

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, должность

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

Особенности описания систем координат в геоинформационном
программном обеспечении при ведении кадастров

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 120700.2017.382 ПЗ ВКР

Консультант (должность)

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

Руководитель работы (должность)

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

Консультант (должность)

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

Автор работы

Студент группы АС-411

_____ 2017 г.

Консультант (должность)

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

Нормоконтролер (должность)

_____ (И.О.Ф.)
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Кочарина А.Н. Особенности описания систем координат в геоинформационном программном обеспечении при ведении кадастров – Челябинск: ЮУрГУ, АС; 2017, 95 с., 4 ил., библиографический список – 32 наим., 5 прил.

Выпускная квалификационная работа освещает тему использования и описания систем координат в различном геоинформационном программном обеспечении. В работе рассмотрено следующее программное обеспечение: ГИС Карта 2011, ГИС Карта 2008, цифровая фотограмметрическая станция (ЦФС) PHOTOMOD Lite, PHOTOMOD GeoCalculator и MapInfo 7.8. При выполнении работы были изучены проблемы преобразований различных систем координат, рассмотрено влияние используемого для разных работ программного обеспечения на точность расчетов при ведении кадастров.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен ряд экспериментов, выявляющий особенности преобразований координат в различном программном обеспечении, рассмотрены причины расхождений результатов обработки информации.

Актуальность данной работы обусловлена широким распространением и использованием геоинформационных систем в кадастровых работах, что неизбежно связано с необходимостью описания в них систем координат.

Также предложены рекомендации по использованию геоинформационного программного обеспечения.

					120700.2017.382.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Особенности описания систем координат в геоинформационном программном обеспечении при ведении кадастров</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Кочарина А.Н.</i>						5	95
<i>Провер.</i>	<i>Бобылев А.В.</i>							
<i>Реценз.</i>	<i>Перетрухина НА.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бобылев А.В.</i>							
<i>Утверд.</i>	<i>Ульрих Д.В.</i>					<i>ЮУрГУ Кафедра ГИСиС</i>		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ.....	10
1.1 Системы координат, используемые в кадастре.....	10
1.2 Математическое описание систем координат в программном обеспечении.....	13
Выводы по разделу один.....	15
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ.....	16
2.1 Математическая основа в ГИС.....	16
2.2 Эллипсоиды.....	17
2.3 Картографические проекции.....	20
2.4 Системы координат, используемые в геодезии и кадастре.....	24
2.5. Датумы.....	28
2.6 Возможности программного обеспечения при описании систем координат.....	29
Выводы по разделу два.....	34
3 ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОРТОФОТОПЛАНОВ И ЦИФРОВЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ КАДАСТРА.....	36
3.1 Особенности описания кадастровой информации в ГИС.....	36
3.2 Технология создания ортофотопланов.....	37
3.3 Технология создания цифровых топографических карт и планов.....	41
3.4 Обзор геоинформационного программного обеспечения, используемого для задач кадастра.....	44
Выводы по разделу три.....	49
4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ВЕДЕНИЯ КАДАСТРА.....	50
4.1 Требования к точности определения координат характерных точек границ земельных участков.....	50

