028–0,5	438	25,4
0,5–1,0	629	36,5
1,0–1,5	405	23,5
1,5–2,0	140	8,1
2,0–2,5	84	4,9
2,5–2,923	28	1,6

Таблица 4.8 – Погрешности преобразования координат опорных пунктов ГГС между ГСК-2011 и МСК-ИНК-38 по Параметрам 1

Погрешность	По x (см)	По y (см)	В плане (см)
Максимальная	1,21	2,69	2,92
Минимальная	-1,68	-2,11	0,03
Средняя	0,01	0,00	0,94
СКП	0,52	0,95	1,09

Как видно из таблиц 4.3–4.8 и рисунков 4.8–4.10, погрешности преобразования координат пунктов ГГС между ГСК-2011 и «гибридными» МСК размером до 0,5 м составляет величины 27,7; 10,6; 25,4 % в МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38 соответственно; при этом в диапазон погрешностей 0,5–1,0 м попадают 33,3; 31,7; 36,5 %, а в диапазон 1,0–1,5 м – 23,2; 32,1; 23,5 % в этих МСК соответственно; максимальные погрешности при этом достигают в МСК-ИНК-14 – 5,70 м (здесь таковых 6 или 0,7 %), в МСК-ИНК-24 – 3,406 м (таких здесь 10 или 0,5 %), в МСК-ИНК-38 – 2.923 м (таких в этой МСК 28 или 1,6 %).

Критерий минимальных величин несовпадения координат в «гибридных» и в целевых системах координат размером в 0,5 м выбран исходя из того, что территория, на которую созданы МСК, относится в соответствии с [136] к землям промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, землям для обеспечения космической деятельности, землям обороны, безопасности и землям иного специального назначения, где СКП определения координат характерных точек границы объектов недвижимости при ведении ЕГРН составляет 0,5 м.

Приведенные на рисунках 4.8–4.10 карты величин несовпадения координат в МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38 с координатами в действующих МСК ведения ЕГРН, уточненных относительно ГСК-2011 (МСК-14, МСК-167 – МСК-171, МСК-38), показывают, насколько неоднородны и деформированы координаты в этих действующей МСК по сравнению с ГСК-2011 и МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38 соответственно.

Очевидно, что применяемые для ведения ЕГРН действующие МСК не удовлетворяют требованиям по точности пространственного размещения и определения геометрических параметров протяженных линейных сооружений, к которым относятся многие объекты инфраструктуры ООО «ИНК» (трубопроводы и т. д.). В этой связи применение «гибридных» МСК, обеспечивающих создание единого высокоточного координатного пространства в зоне деятельности ООО «ИНК», соответствующего точности ГСК-2011, является приемлемым решением для компании даже при условии, что приближение плоских прямоугольных координат в МСК-ИНК-14/24/38 к координатам в действующей МСК-14, МСК-167 – МСК-171, МСК-38, вследствие деформированности последних не является идеальным.

Следует отметить, что несовпадение координат в действующих МСК-NN_42 со вновь устанавливаемыми МСК_2011(МСК-NN_42) вызвана ошибками действующих МСК, обусловленными неоднородной деформацией координат пунктов ГГС, реализующих их на местности, относительно ГСК-2011 и никоим образом не обусловлена какими-либо технологическими нюансами создания «гибридных» МСК_2011(МСК-NN_42).

Эти ошибки вызваны именно погрешностью МСК-NN_42, а именно ошибками их материнской системы координат СК-42. Как правило, наибольших размеров такие ошибки сосредоточены на достаточно локальных участках вблизи отдельно уравненных рядов триангуляции 1 класса, на стыках отдельных блоков уравнивания, на краях сети. Такие локальные деформации также могут достигать десятка метров [45]. Если на карте точностей приближения координат в устанавливаемой МСК-ИНК-38 к действующей МСК-38 выделить пункты ГГС 1 класса, то на примере МСК-ИНК-38 можно видеть (рисунок 4.11), что все зоны большого отличия координат совпадают со стыком блоков триангуляции 1 класса. Только на севере МСК стык блоков триангуляции 1 класса не сопровождается существенными деформациями, в то время как оставшиеся три стыка порождают локальные деформации координат, достигающие 1,5–3 м.

Данные факты дополнительно свидетельствуют о том, что причиной неидеальной сходимости плоских прямоугольных координат во вновь устанавливаемых «гибридных» МСК с аналогичными координатами в действующих МСК ведения ЕГРН является именно погрешности и деформации последних. Кроме того, это иллюстрирует, насколько вновь установленные МСК-ИНК-14/24/38 будут точнее действующих МСК ведения ЕГРН, каких вследствие этого погрешностей действующих МСК удастся избежать при решении задач определения пространственного положения и геометрических параметров объектов инфраструктуры ООО «Иркутская нефтяная компания», расположенных в Иркутской области, Красноярском крае и Республике Саха (Якутия), в «гибридных» МСК-ИНК-14/24/38 [92].

Именно то обстоятельство, что созданные «гибридные» МСК соответствуют точности ГСК-2011, стало для заказчика главным аргументом их установления. В таком едином координатном пространстве, созданном в зоне действия МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38, соответствующем по точности ГСК-2011, заказчик сможет с требуемой точностью решать задачи определения пространственного положения и геометрических параметров объектов инфраструктуры ООО «Иркутская нефтяная компания», расположенных в Иркутской области,

Красноярском крае и Республике Саха (Якутия). Следует также отметить, что по итогам разработки «гибридных» МСК были определены Параметры 1 перехода от ГСК-2011 к каждой из зон МСК: к зонам № 1-3 в МСК-ИНК-14 и МСК-ИНК-38; к зонам № 1-5 в МСК-ИНК-24. Это делает очень простой процедуру пересчета координат из ГСК-2011 в соответствующую зону МСК-ИНК-14/24/38: для этого в соответствующем ПО ГИС нужно для каждой зоны «гибридной» МСК задать свои, индивидуальные параметры датума.

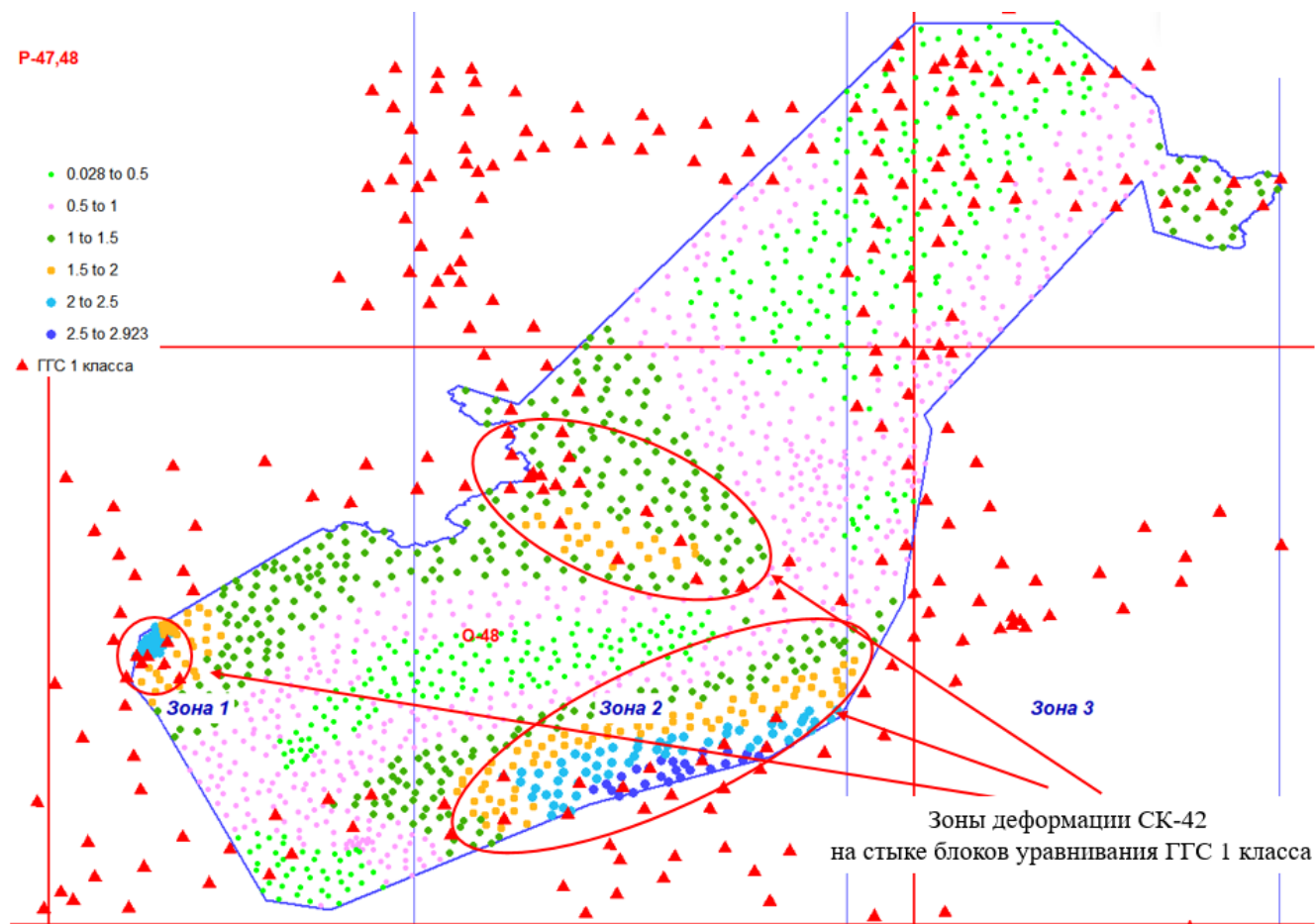


Рисунок 4.11 – Карта погрешностей преобразования между ГСК-2011 и МСК-ИНК-38 координат пунктов ГТС, расположенных в зоне действия МСК, с выделением пунктов ГТС 1 класса

Технические отчеты об установлении МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38, а также Каталоги (списки) координат пунктов ГГС в МСК-ИНК-14, МСК-ИНК-24, МСК-ИНК-38, расположенных на территории этих МСК, официально сданы по Акту приема-передачи в ФФПД ППК «Роскадастр», что свидетельствует о введении этих МСК в действие с 01.01.2025 г.

Таким образом, разработанная методология и технологии создания ЕВКП субъектов РФ были успешно применены для построения такого ЕВКП на иной территории общей площадью 328 827,8 км², что почти в два раза превышает площадь Новосибирской области. Разработка, установление и введение в действие в соответствии с разработанной методологией и технологией создания ЕВКП субъекта РФ в интересах крупного недропользователя трех «гибридных» МСК_2011(МСК-NN_42) на территории, не совпадающей географически с территорией конкретного региона страны, подтвердили на практике востребованность и применимость результатов, полученных в диссертационном исследовании, в целях создания не только ЕВКП субъекта РФ, но и построения ЕВКП иных территорий, представляющих интерес для отдельных потребителей, таких как крупные недропользователи.

4.3 Применение отдельных технологических решений из состава технологии создания ЕВКП субъекта РФ в иных целях

Интересный опыт практического применения разработки получен в сфере развития туристического потенциала субъектов РФ. В качестве элемента разработанной технологии в данном случае было использовано одно из ее технических решений – программное обеспечение для определения метрических параметров объектов *GeoOper*, основным предназначением которого в работе было осуществление метрической верификаций результатов координатных преобразований. Данное ПО было разработано с участием автора и также было успешно использовано для выполнения работ по определению формы, размеров и других метрических и морфометрических характеристик территории РФ [138, 150, 151].

Практическое применение ПО *GeoOper* было осуществлено по инициативе Красноярского краевого отделения Русского географического общества (РГО),

а именно члена РГО, известного красноярского путешественника, Владимира Васильевича Черникова. Красноярское отделение РГО обратилось к автору с просьбой определить географический центр озера Байкал. Идея Красноярского отделения РГО и инициатора проекта заключалась в том, чтобы после определения (с соответствующим научным обоснованием) географического центра озера Байкал, осуществить закрепление его на местности. Закрепление на местности географического центра озера, безусловно, повысило бы привлекательность данного региона с позиций туристско-рекреационного потенциала и количества туристов, посещающих не только озеро, но и символическое его место – географический центр.

Решение данной задачи осуществлено с участием автора с использованием элемента разработанной технологии – ПО *GeoOper* в качестве основного инструмента, а также ПО ГИС *MapInfo Professional* (*MapInfo*), *GeoMedia Professional* (*GeoMedia*), *ArcGIS*, а также ГИС «Карта 2011» (ГИС «Карта») в качестве независимых средств для сопоставления получаемых результатов [41, 191, 195, 196].

В качестве исходного картографического материала для пространственного описания границы озера Байкал были использовано 56 номенклатурных листов (НЛ) государственных цифровых топографических карт (ЦТК) масштаба 1 : 100 000, год состояния местности (ГСМ) которых находится в пределах 2008–2011 гг. Схема использованных ЦТК и их ГСМ приведена на рисунке 4.12.

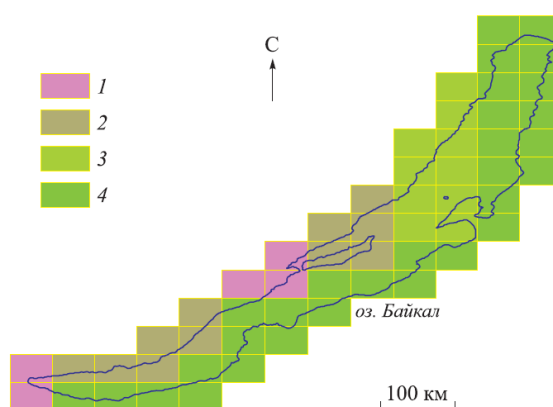


Рисунок 4.12 – Схема использованных в проекте ЦТК масштаба 1 : 100 000, покрывающих озеро Байкал. Годы: 1 – 2008; 2 – 2009; 3 – 2010; 4 – 2011

В качестве исходного картографического материала (ИКМ) для реализации данного проекта автором были выбраны именно государственные ЦТК, так как с точки зрения точности и достоверности координатного описания объектов, этот вид ИКМ является в настоящее время наиболее качественным: ЦТК создавались в соответствии с ГОСТ [47, 49, 50, 51, 52, 57, 54, 55, 58, 59] путем оцифровки растрового изображения издательских оригиналов топографических карт, изготовленных на малодеформируемом пластике – лавсане, что минимизирует погрешности растровой подложки в процессе ее векторизации и, в конечном итоге, в создаваемой ЦТК; актуальность карт соответствует требованиям решаемой задачи (обновление выполнено в 2008–2011 гг.), что исключает возможность существенного изменения конфигурации границ озера за время, прошедшее с момента создания карт. Кроме того, использование общедоступного картографического источника позволяет полностью обеспечить чистоту эксперимента, т. к. он может быть воспроизведен независимо, поскольку полученное из государственных ЦТК описание границы озера Байкал с абсолютной точностью (по количеству характерных точек границы, их координатам, количеству сегментов границы, их максимальному, минимальному и среднему размеру) будет идентично метрике объекта, использованной в данном проекте.

Для получения единого площадного векторного объекта в формате ПО ГИС фрагменты границы озера Байкал, находящиеся на отдельных НЛ ЦТК масштаба 1 : 100 000, были объединены. Затем из этого площадного векторного объекта озера были исключены все острова и соры. В качестве границы территории озера Байкал принята береговая линия с высотной отметкой 455,9 м.

По итогам подготовительной работы метрическое описание озера Байкал было создано в виде единого площадного векторного объекта в системе координат ЦТК (СК-95) в форматах четырех ПО ГИС: *MapInfo*, *GeoMedia*, *ArcGIS*, ГИС «Карта». Для импорта в ПО *GeoOper* был использован формат ПО *ArcGIS* (шейп-файлы). Контур береговой линии озера Байкал получен со следующими параметрами пространственного описания: количество сегментов границ – 36 590, минимальная длина сегмента границы – 4,96 м, максимальная – 563,86 м, средняя – 60,32 м.

Поиск географического центра территории в проекте использован по методу наименьших квадратов [157, 70, 79, 98, 197]. В применении к площадным векторным объектам, метрически описанным в ПО ГИС, этот критерий заключается в вычислении минимума суммы квадратов расстояний S от геометрического центра объекта (центроида) до каждой характерной точки ее границы, вычисляемый по формуле:

$$[S^2] = \min. \quad (4.1)$$

Геометрический центр объекта (центроид) вычислялся в каждом из использованных в проекте ПО ГИС с применением имеющихся для этого в ПО стандартных инструментов. Результаты определения геометрического центра озера Байкал в различных ПО ГИС показаны на рисунке 4.13.

Из рисунка 4.13 видно, что разброс центроидов, определенных в разных ПО ГИС, очень существенный. Есть даже решения, находящиеся за пределами территории исследуемого объекта. Однако вышеуказанному критерию минимума сумм квадратов от центроидов до каждой поворотной точки границы озера наилучшим образом соответствует геометрический центр, определенный в ПО *GeoOper*. Таким образом, по результатам исследований, географический центр озера Байкал с координатами 53°13'5,5"N, 107°27'27,5"E, определенный в ПО *GeoOper* как наиболее оптимальный вариант по выбранному в исследованиях критерию оценки качества, может быть рекомендован для закрепления его на местности.

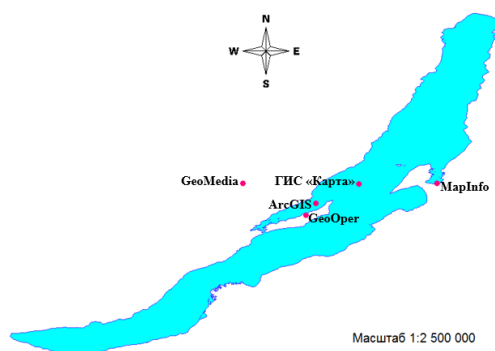


Рисунок 4.13 – Схема расположения географических центров озера Байкал, определенных в различных ПО ГИС

Следует также отметить, что определенный в ПО *GeoOper* геометрический центр озера Байкал находится на острове Ольхон (см. рисунок 4.13), в 2,6 км восточнее дер. Харанцы и в 2 км от западного берега острова на территории Островного лесничества Прибайкальского национального парка ФГБУ «Заповедное Прибайкалье». Это делает более реалистичным практическую реализацию идеи о закреплении географического центра озера на местности соответствующим знаком. По итогам применения технических решений, как элементов разработанной технологии, было опубликовано несколько научных статей [33, 78, 155, 194].

Инициатор проекта, представитель Красноярского отделения РГО, известный красноярский путешественник Черников В. В. посетил на местности вновь определенный геометрический центр озера Байкал, проехав на велосипеде по льду более 300 км, что широко освещалось в прессе [114–116].

Идею Черникова В. В. об установлении памятного знака в месте географического центра озера Байкал поддерживали местные органы власти, в том числе исполняющий обязанности руководителя национального парка «Заповедное Прибайкалье» Карелин Антон. Его сотрудники вызвались установить в нужной точке каменную стелу. По информации Красноярского отделения РГО вопрос установления памятной стелы в географическом центре озера Байкал находится на согласовании в Министерстве природы РФ [114, 116]. До сооружения официального памятного знака Черников В. В. вместе с руководителем Островного лесничества Прибайкальского национального парка «Заповедное Прибайкалье» Карелиным А. установил в точке вновь определенного геометрического центра временный символ центра озера Байкал, рисунок 4.14 [115].



Рисунок 4.14 – Представитель РГО Черников В. и руководитель Островного лесничества Прибайкальского национального парка «Заповедное Прибайкалье» Карелин А. у временного символа географического центра оз. Байкал

Красноярское отделение Русского географического общества изготовило символический сувенир, олицетворяющий геометрический центр озера Байкал, который был вручен местным органам власти Черниковым В. В. во время его велосипедного путешествия на оз. Байкал с посещением этой его географической достопримечательности – геометрического центра, рисунок 4.15.

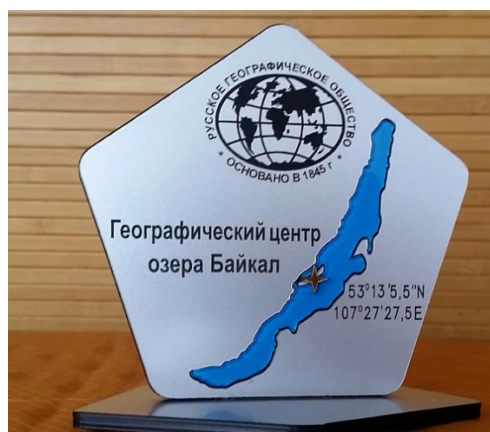


Рисунок 4.15 – Символические сувениры, изготовленные Красноярским отделением Русского географического общества, олицетворяющие центр озера Байкал

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута его цель – выполнены теоретическое, методологическое обоснование и разработка технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации, обеспечивающего производство пространственных данных с точностью государственной системы координат, установленной в соответствии с действующим законодательством. Основные итоги исследования заключаются в следующих *результатах*:

- выявлена (путем исследования потребности в пространственных данных в РФ) востребованная максимальная точность координатного описания ПД, обосновавшая требуемую точность создаваемого единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ;

- выполнено теоретическое и методологическое обоснование для решения проблемы отсутствия единого высокоточного координатного пространства региона, обеспечившее принципиальную возможность его создания;

- проанализировано состояние и выявлены системные проблемы координатного пространства субъекта РФ, устранение которых обеспечило создание ЕВКП региона;

- выполнено концептуальное и методологическое обоснование принципиально нового свойства пространственных МСК – таргетирования, обеспечивающего совпадение плоских прямоугольных координат в таргетированной МСК и в другой системе координат, выбранной в МСК в качестве целевой СК – ЦСК;

- теоретически и методологически обоснован разработанный новый «гибридный» вид МСК – МСК_ГСКВ3(ЦСК), плоские прямоугольные координаты x , y в которой и в целевой системе координат (ЦСК) совпадают, несмотря на использование разных эллипсоидов. Такая МСК применена как методологическое решение дилеммы перехода к новой ГСК вида 3 (ГСКВ3) от единой МСК-NN_ГСКВ2 субъекта РФ путем установления «гибридной» МСК_ГСКВ3(МСК-NN_ГСКВ2)), обеспечивающей: равную точность в ГСКВ3 и в «гибридной» МСК; совпадение координат x , y в «гибридной» МСК и в МСК-NN_ГСКВ2;

– выполнено теоретическое и методологическое обоснование для разработки технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ, обеспечившей:

а) соответствие точности ГСКВ2 как ПД, создаваемых в МСК-NN_ГСКВ2, так и ПД, преобразуемых в нее из МСК_ГСКВ1 (на «Переходе типа I» от технической точности и неоднородной ГСК вида 1 (ГСКВ1) к точной и однородной ГСК вида 2 (ГСКВ2), основанных на едином эллипсоиде);

б) равную точность ГСКВ3 и ПД, создаваемых в МСК-NN_ГСКВ3, и сохранение ПД в отменяемой МСК-NN_ГСКВ2 без их пересчета в МСК-NN_ГСКВ3 (на «Переходе типа II» от точной, однородной и референцной ГСК вида 2 (ГСКВ2) к высокоточной, однородной и общеземной ГСК вида 3 (ГСКВ3), созданных на разных эллипсоидах);

– теоретические и методологические решения, а также разработанная технология создания единого высокоточного координатного пространства субъекта РФ реализованы (на примере Новосибирской области) на Переходах типа I и II, где в качестве ГСКВ1/ГСКВ2/ГСКВ3 взяты ГСК РФ: СК-42/СК-95/ГСК-2011.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в приложении методологии и технологии «Перехода типа I» для «отложенного» транзита между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ3 (применимо для СК-42/ГСК-2011) одновременно с установлением «гибридной» МСК_2011(МСК-NN_42) как единой МСК региона.

Методология и технология, разработанные для «Перехода типа II» между ГСК видов ГСКВ2 и ГСКВ3, рекомендуются к внедрению в ППК «Роскадастр» для перехода от СК-95 к ГСК-2011 в регионах страны, где «Переход типа I» уже осуществлен в отношении СК-42/СК-95. В остальных субъектах РФ, где «Переход типа I» от СК-42 к СК-95 не реализован, разработанные для него методология и технология рекомендуются к внедрению в ППК «Роскадастр» для транзита между ГСК видов ГСКВ1 и ГСКВ3 путем их применения для СК-42/ГСК-2011 соответственно, одновременно с установлением «гибридной» МСК вида МСК_2011(МСК-NN_42) в качестве единой МСК региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Аврунев, Е. И. Проблемные аспекты координатного обеспечения кадастровых работ на территории Российской Федерации / Е. И. Аврунев, А. В. Артемов, Д. А. Крылов. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2024. – № 7 (194). – С. 89–93.

2 Алексеев, В. Ф. Возможности определения нормальных высот по результатам спутниковых геодезических измерений / В. Ф. Алексеев, Д. Д. Колесников. – Текст : непосредственный // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. – 2013. – № 639. – С. 7–9.

3 Алексеев, В. Ф. Об определении параметров связи систем геодезических координат / В. Ф. Алексеев, А. В. Астапович. – Текст : непосредственный // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. – 2018. – № 665. – С. 69–73.

4 Алексеев, В. Ф. Построение модели квазигеоида для оперативного определения нормальных высот / В. Ф. Алексеев, Д. Д. Колесников. – Текст : непосредственный // Труды Института прикладной астрономии РАН. – 2013. – № 27. – С. 351–354.

5 Астапович, А. В. Модель преобразования координат в локальном районе на основе множественной регрессии дифференциальных искажений координатного пространства 1942 года / А. В. Астапович, Д. А. Куничкин. – Текст : непосредственный // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. – 2023. – № 689. – С. 81–89.

6 Астапович, А. В. О совместном уравнивании спутниковых и наземных измерений в местных системах координат / А. В. Астапович, М. Я. Брынть. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2003. – № 1. – С. 13–21.

7 Афонин, К. Ф. Сравнение способов вычисления геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов

в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск : СГГА, 2007. Т. 1, ч. 1. – С. 103–107.

8 Афонин, К. Ф. Высшая геодезия. Системы координат и преобразования между ними / К. Ф. Афонин. – Новосибирск : СГГА, 2011. – 66 с. – Текст : непосредственный.

9 Афонин, К. Ф. Вычисление площадей земельных участков на поверхности эллипсоида вращения по плоским прямоугольным координатам Гаусса – Крюгера / К. Ф. Афонин, Ф. К. Афонин. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. – Т. 1. – С. 106–109.

10 Афонин, К. Ф. Вычисление площадей территорий в новой государственной системе координат ГСК-2011 / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1, № 2. – С. 64–68.

11 Афонин, К. Ф. Государственная система координат ГСК-2011 и региональные системы координат Гаусса – Крюгера / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов Национальной научно-практической конференции, 14–15 декабря 2017 г., Новосибирск. В 2 ч. Ч. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 177–180.

12 Афонин, К. Ф. О выборе размера зон в проекции Гаусса – Крюгера / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск : СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 155–158.

13 Афонин, К. Ф. Оптимизация выбора опорных пунктов при определении локальных параметров связи общеземных и референчных систем прямоугольных

пространственных координат. Постановка задачи оптимизации / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10-20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 60–65.

14 Афонин, К. Ф. Преобразование координат Гаусса – Крюгера из СК-42/95 в ГСК-2011 / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 149–153.

15 Афонин, К. Ф. Преобразование плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. – 2010. – № 1 (12). – С. 57–62.

16 Афонин, К. Ф. Технологии преобразования плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера в СК НСО / К. Ф. Афонин, Ф. К. Афонин. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск : СГГА, 2007. Т. 1, ч. 1. – С. 7–11.

17 Афонин, К. Ф. Технология преобразования плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из системы координат субъекта федерации в единую государственную геодезическую систему координат ГСК-2011 / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – Т. 1, № 1. – С. 154–159.

18 Афонин, К. Ф. Технология редуцирования измеренных величин на плоскость для расширенных зон проекции Гаусса – Крюгера / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь. VII Междунар. науч. конгр. : сб.

материалов (Новосибирск, 27–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. – Т. 1, № 1. – С. 92–96.

19 Афонин, К. Ф. Точность преобразования пространственных прямоугольных координат из общеземных координат в референчные / К. Ф. Афонин. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 160–163.

20 Багратуни, Г. В. Курс сфероидической геодезии / Г. В. Багратуни. – Москва : Геодезиздат, 1962. – 252 с. – Текст : непосредственный.

21 Баландин, В. Н. Вычисление плоских прямоугольных координат, сближения меридианов и масштаба проекции Гаусса в 6-градусной зоне по геодезическим координатам / В. Н. Баландин, М. Я. Брынь, И. В. Меньшиков, Ю. Г. Фирсов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2014. – № 2. – С. 11–13.

22 Баландин, В. Н. О преобразовании пространственных прямоугольных координат в плоские прямоугольные / В. Н. Баландин, А. Ю. Матвеев, В. Ф. Хабаров, А. В. Юськевич, М. Я. Брынь. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 11–12.

23 Беспалов, Н. А. Методы решения задач сфероидической геодезии / Н. А. Беспалов. – Москва : Недра, 1980. – 287 с. – Текст : непосредственный.

24 Бовшин, Н. А. Высокоточные координатные GNSS-определения в системе ГСК-2011 / Н. А. Бовшин. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 2. – С. 2–14. – DOI: 10.22389/0016-7126-2019-944-2-2-14.

25 Бровар, Б. В. О спутниковом нивелировании / Б. В. Бровар, В. П. Горобец, В. В. Попадьев. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2015. – № 1. – С. 2–4.

26 Брынь, М. Я. Методика определения нормальных высот пунктов по результатам спутниковых измерений для строительства и реконструкции автомобильных дорог / М. Я. Брынь, Д. Р. Баширова. – Текст : непосредственный //

Инженерные изыскания. – 2021. – Т. 15, № 3/4. – С. 20–29. – DOI 10.25296/1997-8650-2021-15-3-4-20-29.

27 Бугаевский, Л. М. Математическая картография: учебник для вузов / Л. М. Бугаевский. – Москва : Златоуст, 1998. – 400 с. – Текст : непосредственный.

28 Булаева, Е. А. Возможности спутниковой системы по высокоточному определению координат объектов / Е. А. Булаева, А. В. Бойков, М. А. Монахова. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2006. – № 8. – С. 5–10.

29 Булаева, Е. А. Современное состояние и пути развития геодезического обеспечения системы ГЛОНСС/ Е. А. Булаева, И. В. Гусев, В. Б. Непоклонов. – Текст : непосредственный // Труды Института прикладной астрономии РАН. – 2015. – № 35. – С. 60–67.

30 Буткевич, А. В. Исследования по решению вычислительных задач сфероидической геодезии / А. В. Буткевич. – Москва : Недра, 1964. – 259 с. – Текст : непосредственный.

31 Васильев, И. В. Стратегические направления топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации / И. В. Васильев, А. В. Коробов, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 5–23.

32 Ганагина, И. Г. О повышении точности определения пространственных координат высокоточных спутниковых геодезических сетей / И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, А. М. Косарева. – Текст : непосредственный // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2014. – № S1. – С. 18–22.

33 Географический центр озера Байкал Географический центр озера Байкал / В. А. Калюжин, Б. Т. Мазуров, В. И. Обиденко, В. В. Черников. – Текст : непосредственный // География и природные ресурсы. – 2020. – № 1 (160). – С. 77–82.

34 Геодезическое обеспечение глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС / С. В. Козлов, Д. И. Плешаков, Е. В. Новиков [и др.]. – Текст : непосредственный // Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в

жизни современного человека : сб. материалов 2-й Междунар. научно-техн. конф. (Железногорск, 9–14 октября 2012 г.). – Красноярск : СФУ, 2012. – С. 29–31.

35 Герасимов, А. П. Местные системы координат : монография / А. П. Герасимов, В. Г. Назаров. – Москва : ООО «Издательство «Проспект», 2010. – 64 с. – Текст : непосредственный.

36 Герасимов, А. П. Московская система координат / А. П. Герасимов, А. В. Ренталь. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2007 – № 5. – С. 13–18.

37 Герасимов, А. П. Спутниковые геодезические сети. – Москва : ООО Издательство Проспект, 2012 г. – 176 с. – ISBN: 978-5-98597-224-5. – Текст : непосредственный.

38 Герасимов, А. П. Уравнивание высокоточной геодезической сети. / А. П. Герасимов, С. В. Орлов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2008. – № 1. – С. 11–13.

39 Герасимов, А. П. Уравнивание государственной геодезической сети. / А. П. Герасимов – Москва : Картгеоцентр-Геоиздат. – 1996. – 216 с. – Текст : непосредственный.

40 Гиенко, Е. Г. Исследование точности получения нормальных высот и уклонений отвесной линии на территории Новосибирской области с помощью глобальной модели геоида EGM2008 / Е. Г. Гиенко. – Текст : непосредственный // 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. 181–186.

41 ГИС «Панорама». – URL: https://gisinfo.ru/products/products_panorama.htm. – Текст : электронный.

42 Горобец, В. П. Опыт Российской Федерации по установлению государственной системы координат 2011 года / В. П. Горобец, Г. Н. Ефимов, И. А. Столяров. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 24–37.

43 Горобец, В. П. Основные направления формирования единой системы геодезического обеспечения Российской Федерации / В. П. Горобец, Г. Г.

Побединский, И. А. Столяров. – Текст : непосредственный // «ВЕЛИКИЕ РЕКИ» 2015 : труды конгресса 17-го Международного научно-промышленного форума : в 3-х томах. Нижегородский архитектурно-строительный университет. – 2015. – С. 338–357.

44 Горобец, В. П. Системы координат. ГЛОНАСС и геодезия. Под редакцией Г.В. Демьянова, Н. Г. Назаровой, Б. Непоклонов, Г. Г. Побединского, Л. И. Яблонского. / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Москва 2016. – С. 16–28. – Текст : непосредственный.

45 Горобец, В. П. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2014. – № 1. – С. 5–11.

46 Горобцов, С. Р. Геодезические методы для создания единого геоинформационного пространства / С. Р. Горобцов, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019. XV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 9 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2019 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – Т. 1, № 1. – С. 173–183. – DOI 10.33764/2618-981X-2019-1-1-173-183.

47 ГОСТ 28441-99. Картография цифровая. Термины и определения. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 10 с.

48 ГОСТ 32453-2017. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 31 с. – Текст : непосредственный.

49 ГОСТ Р 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования. – Москва : Госстандарт России, 2000. – 6 с. – Текст : непосредственный.

50 ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. – Москва : Госстандарт России, 2000. – 4 с. – Текст : непосредственный.

51 ГОСТ Р 51607-2000. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. – Москва : Госстандарт России, 2000. – 6 с. – Текст : непосредственный.

52 ГОСТ Р 51608-2000. Карты цифровые топографические. Требования к качеству. – Москва : Госстандарт России, 2000. – 10 с. – Текст : непосредственный.

53 ГОСТ Р 51794-2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 16 с. – Текст : непосредственный.

54 ГОСТ Р 52438-2005. Географические информационные системы. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 11 с. – Текст : непосредственный.

55 ГОСТ Р 52572-2006 ГИС. Координатная основа. Общие требования. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 12 с. – Текст : непосредственный.

56 ГОСТ Р 55024-2012. Сети геодезические. Классификация. Общие технические требования. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 16 с. – Текст : непосредственный.

57 ГОСТ Р 70846.2-2023. Национальная система пространственных данных. Классификация. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2023. – 16 с.

58 ГОСТ Р ИСО 19105-2003. Географическая информация. Соответствие и тестирование. – Москва : Госстандарт России, 2004. – 16 с. – Текст : непосредственный.

59 ГОСТ Р ИСО 19113-2003. Географическая информация. Принципы оценки качества. – Москва : Госстандарт России, 2004. – 24 с. – Текст : непосредственный.

60 Государственная геодезическая система координат ГСК-2011. Результаты создания и перспективы применения / В. П. Горобец, Г. Н. Ефимов, Г. Г. Побединский, И. А. Столяров. – Текст : непосредственный // «ВЕЛИКИЕ РЕКИ» 2015 : труды конгресса 17-го Международного научно-промышленного форума : в 3-х томах. Нижегородский архитектурно-строительный университет. – 2015. – С. 417–430.

61 Государственная геоцентрическая система координат Российской Федерации / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, Г. Г. Побединский, Л. И. Яблонский. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 2. – С. 76–94.

62 Гусев, И. В. Исследование вопросов развития координатного обеспечения / И. В. Гусев, А. М. Голубицкий, В. Б. Непоклонов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэросъемка. – 2025. – Т. 69, № 3. – С. 22–43.

63 Гусев, И. В. Оценка согласованности системы координат ПЗ-90 с Международной земной системой координат ITRF / И. В. Гусев. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84, № 6. – С. 2–11. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-996-6-2-11.

64 Гусев, И. В. Пути повышения стабильности общеземной геоцентрической системы координат / И. В. Гусев, В. Б. Непоклонов, О. Ю. Санакина. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. – Геодезия и аэросъемка. – 2017. – № 6. – С. 3–11.

65 Демьянов, Г. В. Местные системы координат, существующие проблемы и возможные пути их решения / Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи. – 2009. – № 2. – С. 52–57.

66 Демьянов, Г. В. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России / Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2011. – № 4. – С. 49–55.

67 Демьянов, Г. В. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России / Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2011. – № 2. – С. 11–13.

68 Демьянов, Г. В. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России / Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров,

Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2011. – № 3. – С. 21–27.

69 Демьянов, Г. В. Проблемы эффективного создания и использования местных систем координат / Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // «ВЕЛИКИЕ РЕКИ» 2009 : труды конгресса 11-го Международного научно-промышленного форума : в 2-х томах. – 2010. – С. 249–252.

70 Джаман, В. О. Определение географического центра территории и оценка транспортно-географического положения административных центров Черновицкой области / В. О. Джаман, М. Д. Заячук, О. Г. Заячук. – URL: <http://collectedpapers.com.ua/ru/herald/527/viznachennya-geografichnogocentru-teritoriyi-ta-ocinka-transportnogeografichnogo-polozhennya-administrativnix-centriv-cherniveckoyi-oblasti-dzhaman-v-o-zayachuk-m-d-zayachukog> (дата обращения: 12.03.2018). – Текст : электронный.

71 Долгополов, Д. В. Методы обработки данных, полученных в линейных координатах, для геоинформационного обеспечения аэрокосмического мониторинга трубопроводных систем / Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, Е. И. Аврунев. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 6. – С. 62–69. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-62-69.

72 Еруков, С. В. Вопросы реконструкции городских геодезических сетей и городских систем координат / С. В. Еруков, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2012. – № S12. – С. 50–54.

73 Еруков, С. В. Опыт и проблемы реконструкции городских геодезических сетей и городских систем координат / С. В. Еруков, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопространственные технологии и сферы их применения. 8-я международная научно-практическая конференция (Москва, 13–14 марта 2012 г.) – 2012. – С. 67–73.

74 Закатов, П. С. Курс высшей геодезии / П. С. Закатов. – Москва : Недра, 1976. – С. 346–347. – Текст : непосредственный.

75 Использование космических изображений для калибровки системы линейных координат при геопространственном моделировании трубопроводов / К. Г. Барина, Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 1. – С. 70–79. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-1-70-79.

76 Итоги модернизации и перспективы развития системы геодезических параметров ПЗ-90 в целях повышения точности геодезического обеспечения глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС / С. В. Козлов, А. Н. Зуева, Е. В. Новиков, Д. И. Плешаков. – Текст : непосредственный // Труды Института прикладной астрономии РАН. – 2015. – № 35. – С. 11–16.

77 Каленицкий, А. И. О едином пространстве деформаций земной коры и ее поверхности при освоении месторождений Кузбасса / А. И. Каленицкий, А. Н. Соловицкий. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГГА, 2015. – Т. 1, № 1. – С. 164–168.

78 Калюжин, В. А. Определение географического центра на основе геоинформационных технологий (на примере оз. Байкал) / В. А. Калюжин, Б. Т. Мазуров, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79, № 11. – С. 9–14.

79 Калюжина, Л. Н. Сопоставление способов определения географического центра территории / Л. Н. Калюжина, В. А. Калюжин, А. Н. Сачкова. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка – 2015. – № 5. – С. 34–38.

80 Карпик, А. П. Анализ источников ошибок преобразования координат пунктов спутниковых геодезических сетей / А. П. Карпик, Е. Г. Гиенко, Н. С. Косарев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № S4. – С. 55–62.

81 Карпик, А. П. Исследование однородности координатной основы ГСК-2011 при построении геодезической сети специального назначения / А. П. Карпик,

В. И. Обиденко, Н. С. Косарев, Н. К. Шендрик. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2021. – № 10. – С. 2–12. – DOI: 10.22389/0016-7126-2021-976-10-2-12.

82 Карпик, А. П. Исследование потребности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в пространственных данных / А. П. Карпик, В. И. Обиденко, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2021. – Т. 82. – № 12. – С. 49–63.

83 Карпик, А. П. Исследование потребности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в пространственных данных: монография. / А. П. Карпик, В. И. Обиденко. – Новосибирск: СГУГиТ, 2021. – 216 с. – Текст : непосредственный .

84 Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий / А. П. Карпик. – Новосибирск : СГГА, 2002. – С. 15–44.

85 Карпик, А. П. О направлении развития опорной геодезической сети России как элемента единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения / А. П. Карпик, Л. А. Липатников, Е. К. Лагутина. – Текст : непосредственный // Гироскопия и навигация. – 2016. – Т. 24, № 2 (93). – С. 87–94.

86 Карпик, А. П. Обзор состояния использования и развития сетей референцных станций на основе инфраструктуры ГЛОНАСС в России / А. П. Карпик, А. В. Дюбанов, О. В. Твердовский. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. – Т. 1, № 1. – С. 176–182.

87 Карпик, А. П. Реализация «дорожной карты»: пути повышения качества пространственного описания объектов государственного кадастра недвижимости / А. П. Карпик, Д. А. Ламерт, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2013. – № 12. – С. 45–49.

88 Карпик, А. П. Реализация проекта наземной инфраструктуры глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС» на территории Новосибирской области / А. П. Карпик, Г. В. Сапожников, А. В. Дюбанов. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. научн. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 54–59.

89 Карпик, А. П. Совершенствование методики контроля качества спутникового позиционирования при создании геоинформационного пространства территориального образования / А. П. Карпик, Е. И. Аврунев, А. А. Варламов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэросъемка. – 2014. – № 4/С. – 182–186.

90 Карпик, А. П. Формирование единого геопространства территорий для повышения качества геодезического обеспечения государственного кадастра недвижимости / А. П. Карпик, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 3–11.

91 Карякин, В. А. Методы решения геодезических задач на эллипсоиде / В. А. Карякин. – Москва : Недра, 1990. – 156 с. – Текст : непосредственный.

92 Котельников, А. В. Опыт практического применения «гибридных» местных систем координат, создаваемых на базе ГСК-2011 / А. В. Котельников, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 3. – С. 15–30. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-3-15-30.

93 Куштин, И. Ф. Геодезия : учебно-практическое пособие / И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. – 909 с. – Текст : непосредственный.

94 Куштин, И. Ф. Сфероидическая геодезия : учебное пособие / И. Ф. Куштин. – Ростов-на-Дону : РИСИ, 1982. – 110 с. – Текст : непосредственный.

95 Лагутина, Е. К. Апробация методики включения сети постоянно действующих базовых станций Новосибирской области в государственную

геодезическую сеть / Е. К. Лагутина. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (35). – С. 35–40.

96 Липатников, Л. А. О построении единого высокоточного координатного пространства РФ как базы для развития ТИМ на обширных территориях / Л. А. Липатников, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Информационное моделирование. – 2025. – № 3 (7). – С. 79–84.

97 Липатников, Л. А. Эксперимент по формированию геоцентрической земной координатной основы на территории России и ближнего зарубежья / Л. А. Липатников. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (35). – С. 16–24.

98 Мазуров, Б. Т. Метод наименьших квадратов (статика, динамика, модели с уточняемой структурой) / Б. Т. Мазуров, В. А. Падве. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 2. – С. 22–35.

99 Мазурова, Е. М. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований / Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2014. – № 3 (27). – С. 84–89.

100 Метод уточнения параметров связи между системами координат СК-42 и ПЗ-90.11 в локальном районе / А. В. Кокорев, А. В. Соловьев, М. Л. Белокопытов, А. В. Захарчук, Д. О. Медяников. – Текст : непосредственный // Информация и космос. – 2021. – № 2. – С. 131–137.

101 Методика проверки точности преобразования плоских прямоугольных координат точек местности из системы координат 1942 года в систему координат параметров Земли 90.11 / А. В. Астапович, А. С. Зуев, Д. А. Куничкин, А. В. Прокофьев. – Текст : непосредственный // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. – 2023. – № 686. – С. 101–105.

102 Методические вопросы построения глобальных и региональных систем координат / Р. З. Абдрахманов, Г. В. Демьянов, В. И. Кафтан, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2013. – № 1 (48). – С. 80–85.

103 Модель искажений координатного пространства СК-42 для высокоточного преобразования координат в систему ПЗ-90.11 / А. В. Астапович, А. С. Зуев, Д. А. Куничкин, А. В. Прокофьев. – Текст : непосредственный // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. – 2023. – № 687. – С. 87–101.

104 Морозов, В. П. Курс сфероидической геодезии / В. П. Морозов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1979. – 296 с. – Текст : непосредственный.

105 Мустафин, М. Г. Использование топоцентрической прямоугольной системы координат при решении инженерно-геодезических задач / М. Г. Мустафин, Т. Ш. Чан. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 61–73. – DOI 10.33764/2411-1759-2018-23-3-61-73.

106 Мустафин, М. Г. Методика определения нормальных высот по данным спутниковых определений с учётом уклонений отвесной линии / М. Г. Мустафин, Т. Ш. Чан. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79, № 7. – С. 2–10. – DOI 10.22389/0016-7126-2018-937-7-2-10.

107 Навигационно-информационная система точного позиционирования транспорта с использованием наземной инфраструктуры ГЛОНАСС / А. П. Карпик, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, Д. Н. Голдобин. – Текст : непосредственный // Гироскопия и навигация. – 2015. – № 2 (89). – С. 47–57.

108 Наджибулла, Х. З. Создание и развитие дифференциальных геодезических станций в горной местности / Х. З. Наджибулла, В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 8 т. (Новосибирск, 18–20 мая 2022 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – Т. 1, № 1. – С. 113–123. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-1-113-123.

109 Насретдинов, К. К. О точности построения космической геодезической сети новым методом / К. К. Насретдинов, В. В. Глушков. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэросъемка. – 1998. – № 2. – С. 62–68.

110 Нейман, Ю. Д. Математическое введение в сфероидическую геодезию : конспект лекций / Ю. Д. Нейман, Н. Д. Дроздов. – Москва : МИИГАиК, 1978. – 68 с. – Текст : непосредственный.

111 Непоклонов, В. Б. Координатная основа пространственных данных и ее геоинформационный мониторинг / В. Б. Непоклонов, М. В. Максимова. – Текст : непосредственный // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения : сб. материалов II междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 8–10 ноября 2017 г.). – Санкт-Петербург : Политехника, 2017. – С. 384–392.

112 Непоклонов, В. Б. Преобразования прямоугольных геоцентрических в геодезические координаты с использованием итеративных и не итеративных методов / В. Б. Непоклонов, А. О. Куприянов, М. В. Максимова, М. А. Ханзадян. – Текст : непосредственный // Славянский форум. – 2015. – № 2 (8). – С. 201–205.

113 Нехин, С. С. Основные проблемные вопросы перевода картографического обеспечения в систему координат ГСК-2011 / С. С. Нехин. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 38–47.

114 Новость на городском круглосуточном телеканале «7 канал Красноярск». – URL: <https://trk7.ru/news/78452.html>. – Текст : электронный (дата обращения: 19.02.2022).

115 Новость на информационном канале «Байкал-Daily». – URL: <https://www.baikal-daily.ru/news/16/305478/><https://www.baikal-daily.ru/news/16/305478/>. – Текст : электронный.

116 Новость на сайте информационного агентства Красноярского края BezFormata от 11 января 2019 года. – URL: <https://krasnoyarsk.bezformata.com/listnews/geograficheskij-tcentr-bajkala/66021456>. – Текст : электронный (дата обращения: 19.02.2022).

117 О введении в действие местной системы координат Новосибирской области : Постановление Правительства Новосибирской области от 28 декабря 2011 г. № 608-п. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

118 О введении единой системы геодезических координат и высот на территории СССР : Постановление Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г.

№ 760 // Собрание постановлений и распоряжений Правительства СССР. – 1946. – № 5. – 82 с. – Текст : непосредственный.

119 О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 30.12.2015 г. № 431-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

120 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. – Текст : непосредственный // Геопрофи. – 2019. – № 6. – С. 10–15.

121 О государственной регистрации недвижимости : Федеральный закон № 218-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

122 О месте инженерно-топографических планов в фонде пространственных данных Новосибирской области / А. Н. Тимофеев, С. Н. Лавров, О. Н. Козыренко, А. И. Дяков, Ю. Е. Чухвачева. – Текст : непосредственный // Геопрофи. – 2018. – № 2. – С. 21–25.

123 О местной системе координат, устанавливаемой в отношении Новосибирской области : Постановление Администрации Новосибирской области от 25 декабря 2009 г. № 471-па. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

124 О надежности сетей постоянно действующих базовых станций / К. М. Антонович, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, А. М. Косарева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэросъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 30–36.

125 О создании сетевой информационно- технологической инфраструктуры геодезического обеспечения Российской Федерации / А. В. Басманов, В. П. Горобец, В. И. Забнев, В. И. Зубинский, И. А. Ощепков, Г. Г. Побединский, Р. А. Сермягин, И. А. Столяров. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 90–106.

126 О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке : Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 августа 2012 г. № 518. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

127 Об единых государственных системах координат : Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

128 Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы : Постановление Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2016 г. № 1240. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

129 Об установлении единых государственных систем координат : Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. № 568. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

130 Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных» : Постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2021 г. № 2148. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

131 Об утверждении Положения о местных системах координат Роснедвижимости на субъекты Российской Федерации : Приказ Федерального агентства объектов недвижимости от 18 июня 2007 г. № П/0137. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

132 Об утверждении порядка установления местных систем координат : Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 20 октября 2020 г. № П/0387. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

133 Об утверждении правил установления местных систем координат : Постановление Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. № 139. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

134 Об утверждении свода правил «Инженерные изыскания при планировке территорий. Общие требования» : Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 25 февраля 2019 г. № 127/пр. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

135 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, сооружения и помещения : Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 1 марта 2016 г. № 90. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

136 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, сооружения, помещения, машино-места : Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 октября 2020 г. № П/0393. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

137 Обиденко, В. И. СооTransf «Преобразование координат» : программа для ЭВМ : № 2020614948 : заявка № 2020613832 : заявл. 03.04.2020 : опубл. 29.04.2020 / В. И. Обиденко, С. П. Нефедов ; правообладатель правообладатель Акционерное общество "Производственное объединение "Инженерная геодезия". – Текст : непосредственный.

138 Обиденко, В. И. GeoOper : программа для ЭВМ : № 2020614947 : заявка № 2020613831 : заявл. 03.04.2020 : опубл. 29.04.2020 / В. И. Обиденко, С. П. Нефедов ; правообладатель Акционерное общество "Производственное объединение "Инженерная геодезия". – Текст : непосредственный.

139 Обиденко, В. И. Единое высокоточное гомогенное координатное пространство территорий и местные системы координат: пути гармонизации /

В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 46–62.

140 Обиденко, В. И. Изменение метрических параметров объектов на территории Российской Федерации при переходе к государственной геодезической системе координат ГСК-2011 / В. И. Обиденко, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2016. – № 10. – С. 12–21. – DOI 10.22389/0016-7126-2016-916-10-12-21.

141 Обиденко, В. И. Методология геодезического обеспечения цифровой экономики Российской Федерации / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80, № 12. – С. 42–55. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-954-12-42-55.

142 Обиденко, В. И. Новые возможности местных систем координат, создаваемых на базе ГСК-2011 / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84, № 3. – С. 2–13. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-993-3-2-13.

143 Обиденко, В. И. О сохранении фондов пространственных данных, созданных в СК-95, при переходе к ГСК-2011 / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 30–43. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-2-30-43.

144 Обиденко, В. И. Об изменении координат на территории Российской Федерации при переходе от СК-95 к ГСК-2011 / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 2. – С. 5–21.

145 Обиденко, В. И. Об определении метрических параметров больших по площади территорий средствами программного обеспечения геоинформационных систем / В. И. Обиденко, О. А. Опритова. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2016. – № 3. – С. 44–52.

146 Обиденко, В. И. Определение метрических параметров территории Российской Федерации средствами геоинформационных систем / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 18–33.

147 Обиденко, В. И. Определение пространства Российского государства – исторические, технологические и политические аспекты / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2015. – № 5. – С. 41–49.

148 Обиденко, В. И. Перспективы применения гибридных местных систем координат, создаваемых на базе ГСК-2011 / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84, № 8. – С. 2–12. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-998-8-2-12.

149 Обиденко, В. И. Преобразования пространственных данных в государственную геодезическую систему координат 2011 года в ПО ГИС / В. И. Обиденко, С. Р. Горобцов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 27–39. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-5-27-39.

150 Обиденко, В. И. Разработка и исследование методики определения формы и размеров территорий по геопространственным данным : специальность 25.00.32 «Геодезия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Обиденко Владимир Иванович ; Сибирская государственная геодезическая академия. – Новосибирск, 2012. – 200 с.

151 Обиденко, В. И. Разработка и исследование специализированной программы для определения метрических параметров территории Российской Федерации / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 18–29.

152 Обиденко, В. И. Разработка методики получения нормальных высот на территории Новосибирской области с использованием глобальной модели геоида EGM2008 / В. И. Обиденко, О. А. Оприлова, А. П. Решетов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 14–25.

153 Обиденко, В. И. Технологические аспекты разработки на базе государственной системы координат 2011 года гибридных местных систем координат и их практического применения / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2025. – № 7. – С. 12–24. – DOI 10.22389/0016-7126-2025-1021-7-12-24.

154 Обиденко, В. И. Уточнение на базе ГСК-2011 местных систем координат субъектов Российской Федерации с применением методики создания гибридной местной системы координат / В. И. Обиденко. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2024. – Т. 85, № 6. – С. 2–13. – DOI 10.22389/0016-7126-2024-1008-6-2-13.

155 Определение географического центра территории в программном обеспечении геоинформационных систем (на примере оз. Байкал) / В. А. Калюжин, Б. Т. Мазуров, В. И. Обиденко, В. В. Черников. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – Т. 1. – С. 154–164.

156 Определение координат пунктов сети базовых станций Новосибирской области в общеземной системе координат / А. П. Карпик, А. П. Решетов, А. А. Струков, К. А. Карпик. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 3–8.

157 Параметры связи систем координат / Ю. А. Базлов, А. П. Герасимов, Г. Н. Ефимов, К. К. Насретдинов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 1996. – № 8. – С. 6–7.

158 Патент G01C11, G09B29 Способ определения геометрического центра участка территории и/или населенного пункта / Б. О. Ващенко, А. В. Попело, В. Д. Попело, П. С. Русинов. – 2005 – URL: <https://findpatent.ru/patent/255/2256152.html> (дата обращения 04.04.2018). – Текст : электронный.

159 Переход топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений / А. В. Басманов, В. П. Горобец, В. И. Забнев, В. И. Зубинский, С. А. Лазарев, Н. Л. Макаренко, Г. Г. Побединский, Р. А. Сермягин, И. А. Столяров. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2015. – № S15-1. – С. 12–25.

160 Побединский, Г. Г. Государственные геопространственные данные Российской Федерации. Вопросы создания и использования / Г. Г. Побединский, А. Н. Прусаков, И. В. Протопопова. – Текст : непосредственный // Науки о Земле. – 2017. – № 1. – С. 22–35.

161 Побединский, Г. Г. Нормативно-правовое и картографическое обеспечение изменения границ субъектов Российской Федерации / Г. Г. Побединский, В. И. Обиденко, П. И. Маркеева. – Текст : непосредственный // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 217–239. – DOI 10.35595/2414-9179-2023-1-29-217-239.

162 Побединский, Г. Г. Объемные и структурные характеристики массивов и потоков информации при создании и обновлении государственных геопространственных данных Российской Федерации / Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 12–31.

163 Побединский, Г. Г. Проблемы геодезического и картографического обеспечения границ субъектов Российской Федерации / Г. Г. Побединский, В. И. Обиденко, П. И. Маркеева. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 1. – С. 17–29. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-1-17-29.

164 Побединский, Г. Г. Системы координат глобальные, континентальные, региональные, национальные: состояние, проблемы, перспективы / Г. Г. Побединский, В. И. Кафтан. – Текст : непосредственный // Науки о Земле. – 2020. – № 3. – С. 4–59.

165 Побединский, Г. Г. Системы координат и нормативное регулирование создания и functioning спутниковых сетей точного позиционирования / Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи. – 2016. – № 6. – С. 4–12.

166 Побединский, Г. Г. Системы координат и специальные геодезические сети для обеспечения градостроительной деятельности / Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Труды научного конгресса 20-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки'2018» : в 3 т. (Нижний Новгород,

15–18 мая 2018 г.) / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2018. – Т. 3. – С. 296–304.

167 Побединский, Г. Г. Современное состояние государственной системы геодезического обеспечения Российской Федерации и основные направления ее развития / Г. Г. Побединский, И. А. Столяров. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 14–27.

168 Попадьев, В. В. Геодезическая система координат 2011 года / В. В. Попадьев, Г. Н. Ефимов, В. И. Зубинский. – Текст : непосредственный // Астрономия, геодезия и геофизика : научно-технический сборник. – Москва : Центр геодезии, картографии и ИПД, 2018. – С. 139–228.

169 Построение локальной модели геоида с использованием спутниковых и наземных измерений / В. И. Обиденко, В. М. Гридчин, Д. А. Чалков, Н. Н. Кобелева. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – Т. 1. – С. 111–115.

170 Приложение к Положению о местной (региональной) системе координат (СК НСО), устанавливаемой на территории Новосибирской области / А. П. Карпик, Г. А. Сапожников, К. Ф. Афонин, Н. А. Телеганов, П. К. Шитиков, Д. Н. Ветошкин, С. В. Кужелев, В. А. Тимонов. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 15 с. – Текст : непосредственный.

171 Проблемы и перспективы развития активных спутниковых геодезических сетей в России и их интеграция в ITRF / В. С. Вдовин, В. В. Дворкин, А. П. Карпик, Л. А. Липатников, С. Д. Сорокин, Г. М. Стеблов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – № 23 (1). – С. 6–27.

172 Пространственные данные: Потребности экономики в условиях цифровизации. Итоговый доклад НИР. / В. Г. Бондур, Л. М. Гохберг, В. А. Спиренков, Ф. В. Шкуров. – Текст : электронный. – URL:

<https://rosreestr.ru/site/press/news/rosreestr-predstavil-rezultaty-masshtabnogo-issledovaniya-prostranstvennye-dannye-potrebnosti-ekonom/> (accessed 07.02.2020).

173 Разграфка и номенклатура топографических карт и планов на территорию Новосибирской области / А. П. Карпик, В. И. Обиденко, П. К. Шитиков, Ф. К. Афонин, О. А. Опритова. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 3–11.

174 Результаты построения государственной геоцентрической системы координат Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «ГЛОНАСС» / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2012. – № 2. – С. 53–57.

175 Результаты разработки государственной геоцентрической системы координат в рамках ФЦП «ГЛОНАСС» / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопространственные технологии и сферы их применения. 8-я Международная научно-практическая конференция (Москва, 13–14 марта 2012 г.). – 2012. – С. 58–62.

176 Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95) : ГКИНП (ГНТА)-06-278-04 : утверждено приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 1 марта 2004 г. № 29-пр : введено в действие с 1 марта 2004 года / Федеральная служба геодезии и картографии России. – Москва : Роскартография, 2004. – 122 с. – Текст : непосредственный.

177 Сазонов, В. С. Методика анализа точности картографического обеспечения при традиционной технологии геологической оценки угольных месторождений / В. С. Сазонов, А. Н. Соловицкий. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 5. – С. 78–88. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-78-88.

178 Сводный отчет о результатах инвентаризации материалов и данных федерального картографо-геодезического фонда (ФКГФ) в 2013–2016 гг. / Е. Е. Бильдина, В. В. Давлятов, Г. Н. Егорчев, Ю. А. Звягина, А. А. Качалов, Р. В. Кипоть, Н. Ю. Кузьмина, Н. Ю. Литвинов, Г. Г. Побединский,

И. А. Поздняков, И. В. Протопопова, Е. Г. Рюмин, И. В. Сидоров, А. И. Углев, Л. И. Яблонский. – Москва : Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных, 2017. – 192 с. – ISBN 978-5-903547-08-1. – Текст : непосредственный.

179 Серапинас, Б. Б. Математическая картография : учебник для студентов высших учебных заведений / Б. Б. Серапинас. – Москва : Академия, 2005. – 336 с. – Текст : непосредственный.

180 Система региональных плоских прямоугольных координат Новосибирской области / А. П. Карпик, К. Ф. Афонин, Н. А. Телеганов, П. К. Шитиков, Д. Н. Ветошкин, С. В. Кужелев, В. А. Тимонов. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск : СГГА, 2008. Т. 1, ч. 1. – С. 20–31.

181 Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский. – Текст : непосредственный // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2013. – № 6. – С. 4–9.

182 Современное состояние и перспективы развития геоцентрической системы координат ПЗ-90 / Д. И. Плешаков, С. В. Козлов, А. Н. Зуева, Е. В. Новиков. – Текст : непосредственный // Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО-2013) : материалы пятой Всероссийской конференции (Санкт-Петербург, 15–19 апреля 2013 г.). – Санкт-Петербург : ИПА РАН, 2013. – С. 185–188.

183 Современные глобальные модели квазигеоида: точностные характеристики и разрешающая способность / В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, Е. М. Мазурова, Н. С. Косарев, А. М. Косарева. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 30–49.

184 Соловицкий, А. Н. Геодезический мониторинг напряженно-деформированного состояния земной коры в районах освоения угольных

месторождений Кузбасса: точность регистрации и определения координат / А. Н. Соловицкий. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 16–25.

185 Технологические решения в области обеспечения геопространственной информации о магистральных трубопроводах и объектах их инфраструктуры / Е. И. Аврунев, Г. А. Уставич, А. О. Грекова, А. В. Никонов, В. А. Мелкий, Д. В. Долгополов. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 188–201. – DOI 10.18799/24131830/2020/7/2731.

186 Урмаев, Н. А. Сфероидическая геодезия / Н. А. Урмаев. – Москва : ВТС, 1955. – 168 с. – Текст : непосредственный.

187 Шавук, В. С. Введение в действие местных систем координат в Северо-Кавказском федеральном округе / В. С. Шавук. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2012. – № 10. – С. 10–13.

188 Юнес, Ж. А. Особенности использования системы прямоугольных координат для разных широт / Ж. А. Юнес, М. Г. Мустафин. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2016. – № 10 (100). – С. 89–92.

189 Юнес, Ж. А. Особенности преобразования координат из геоцентрической системы WGS-84 на проекцию Меркатора для условий низких широт / Ж. А. Юнес, М. Г. Мустафин. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79, № 10. – С. 2–6. – DOI 10.22389/0016-7126-2018-940-10-2-6.

190 Яковлев, Н. В. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы) : учебное пособие для вузов / Н. В. Яковлев, Н. А. Беспалов, В. П. Глумов [и др.] ; под редакцией Н. В. Яковлева. – Москва : Недра, 1982. – 368 с. – Текст : непосредственный.

191 ArcGIS Desktop Help, Copyright © 1999-2009 ESRI All rights reserved. – URL: <http://resources.arcgis.com/en/help/previous-help/>. – Текст : электронный.

192 Bugayevskiy, L. M., Snyder J. Map Projections: A Reference Manual / L. M. Bugayevskiy, J. Snyder. – Текст : электронный // CRC Press. – 1995. – URL: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/1664860>.

193 Coordinate Conversions and Transformations including Formulas : Geomatics Guidance Note number 7, part 2 : OGP Publication 373-7-2 / International Association of Oil & Gas Producers. – London : OGP, 2012. – 134 p. – Текст : электронный // EPSG Geodetic Parameter Dataset : [official website]. – URL: <https://epsg.org>.

194 Geographical center of lake Baikal / V. A. Kalyuzhin, B. T. Mazurov, V. I. Obidenko, V. V. Chernikov. – Текст : непосредственный // Geography and Natural Resources. – 2020. – Vol. 41, no. 1. – P. 34–38. – DOI 10.1134/S1875372820010059.

195 GeoMedia Professional User's Guide. Version 6.1.11 / Intergraph Corporation. – Huntsville : Intergraph Corporation, 2011. – 892 p. – Текст : электронный.

196 MapInfo Professional User's Guide / MapInfo Corporation. – Troy : MapInfo Corporation, 2000. – 713 p. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). – Систем. требования: дисковод DVD-ROM ; Adobe Acrobat Reader. – Текст : электронный.

197 Rogerson, P. Where's your county seat? A modern mathematical method for calculating centers of geography / P. Rogerson. – 2017. – URL: theconversation.com (дата обращения: 12.03.2018). (дата обращения: 12.03.2018). – Текст : электронный.

198 Smith, D. NOAA Technical Report NOS NGS 62, Blueprint for 2022, 1: Geometric Coordinates / D. Smith, D. Roman, S. Hilla. – Текст : электронный // National Geodetic Survey. – Silver Spring : NOAA, 2017. – 42 p. – URL: noaa.gov (дата обращения: 18.07.2019). (дата обращения: 18.07.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

ПРИМЕР СТРАНИЦ СЛУЖЕБНОГО ФАЙЛА ОПИСАНИЯ СИСТЕМ
КООРДИНАТ *COOTRANSF.INI*

НОВОСИБИРСКИЙ

Параметры систем координат

эллипсоиды

[Эллипсоид_Красовского]

Большая_полуось=6378245.0

Квадрат_первого_эксцентриситета=0.0066934216229659433

проекции

[Проекция_Гаусса-Крюгера_многозональная_ГСК]

Тип=1

Параметр0=3гд

Параметр1=1.0

Параметр2=6гд

Параметр3=0.0

Параметр4=500000.0

[Проекция_Гаусса-Крюгера_многозональная]

Тип=1

Параметр0=33.33.00гт

Параметр1=1.0

Параметр2=3гд

Параметр3=-3333333.333

Параметр4=330000.0

[Проекция_Гаусса-Крюгера_беззональная_МСК]

Тип=-4

Параметр0=33.33.00гт

Параметр1=3333333.3

Параметр2=14333333.33

Параметр3=-1300.35

Параметр4=-245.67

Параметр5=0.0

[Проекция_Гаусса-Крюгера_беззональная_МСКР]

Тип=-5

Параметр0=3

Параметр1=3300000

Параметр2=0

системы координат

[СК_СК95]

Тип_СК=1

Эллипсоид=Эллипсоид_Красовского

Проекция=Проекция_Гаусса-Крюгера_многозональная_ГСК

Система_высот=Балтийская-77

[СК_СК42]

Тип_СК=1

Эллипсоид=Эллипсоид_Красовского

Проекция=Проекция_Гаусса-Крюгера_многозональная_ГСК

Система_высот=Балтийская-77

[СК_НСО4]

Тип_СК=0

Эллипсоид=Эллипсоид_Красовского

Проекция=Проекция_Гаусса-Крюгера_беззональная_L0

Параметр0=33.33.00гт

Параметр3=-3333333.333

Параметр4=3330000.0

Система_высот=Балтийская-77

[СК_МСК_Новосибирск]

Тип_СК=0

Эллипсоид=Эллипсоид_Красовского

Проекция=Проекция_Гаусса-Крюгера_беззональная_МСК

Параметр0=33.33.00гг

Параметр1=3333333.333

Параметр2=14333333.33

Параметр3=33333.33

Параметр4=33333.33

Параметр5=0

Система_высот=Балтийская-77

СК-базовая=СК42

[Параметры_связи:МСК_Новосибирск<->НСО4]

Тип_связи=-1

СК=СК42 СК95

[Параметры_связи:МСК_Новосибирск<->СК95]

Тип_связи=-1

СК=СК42

[Параметры_связи:СК42<->НСО4]

Тип_связи=-1

СК=СК95

[Параметры_связи:СК42<->СК95]

Тип_связи=-3

Параметр0=13

Параметр1=15

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

**ПЕРЕЧЕНЬ МСК, ИСПОЛЬЗОВАВШИХСЯ НА ТЕРРИТОРИИ
НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ АИС ГКН ПО СОСТОЯНИЮ
НА 1.01.2013 г.**

Таблица Б.1 – Перечень МСК, использовавшихся на территории НСО по состоянию на 01.01.2013 г.

Порядковый номер	Наименование муниципального района, городского округа	Система координат, применяемая для ведения ГКН	Идентификатор МСК в АИС ГКН
1	2	3	4
1	Баганский район	Местная система с. Баган	252
2	Барабинский район	Местная система аул Тандов	128
3		Местная система д. Бадажки	120
4		Местная система д. Бакмасиха	140
5		Местная система д. Белово	112
6		Местная система д. Бехтень	124
7		Местная система д. Богатиха	125
8		Местная система д. Казанцево	113
9		Местная система д. Кармакла	131
10		Местная система д. Кармышак	141
11		Местная система д. Квашнино	114
12		Местная система д. Круглоозерка	151
13		Местная система д. Маук	143
14		Местная система д. Новогутово	154
15		Местная система д. Новокурупкаевка	122
16		Местная система с. Новоспасск	126
17		Местная система д. Новотандово	115
18		Местная система д. Пензино	118
19		Местная система д. Песчанка	146
20		Местная система д. Половинное	148
21		Местная система д. Сизево	132
22		Местная система д. Старощербаково	152
23		Местная система д. Староярково	135
24		Местная система д. Старый Карапуз	144
25		Местная система д. Усть-Тандово	133
26		Местная система д. Устьянцево	145
27		Местная система д. Чистоозерка	137
28		Местная система п. Абакумово	139

1	2	3	4
29		Местная система п. Арисово	117
30		Местная система п. Голованово	130
31		Местная система п. Горка	153
32		Местная система п. Дунаевка	121
33		Местная система п. Красный Пахарь	150
34		Местная система п. Красный Яр	142
35		Местная система п. Тополевка	136
36		Местная система п. Юный Пионер	119
37		Местная система с. Зюзя	111
38		Местная система с. Кожевниково	127
39		Местная система с. Новочановское	129
40		Местная система с. Новокозловское	116
41		Местная система с. Новониколаевка	123
42		Местная система с. Новоярково	134
43		Местная система с. Таскаево 159	159
44		Местная система с. Шубинское	149
45	Болотнинский район	Местная система г. Болотное	288
46	Венгеровский район	Местная система с. Венгерово	104
47	Искитимский район	Местная система ст.Евсино	319
48		Местная система с. Усть-Чем	312
49		Местная система с. Тальменка	307
50		Местная система р. п. Линево	290
51		Местная система п. Чернореченский	313
52		Местная система п. Санаторный	304
53		Местная система п. Листвянский	292
54		Местная система п. Дубинский	294
55		Местная система п. Барабка	308
56		Местная система д. Малиновка	300
57		Местная система ст. Сельская	305
58		Местная система с/о Санаторный	325
59		Местная система с. Старый Искитим	318
60		Местная система с. Морозово	311
61		Местная система с. Легостаево	298
62		Местная система с. Лебедевка	302
63		Местная система с. Елбаши	309
64		Местная система с. Гусельниково	295
65		Местная система п. Рябчинка	317
66		Местная система п. Рощинский	316
67		Местная система п. Маяк	303
68		Местная система п. Койниха	315

1	2	3	4
69		Местная система п. Керамкомбинат	291
70		Местная система п. Дзержинский	293
71		Местная система п. Александровский	314
72		Местная система д. Ургун	297
73		Местная система д. Старососедово	301
74		Местная система д. Лебедевка	299
75		Местная система д. Калиновка	310
76		Местная система д. Евсино	319
77	Карасукский район	Местная система г. Карасук	274
78	Каргатский район	Местная система г. Каргат	160
79	Колыванский район	Местная система р. п. Колывань	283
80	Коченевский район	Местная система с. Прокудское	249
81		Местная система п. Светлый	250
82		Местная р. п. Коченево	239
83		Местная система с. Катково	246
84		Местная система р. п. Чик	251
85		Местная система д. Малый Чик	247
86		Местная система д. Крохалевка	248
87		Местная п. Александровский	320
88	Кочковский район	Местная система с. Черновка	273
89		Местная система с. Новоцелинное	267
90		Местная система с. Красная Сибирь	262
91		Местная система с. Быструха	255
92		Местная система п. Троицкий	271
93		Местная система п. Советский	265
94		Местная система п. Рождественский	270
95		Местная система п. Республиканский	260
96		Местная система п. Покровка	264
97		Местная система п. Новый Вокзал	259
98		Местная система п. Новые Решеты	263
99		Местная система п. Николаевский	257
100		Местная система п. Маяк	266
101		Местная система п. Земировский	269
102		Местная система п. Ермаковский	256
103		Местная система д. Букреево Плесо	272
104		Местная система с. Решеты	268
105		Местная система с. Кочки	261
106		Местная система с. Жуланка	258
107	Купинский район	Местная система г. Купино	275

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4
108	Купинский район	Условная система КК 54:15:010905	253
109	Кыштовский район	Местная система с. Кыштовка	105
110	Маслянинский район	Местная система р. п. Маслянино	284
111	Ордынский район	Местная система р. п. Ордынское	289
112	Северный район	Местная система с. Северное	238
113	Тогучинский район	Местная система г. Тогучин	277
114		Местная система р. п. Горный	278
115		Местная система п. Петуховка	323
116		Местная система оп. Мезениха	322
117		Местная система д. Мезениха	321
118		Местная система д. Изылинка	324
119		Условная система КК 54:24:032301 (с/т Автотранс)	327
120	Убинский район	Местная система с. Черный Мыс	234
121		Местная система с. Убинское	232
122		Местная система с. Раисино	229
123		Местная система с. Орловское	226
124		Местная система с. Новоселово	223
125		Местная система с. Новодубровское	222
126		Местная система с. Новогандичево	221
127		Местная система с. Кундран	215
128		Местная система с. Александро- Невское	193
129		Местная система п. Шушковский	235
130		Местная система п. Суходолье	231
131		Местная система п. Подлесный	228
132		Местная система п. Орловка	326
133		Местная система п. Новый Карапуз	225
134		Местная система п. Новаягодный	224
135		Местная система п. Новая Качемка	219
136		Местная система д. Херсонка	233
137		Местная система д. Ревунка	230
138		Местная система д. Пешково	227
139		Местная система д. Новобородино	220
140		Местная система д. Лисьи Норки	217
141		Местная система д. Кирилловка	206
142		Местная система д. Асенкритово	194
143		Местная система ст. Клубничная	207
144		Местная система с. Круглоозерное	213
145		Местная система с. Крещенское	211
146		Местная система с. Кожурла	210
147		Местная система с. Ермолаевка	202

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4
148	Убинский район	Местная система с. Владимировское	200
149		Местная система п. Николаевка 2-я	218
150		Местная система п. Крещенский	212
151		Местная система п. Клубничный	209
152		Местная система п. Ждановский	203
153		Местная система п. Борисоглебский	199
154		Местная система п. Блиновский	198
155		Местная система п. Белоозерный	197
156		Местная система п. Белолебяжий	196
157		Местная система д. Лебединка	216
158		Местная система д. Ксеньевка	214
159		Местная система д. Каменка	205
160		Местная система д. Заречноубинская	204
161		Местная система д. Гандичи	201
162		Местная система д. Ачеканка	195
163	Усть-Тарковский район	Местная система с. Усть-Тарка	109
164	Чановский район	Местная система р. п. Чаны	106
165	Черепановский район	Местная система г. Черепаново	162
166		Местная система п. Баринovo	184
167		Местная система п. Бобровицкий	172
168		Местная система п. Высокая Поляна	187
169		Местная система п. Грибной	191
170		Местная система п. Запрудный	166
171		Местная система п. Отважный	185
172		Местная система п. Падун	188
173		Местная система п. Привольный	168
174		Местная система п. Пушной	170
175		Местная система п. Семеновский	174
176		Местная система п. Сибиряк	175
177		Местная система п. Сурзавод	180
178		Местная система п. Украинка	176
179		Местная система п. Южный	169
180		Местная система р. п. Дорогино	164
181		Местная система р. п. Посевная	163
182		Местная система р-д Искра	178
183		Местная система с. Верх-Мильтюши	171
184		Местная система с. Дорогина Заимка	165
185		Местная система с. Карасево	181
186		Местная система с. Куриловка	173
187		Местная система с. Лихановский	189

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4
188	Черепановский район	Местная система с. Медведское	186
189		Местная система с. Нововоскресенка	182
190		Местная система с. Романово	192
191		Местная система с. Чащино	183
192		Местная система с. Шурыгино	190
193		Местная система ст. Безменово	167
194	Чулымский район	Местная система г. Чулым	236
195	город Барабинск	Местная система г. Барабинск	110
196	город Бердск	Местная система г. Бердск	281
197	город Искитим	Местная система г. Искитим	285
198	город Куйбышев	Местная система г. Куйбышев	237
199	город Новосибирск	Местная система г. Новосибирска	282
200	город Обь	Местная система г. Обь	101
201	город Татарск	Местная система г. Татарск	108
202	Барабинский район	Местная система о. п. 3046	*
203	Искитимский район	Местная система о. п. 52 км	*
204	Сузунский район	Местная система д. Горбуниха	*
205	Сузунский район	Местная система д. Устье	*
206	Черепановский район	Местная система д. Безменово	*
Примечание. * – В этих МСК данные в АИС ГКН на момент проведения инвентаризации отсутствовали.			

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

ВЕРИФИКАЦИЯ СТАТИСТИКИ ВХОДНОЙ И ВЫХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПО ИТОГАМ КООРДИНАТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ЧЕРЕПАНОВСКОГО РАЙОНА)

Таблица В.1 – Список входных и выходных файлов при пересчете координат
в Черепановском районе

№ п/п	Система координат	Название входного файла (*.MAP)	Число объектов вх. файла	Название выходного файла (*.MIF/MID)	Число объектов вых. файла
1	2	3	4	5	6
1	местная система г Черепаново	KK CS162.MAP	83	KK CS162 HCO4.MIF	83
2		LAND01 CS162.MAP	2418	LAND01 CS162 HCO4.MIF	2418
3		LAND05 CS162.MAP	449	LAND05 CS162 HCO4.MIF	449
4		LAND06 CS162.MAP	504	LAND06 CS162 HCO4.MIF	504
5	местная система п Бариново	KK CS184.MAP	2	KK CS184 HCO4.MIF	2
6		LAND01 CS184.MAP	17	LAND01 CS184 HCO4.MIF	17
7		LAND05 CS184.MAP	1	LAND05 CS184 HCO4.MIF	1
8		LAND06 CS184.MAP	4	LAND06 CS184 HCO4.MIF	4
9	местная система п Бобровицкий	KK CS172.MAP	2	KK CS172 HCO4.MIF	2
10		LAND01 CS172.MAP	7	LAND01 CS172 HCO4.MIF	7
11		LAND05 CS172.MAP	1	LAND05 CS172 HCO4.MIF	1
12		LAND06 CS172.MAP	0	LAND06 CS172 HCO4.MIF	0
13	местная система п Высокая Поляна	KK CS187.MAP	1	KK CS187 HCO4.MIF	1
14		LAND01 CS187.MAP	15	LAND01 CS187 HCO4.MIF	15
15		LAND05 CS187.MAP	0	LAND05 CS187 HCO4.MIF	0
16		LAND06 CS187.MAP	1	LAND06 CS187 HCO4.MIF	1
17	местная система п Грибной	KK CS191.MAP	1	KK CS191 HCO4.MIF	1
18		LAND01 CS191.MAP	44	LAND01 CS191 HCO4.MIF	44
19		LAND05 CS191.MAP	7	LAND05 CS191 HCO4.MIF	7
20		LAND06 CS191.MAP	3	LAND06 CS191 HCO4.MIF	3
21	местная система п Запрудный	KK CS166.MAP	1	KK CS166 HCO4.MIF	1
22		LAND01 CS166.MAP	2	LAND01 CS166 HCO4.MIF	2
23		LAND05 CS166.MAP	1	LAND05 CS166 HCO4.MIF	1
24		LAND06 CS166.MAP	5	LAND06 CS166 HCO4.MIF	5
25	местная система п Отважный	KK CS185.MAP	1	KK CS185 HCO4.MIF	1
26		LAND01 CS185.MAP	10	LAND01 CS185 HCO4.MIF	10
27		LAND05 CS185.MAP	7	LAND05 CS185 HCO4.MIF	7
28		LAND06 CS185.MAP	6	LAND06 CS185 HCO4.MIF	6
29	местная система п Падун	KK CS188.MAP	1	KK CS188 HCO4.MIF	1
30		LAND01 CS188.MAP	18	LAND01 CS188 HCO4.MIF	18
31		LAND05 CS188.MAP	3	LAND05 CS188 HCO4.MIF	3
32		LAND06 CS188.MAP	5	LAND06 CS188 HCO4.MIF	5
33		KK CS168.MAP	6	KK CS168 HCO4.MIF	6

1	2	3	4	5	6
34	МСК	LAND01 CS168.MAP	61	LAND01 CS168 HCO4.MIF	61
35	п Приволь- ный	LAND05 CS168.MAP	6	LAND05 CS168 HCO4.MIF	6
36		LAND06 CS168.MAP	2	LAND06 CS168 HCO4.MIF	2
37	местная си- стема п Пушной	KK CS170.MAP	7	KK CS170 HCO4.MIF	7
38		LAND01 CS170.MAP	187	LAND01 CS170 HCO4.MIF	187
39		LAND05 CS170.MAP	92	LAND05 CS170 HCO4.MIF	92
40		LAND06 CS170.MAP	53	LAND06 CS170 HCO4.MIF	53
41	местная си- стема п Семенов- ский	KK CS174.MAP	2	KK CS174 HCO4.MIF	2
42		LAND01 CS174.MAP	14	LAND01 CS174 HCO4.MIF	14
43		LAND05 CS174.MAP	2	LAND05 CS174 HCO4.MIF	2
44		LAND06 CS174.MAP	2	LAND06 CS174 HCO4.MIF	2
45	местная си- стема п Сибиряк	KK CS175.MAP	3	KK CS175 HCO4.MIF	3
46		LAND01 CS175.MAP	13	LAND01 CS175 HCO4.MIF	13
47		LAND05 CS175.MAP	2	LAND05 CS175 HCO4.MIF	2
48		LAND06 CS175.MAP	2	LAND06 CS175 HCO4.MIF	2
49	местная си- стема п Сурзавод	KK CS180.MAP	1	KK CS180 HCO4.MIF	1
50		LAND01 CS180.MAP	5	LAND01 CS180 HCO4.MIF	5
51		LAND05 CS180.MAP	4	LAND05 CS180 HCO4.MIF	4
52		LAND06 CS180.MAP	1	LAND06 CS180 HCO4.MIF	1
53	местная си- стема п Украинка	KK CS176.MAP	2	KK CS176 HCO4.MIF	2
54		LAND01 CS176.MAP	4	LAND01 CS176 HCO4.MIF	4
55		LAND05 CS176.MAP	1	LAND05 CS176 HCO4.MIF	1
56		LAND06 CS176.MAP	1	LAND06 CS176 HCO4.MIF	1
57	местная си- стема п Южный	KK CS169.MAP	8	KK CS169 HCO4.MIF	8
58		LAND01 CS169.MAP	60	LAND01 CS169 HCO4.MIF	60
59		LAND05 CS169.MAP	2	LAND05 CS169 HCO4.MIF	2
60		LAND06 CS169.MAP	5	LAND06 CS169 HCO4.MIF	5
61	местная си- стема р-д Искра	KK CS178.MAP	1	KK CS178 HCO4.MIF	1
62		LAND01 CS178.MAP	0	LAND01 CS178 HCO4.MIF	0
63		LAND05 CS178.MAP	0	LAND05 CS178 HCO4.MIF	0
64		LAND06 CS178.MAP	0	LAND06 CS178 HCO4.MIF	0
65	местная си- стема рп Доро- гино	KK CS164.MAP	10	KK CS164 HCO4.MIF	10
66		LAND01 CS164.MAP	218	LAND01 CS164 HCO4.MIF	218
67		LAND05 CS164.MAP	145	LAND05 CS164 HCO4.MIF	145
68		LAND06 CS164.MAP	71	LAND06 CS164 HCO4.MIF	71
69	местная си- стема рп Посев- ная	KK CS163.MAP	190	KK CS163 HCO4.MIF	190
70		LAND01 CS163.MAP	699	LAND01 CS163 HCO4.MIF	699
71		LAND05 CS163.MAP	46	LAND05 CS163 HCO4.MIF	46
72		LAND06 CS163.MAP	131	LAND06 CS163 HCO4.MIF	131
73	местная си- стема с Верх- Мильтюши	KK CS171.MAP	24	KK CS171 HCO4.MIF	24
74		LAND01 CS171.MAP	172	LAND01 CS171 HCO4.MIF	172
75		LAND05 CS171.MAP	4	LAND05 CS171 HCO4.MIF	4
76		LAND06 CS171.MAP	5	LAND06 CS171 HCO4.MIF	5
77	местная си- стема с Дорогина Заимка	KK CS165.MAP	2	KK CS165 HCO4.MIF	2
78		LAND01 CS165.MAP	43	LAND01 CS165 HCO4.MIF	43
79		LAND05 CS165.MAP	3	LAND05 CS165 HCO4.MIF	3
80		LAND06 CS165.MAP	8	LAND06 CS165 HCO4.MIF	8
81		KK CS181.MAP	8	KK CS181 HCO4.MIF	8

1	2	3	4	5	6
82	местная система с Карасево	LAND01_CS181.MAP	232	LAND01_CS181_HCO4.MIF	232
83		LAND05_CS181.MAP	21	LAND05_CS181_HCO4.MIF	21
84		LAND06_CS181.MAP	18	LAND06_CS181_HCO4.MIF	18
85	местная система с Куриловка	KK_CS173.MAP	2	KK_CS173_HCO4.MIF	2
86		LAND01_CS173.MAP	56	LAND01_CS173_HCO4.MIF	56
87		LAND05_CS173.MAP	0	LAND05_CS173_HCO4.MIF	0
88		LAND06_CS173.MAP	4	LAND06_CS173_HCO4.MIF	4
89	местная система с Лихановский	KK_CS189.MAP	1	KK_CS189_HCO4.MIF	1
90		LAND01_CS189.MAP	13	LAND01_CS189_HCO4.MIF	13
91		LAND05_CS189.MAP	1	LAND05_CS189_HCO4.MIF	1
92		LAND06_CS189.MAP	2	LAND06_CS189_HCO4.MIF	2
93	местная система с Медведское	KK_CS186.MAP	7	KK_CS186_HCO4.MIF	7
94		LAND01_CS186.MAP	154	LAND01_CS186_HCO4.MIF	154
95		LAND05_CS186.MAP	12	LAND05_CS186_HCO4.MIF	12
96		LAND06_CS186.MAP	38	LAND06_CS186_HCO4.MIF	38
97	местная система с Нововоскресенка	KK_CS182.MAP	8	KK_CS182_HCO4.MIF	8
98		LAND01_CS182.MAP	132	LAND01_CS182_HCO4.MIF	132
99		LAND05_CS182.MAP	3	LAND05_CS182_HCO4.MIF	3
100		LAND06_CS182.MAP	10	LAND06_CS182_HCO4.MIF	10
101	местная система с Романово	KK_CS192.MAP	5	KK_CS192_HCO4.MIF	5
102		LAND01_CS192.MAP	40	LAND01_CS192_HCO4.MIF	40
103		LAND05_CS192.MAP	12	LAND05_CS192_HCO4.MIF	12
104		LAND06_CS192.MAP	4	LAND06_CS192_HCO4.MIF	4
105	местная система с Чащино	KK_CS183.MAP	3	KK_CS183_HCO4.MIF	3
106		LAND01_CS183.MAP	15	LAND01_CS183_HCO4.MIF	15
107		LAND05_CS183.MAP	0	LAND05_CS183_HCO4.MIF	0
108		LAND06_CS183.MAP	3	LAND06_CS183_HCO4.MIF	3
109	местная система с Шурыгино	KK_CS164.MAP	10	KK_CS164_HCO4.MIF	10
110		LAND01_CS164.MAP	218	LAND01_CS164_HCO4.MIF	218
111		LAND05_CS164.MAP	145	LAND05_CS164_HCO4.MIF	145
112		LAND06_CS164.MAP	71	LAND06_CS164_HCO4.MIF	71
113	местная система ст Безменово	KK_CS167.MAP	10	KK_CS167_HCO4.MIF	10
114		LAND01_CS167.MAP	308	LAND01_CS167_HCO4.MIF	308
115		LAND05_CS167.MAP	67	LAND05_CS167_HCO4.MIF	67
116		LAND06_CS167.MAP	167	LAND06_CS167_HCO4.MIF	167
117	МСКР-595	KK_CS161.MAP	129	KK_CS161_HCO4.MIF	129
118		LAND01_CS161.MAP	12219	LAND01_CS161_HCO4.MIF	12219
119		LAND05_CS161.MAP	305	LAND05_CS161_HCO4.MIF	305
120		LAND06_CS161.MAP	579	LAND06_CS161_HCO4.MIF	579

Общее количество входных файлов – 120.

Общее количество участков во входных файлах – 20 972.

Общее количество выходных файлов – 120.

Общее количество участков в выходных файлах – 20 972.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В РОСРЕЕСТРЕ



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ,
КАДАСТРА И КАРТОГРАФИИ
(РОСРЕЕСТР)**

Управление Федеральной службы государственной
регистрации, кадастра и картографии
по Новосибирской области
(Управление Росреестра по Новосибирской области)

ул. Державина, д. 28, г. Новосибирск, 630091
тел. (383) 2271087, факс (383) 2271009
e-mail: 54_upr@rosreestr.ru

11.03.2026 № 0137-2249/26

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель Управления
Федеральной службы государственной
регистрации, кадастра и картографии
по Новосибирской области

С.Е. Рягузова
«11» 2026 г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы кандидата технических наук Обиденко Владимира Ивановича по теме: «Разработка и исследование методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации»

Комиссией управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) по Новосибирской области в составе: председателя комиссии, заместителя руководителя управления Росреестра по Новосибирской области, кандидата технических наук Н.С. Ивчатовой, членов комиссии - заместителя руководителя управления Росреестра по Новосибирской области, кандидата технических наук И.В. Пархоменко, заместителя руководителя управления Росреестра по Новосибирской области Н.В. Зайцевой составлен настоящий Акт о том, что результаты научно-исследовательской работы В.И. Обиденко по теме: «Разработка и исследование методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации» внедрены в 2013 году на территории кадастрового округа «Новосибирский» для кадастрового учета и ведения единого государственного реестра недвижимости.

В результате внедрения разработки Обиденко В.И. на территории Новосибирской области на практике создано единое точное координатное пространство, основанное на государственной системе координат 1995 года (СК-95), при этом реализованы следующие мероприятия:

- при кадастровом учете и ведении ЕГРН осуществлен переход из более чем 200 местных систем координат низкой точности, основанных на государственной системе координат 1942 года (СК-42), в единую точную местную систему координат Новосибирской области (МСК-НСО), образованную от СК-95;

- выполнено преобразование пространственного (координатного) описания всех объектов ЕГРН, учтенных на территории кадастрового округа «Новосибирский», из более чем 200 МСК, основанных на СК-42, в единую, точную МСК-НСО;

- с момента построения в Новосибирской области единого точного координатного пространства, основанного на СК-95 (на МСК-НСО), метрическое описание объектов ЕГРН в кадастровом округе «Новосибирский» осуществляется с нормативно установленной точностью, что способствовало минимизации реестровых ошибок и споров о границах объектов недвижимости, вызванных неточностью их координатного описания;

- все пространственные данные в Новосибирской области стали создаваться в единой МСК-НСО с требуемой, нормативно установленной позиционной точностью.

Председатель комиссии:
заместитель руководителя
Управления Росреестра
по Новосибирской области,
кандидат технических наук



Н.С. Ивчатова

Члены комиссии:
Заместитель руководителя
Управления Росреестра
по Новосибирской области,
кандидат технических наук



И.В. Пархоменко

Заместитель руководителя
Управления Росреестра
по Новосибирской области,



Н.В. Зайцева

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В ППК «РОСКАДАСТР»

 Роскадастр ПУБЛИЧНО-ПРАВОВАЯ КОМПАНИЯ «РОСКАДАСТР» (ППК «Роскадастр») Филиал ППК «Роскадастр» «Производственное объединение Инжгеодезия» (ФИЛИАЛ ППК «РОСКАДАСТР» «ПО ИНЖГЕОДЕЗИЯ») ул. Челюскинцев, д. 50, Новосибирск, 630132 тел. +7 (383) 363-88-00 e-mail: info@geonsk.ru, http://www.geonsk.ru ОКПО 81285786, ОГРН 1227700700633 ИНН/КПП 7708410783/540643001	«УТВЕРЖДАЮ» Исполнительный директор - директор Филиала ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия»  Ю.Е. Чухачева  «10» <u>марта</u> 2026 г.
---	---

«10» марта 2026 г.
 № 324

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы кандидата технических наук Обиденко Владимира Ивановича по теме: «Разработка и исследование методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации»

Комиссией Филиала ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия» в составе: председателя комиссии, заместителя директора по производству А.С. Аникина, членов комиссии - начальника отдела камеральных работ Т.А. Палевич, главного технолога-маркшейдера Н.В. Котова составлен настоящий Акт о том, что результаты научно-исследовательской работы В.И. Обиденко по теме: «Разработка и исследование методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации» внедрены в Филиале ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия» для выполнения производственных геодезических, картографических, землеустроительных и кадастровых работ при исполнении государственных контрактов и коммерческих договоров.

В результате внедрения разработки Обиденко В.И. на территории Новосибирской области создано единое точное координатное пространство, базирующееся на МСК НСО, образованной от государственной системы координат СК-95, что создало предпосылки для производства в регионе всех пространственных данных в требуемой мере точными. В таких условиях выполнение картографо-геодезических и кадастровых работ на территории Новосибирской области для Филиала ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия» и других производственных предприятий геопространственной индустрии

становится комфортным, поскольку единая точная координатная основа региона обеспечивает возможность качественной, с высокой точностью координатной привязки создаваемой геодезической и картографической продукции.

Кроме того, один из элементов Технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации – программное обеспечение *CooTransf* (соавтором которого является Обиденко В.И.) уже в течение более 10 лет эффективно используется в Филиале ППК «Роскадастр» «ПО Инжгеодезия» для осуществления координатных преобразований различных видов пространственных данных, создаваемых в рамках исполняемых государственных контрактов и коммерческих заказов.

Председатель комиссии:
заместитель директора
по производству



А.С. Аникин

Члены комиссии:
начальник отдела
камеральных работ



Т.А. Палевич

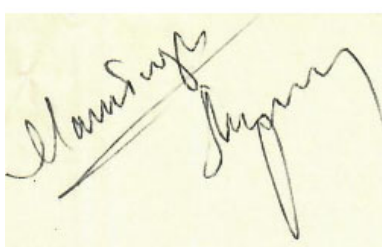
главный технолог-
маркшейдер



Н.В. Котова

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

КОПИЯ ПИСЬМА ПРЕДПРИЯТИЯ № 8 В ГУГК СССР ПО ВОПРОСУ
КАЧЕСТВА ПРИМЕНЯЕМЫХ МСК

ЗАМЕСТИТЕЛЮ НАЧАЛЬНИКА ГУГК при СМ СССР
тов. КАШИНУ Л.А.

В городах и других населенных пунктах на закрепленной территории предприятием выполнен большой объем работ по развитию геодезических сетей, которые по существу создаются вновь.

Координаты геодезических пунктов вычислены путем строгой математической обработки в проекции Гаусса в принятой для каждого населенного пункта местной системе координат, параметры которых согласованы с Западно-Сибирской ТИГН.

Параметры ранее принятых местных систем были заданы без учета требований основных положений и действующей инструкции по крупно-масштабным съемкам относительно необходимости вычисления координат геодезических пунктов в проекции Гаусса в трехградусной зоне.

Обработка геодезических сетей ведомственными организациями выполнена в большинстве случаев упрощенными ~~методами~~ способами, с отклонениями от проекции Гаусса: масштабирование сети произведено относительно осевого меридиана, проходящего через начальный пункт местной системы или вблизи его, а ориентирование сети — относительно осевого меридиана шестиградусной зоны, при этом разность долгот меридианов составляет $2^0.0 - 2^0.5$. В ряде случаев координаты исходных пунктов были взяты из предварительного уравнивания.

Ранее проложенные геодезические сети развиты на небольших площадях, в качестве исходных в основном имеют 2-3 пункта высшего, а в некоторых случаях и низшего класса и к настоящему времени значительная часть пунктов утратилась.

Новые сети выше по классу и проложены на территории с учетом перспективы ее роста.

В связи с этим во многих случаях оказалось невозможным использовать координаты старых пунктов в качестве исходных, как это предусматривается указаниями ГУГК № 1-10 от 12.03.77 г.

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.

Конкретные величины и причины расхождений координат одноименных пунктов в каталогах предприятия и ведомственных организаций следующие:

1. Город Купино – максимальные расхождения координат:
X – 2.278 м, Y – 1.650 м.

При вычислении координат предприятием приняты параметры местной системы, установленные ЗСТИГН, ориентирование и масштабирование сети выполнено относительно осевого меридиана шестиградусной зоны, принятого в этой системе.

При вычислении координат ведомственными организациями ориентирование сети выполнено от осевого меридиана шестиградусной зоны, а масштабирование – от меридиана, проходящего вблизи исходного пункта; разность долгот меридианов $2^{\circ} 15'$.

Причина расхождения координат – ориентирование сетей выполнено относительно разных меридианов.

Причины и величины расхождения координат, вычисленных предприятием и ведомственными организациями, в геодезических сетях городов и населенных пунктов Болотное, Искитим, Черепаново и Тогучин аналогичные г. Купино.

2. Города Барабинск и Северное. Максимальные расхождения координат X – 172.21 м и Y – 389.41 м.

Ведомственными организациями при вычислениях координат использована местная система, в которой не была задана долгота осевого меридиана. Ориентирование сети выполнено произвольно относительно осевого меридиана шестигра-

дусной зоны, удаленного от городов на $2^{\circ}5-3^{\circ}0$, масштаби-
рование — относительно меридианов, проходящих вблизи ~~измененного~~
~~начального~~ исходного пункта.

По согласованию с ЗСТИГТН предприятие привело параметры
местных систем координат в соответствие с требованиями
§§ 10.3 и 10.12 "Инструкции по топографической съемке в
масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500" издания 1973 года,
приняв за осевой меридиан, проходящий вблизи участка.

Расхождения координат одноименных пунктов вызваны изме-
нением параметров местной системы.

Ввиду того, что старые геодезические сети не обеспечива-
ют перспективного развития городов и населенных пунктов и
в большинстве случаев утратили свое значение, а также ранее
выполненный объем топографических съемок масштаба 1:500
незначительный, и что новые геодезические сети и топографи-
ческие съемки масштабов 1:2 000 и 1:5 000 выполнены с уче-
том перспективного развития городов и поселков, для упорядо-
чения геодезических работ предприятие считает необходимым
следующее:

Параметры местных систем в городах и населенных пунктах
принять ^{в соответствии с} ~~согласованием~~ техническими проектами, согласованными
с ЗСТИГТН, и в случае больших расхождений координат геодези-
ческих пунктов, определенных предприятием и ведомственными
организациями, для использования старых съемок и решения
инженерных задач, в дополнение к каталогам давать списки
согласованных координат.

Прошу дать заключение по поводу нашего предложения.

Главный инженер —

В.А.Лазаренко

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В ГБУ НСО «ГЕОФОНД НСО»



ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
«ФОНД ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ГБУ НСО «ГЕОФОНД НСО»)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор государственного
бюджетного учреждения
Новосибирской области
«Фонд пространственных данных
Новосибирской области»



-А.И. Дяков

« 23 » 04 2026 г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы кандидата технических наук Обиденко Владимира Ивановича по теме: «Разработка и исследование методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации»

Комиссией государственного бюджетного учреждения Новосибирской области «Фонд пространственных данных Новосибирской области» в составе: председателя комиссии, инженера I категории, кандидата технических наук А.Н. Тимофеева; членов комиссии: - начальника отдела контроля и приемки топографо-геодезических материалов А.А. Шайдурова; начальника инженерно-геодезического отдела А.А. Кнауб составлен настоящий Акт о том, что результаты научно-исследовательской работы В.И. Обиденко по теме: «Разработка и исследование методологии и технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации» внедрены в государственном бюджетном учреждении Новосибирской области «Фонд пространственных данных Новосибирской области». В результате внедрения разработки Обиденко В.И. на территории Новосибирской области создано единое точное координатное пространство, основанное на единой местной системе координат Новосибирской области (МСК-НСО), образованной от государственной системы координат 1995 года.

Благодаря созданию на базе МСК НСО единого точного координатного пространства региона (его точность соответствует СК-95), а также с применением разработок автора, в том числе программного обеспечения *CooTransf* (соавтором которого является Обиденко В.И.) как одного из компонентов Технологии создания единого высокоточного координатного пространства субъекта Российской Федерации, на территорию области сформирован единый фонд пространственных данных в МСК НСО, в том числе реализованы следующие проекты:

- геодезические сети сгущения на территории Новосибирской области (порядка 17 000 пунктов полигонометрии 1 и 2 разрядов) преобразованы из множества МСК, основанных на СК-42, в единую МСК НСО региона;
- свыше 25 000 крупномасштабных топографических планов преобразованы из более чем 200 МСК, основанных на СК-42, в единую МСК НСО региона;
- в 2019–2023 гг. координатное описание границ между Новосибирской областью и Алтайским краем, Омской и Томской областями (16 687 поворотных точек, протяженность 2 713 км) преобразовано из МСК смежных регионов, основанных на СК-42, в МСК НСО и в ГСК-2011, что позволило установить, юридически оформить эти границы и поставить их на кадастровый учет;

В настоящее время, благодаря внедрению научно-исследовательской разработки Обиденко В.И. на практике и созданию в Новосибирской области единого точного координатного пространства, основанного на МСК НСО, все пространственные данные в регионе, в том числе инженерные изыскания для строительства, создаются в требуемой мере точными и взаимно согласованными.

Председатель комиссии:

Инженер I категории,
кандидат технических наук



А.Н. Тимофеев

Члены комиссии:

Начальник отдела контроля и приемки
топографо-геодезических материалов



А.А. Шайдуров

Начальник инженерно-геодезического отдела



А.А. Кнауб