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

4.2 Способы преобразований систем координат.....	52
4.3 Описание элементов преобразований государственными стандартами.....	55
4.4 Используемое программное обеспечение для исследований преобразований систем координат.....	58
4.5 Эксперимент 1. Преобразование координат в различных зонах проекции Гаусса-Крюгера из системы координат СК-42 в СК-95 в отечественных ГИС...	58
4.5.1 Технология проведения эксперимента 1.....	59
4.5.2 Результаты эксперимента 1.....	60
4.5.3 Анализ эксперимента 1.....	61
4.6 Эксперимент 2. Преобразование координат в различных зонах проекции Гаусса-Крюгера из системы координат СК-42 в WGS-84 в отечественных ГИС..	61
4.6.1 Технология проведения эксперимента 2.....	61
4.6.2 Результаты эксперимента 2.....	63
4.6.3 Анализ эксперимента 2.....	65
4.7 Эксперимент 3. Преобразование координат в различных зонах проекции Гаусса-Крюгера из системы координат СК-42 в WGS-84 в зарубежной программе MapInfo.....	66
4.7.1 Технология проведения эксперимента 3.....	66
4.7.2 Результаты эксперимента 3.....	67
4.7.3 Анализ эксперимента 3.....	72
4.8 Эксперимент 4. Преобразование координат из СК-42 в МСК-74 в отечественных и зарубежных ГИС.....	73
4.8.1 Технология проведения эксперимента 4.....	73
4.8.2 Результаты эксперимента 4.....	74
4.8.3 Анализ эксперимента 4.....	76
4.9 Эксперимент 5. Влияние геопривязки на результаты обработки данных в геоинформационных системах.....	76
4.9.1 Технология проведения эксперимента 5.....	76
4.9.2 Результаты эксперимента 5.....	77

4.9.3 Анализ эксперимента 5.....	80
4.10 Эксперимент 6. Сравнение преобразования координат точки из СК-42 в WGS-84 в программных комплексах, предназначенных для картографических, кадастровых, фотограмметрических и геодезических работ.....	80
4.10.1 Технология проведения эксперимента 6.....	81
4.10.2 Результаты эксперимента 6.....	81
4.10.3 Анализ эксперимента 6.....	81
Выводы по разделу четыре.....	82
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПЕЦИФИКЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	84
Выводы по разделу пять.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ А Паспорт карты в ГИС Карта 2011.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Технологическая цепочка создания ЦТК и ЦОФП.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ В Пересчет координат в программе PHOTOMOD GeoCasculator.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Изменение вручную параметров преобразования координат для зон в СК-42 в проекции Гаусса-Крюгера в документе формата *prj в структуре MapInfo 7.8.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Изменение вручную параметров преобразования координат для МСК-74 в документе формата *prj в структуре MapInfo 7.8.....	95

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое распространение получили геоинформационные программные продукты. Они позволяют:

- 1) обрабатывать пространственные данные;
- 2) упрощать работу в землеустройстве и кадастре;
- 3) управлять территориями;
- 4) создавать 3D объекты.

Достоверное описание систем координат в таких системах позволяет получить правильную, неискаженную информацию об объекте. Заявленные требования точности в кадастре должны обеспечиваться геоинформационным программным обеспечением.

Актуальность выпускной квалификационной работы состоит в том, что от правильности описания систем координат зависит достоверность проводимых для обеспечения кадастра топографо-геодезических работ.

Цель выпускной квалификационной работы – выявить особенности влияния описания систем координат в ГИС-программах.

Задачами являются:

- 1) изучение теоретической составляющей описания систем координат в геоинформационном программном обеспечении
- 2) исследование полученных координат в разных ГИС-программах
- 3) анализ причин, из-за которых может возникнуть разница в выходных данных
- 4) вывод о целесообразности использования тех или иных ГИС-программ.

Изначально предположим, что отражение систем координат в некотором геоинформационном программном обеспечении может быть причиной возникновения недопустимых неточностей пересчетов.

Чтобы доказать или опровергнуть данное предположение, нужно рассмотреть теоретические основы описания систем координат, а также провести ряд опытов в различном геоинформационном программном обеспечении.

1. ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

1.1 Системы координат, используемые в кадастре

Для картографирования земной поверхности, построения опорных геодезических сетей, решения задач прикладной геодезии, для выполнения топографо-геодезических работ по созданию топографических и специальных (землеустроительных, кадастровых и др.) планов и карт необходимым является установление системы координат. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 24.11.2016 №1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» установлены следующие государственные системы координат:

- для использования при осуществлении геодезических и картографических работ – геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011), устанавливаемая и распространяемая с использованием государственной геодезической сети;
- для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов, решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны – общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11), устанавливаемая и распространяемая с использованием космической геодезической сети и государственной геодезической сети. [15]

При этом системы геодезических координат 1995 года (СК-95), установленная постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 года №568 «Об установлении единых государственных систем координат» в качестве единой государственной системы координат, [16] и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 года №760 «О введении единой системы геодезических координат и высот на территории СССР», [17] применяются до 1 января 2021 года при

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

120700.2017.382 ПЗ

выполнении геодезических и картографических работ в отношении материалов (документов), созданных с их использованием. Таким образом, в настоящее время допускается сохранение многообразия систем координат.

Для ведения кадастра в настоящее время может быть использована геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) для геодезических и картографических работ. Однако в статье 6 Федерального закона от 13.07.2015 №218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» для ведения государственного реестра регистрации недвижимости для ведения Единого государственного реестра недвижимости используются установленные в отношении кадастровых округов местные системы координат (МСК) с определенными для них параметрами перехода к единой государственной системе координат. [18] Кадастровые инженеры смогут и далее продолжать выполнять работу в местных системах координат. Расчет правильных параметров перехода от местных систем к ГСК-2011 и обратно является актуальной проблемой в ведении кадастров.

Помимо этого, сохраняются проблемы преобразований координат, в системах, которые в настоящее время не должны использоваться. Создание в советское время местных (городских) систем координат осуществлялось в соответствии с действующими инструкциями, рекомендациями выдающихся геодезистов и соответственно техническому и технологическому уровню того времени. Например, в 1950-е годы, следуя рекомендации профессора П.С. Закатова, при образовании МСК для производства городских съемок в качестве исходного принимался пункт городской триангуляции 1 класса, расположенный по возможности в середине города, который являлся в то же время пунктом государственной триангуляции. Меридиан, проходящий через этот пункт, принимался за осевой. В результате искажения проекции были минимальными, и обеспечивалась связь с государственной системой координат.

Теоретические основы образования местных систем координат, разработанные в прошлом, действуют и должны поддерживаться в настоящее время, так как созданные территориальные (ведомственные) фонды картографической продукции

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

обновлять без перевода их в цифровую форму экономически нецелесообразно, а обновление планов без реконструкции геодезической сети недопустимо. Специфика построения геодезических сетей в городах обусловлена, прежде всего, многопрофильной деятельностью различных городских организаций, у которых возникает необходимость в получении разнообразной геодезической информации, которые предъявляют различные требования к плотности и местам расположения пунктов сети, а также к точности координатных определений. Отмеченный разнообразный подход привел к тому, что на территориях многих городов стали создаваться различными ведомственными организациями независимые геодезические сети, которые в целом ряде случаев базировались на различных, слабо согласованных друг с другом координатных системах, а также на различных исходных данных.

Таким образом, существующие местные системы координат можно разбить на следующие основные типы:

- местные системы координат кадастровых округов;
- условные системы координат, созданные на основе построения локальных (специальных) геодезических сетей;
- городские системы координат, созданные на основе традиционной государственной геодезической сети пунктов триангуляции и полигонометрии 1-4 классов.

Препятствием для дальнейшего успешного использования условных и городских систем координат в настоящее время являются следующие проблемы:

- увеличение разницы параметров, измеренных на местности и крупномасштабном плане при расширении территории (для систем координат, образованных на плоской прямоугольной проекции);
- необходимость знания параметров перехода к пространственной геоцентрической или государственной системе координат;
- опорные сети низкого качества, не отвечающие современным требованиям к точности координат. [3]

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

Как следствие этих факторов возникает комплекс проблем, без решения которых эксплуатация местных систем координат просто невозможна. Одни проблемы носят формальный характер, связанный с существующим порядком официального установления и регистрации местных систем координат, другие – имеют причины принципиального значения.

Важнейшая проблема связана с необходимостью определения с высокой точностью параметров перехода от условных и городских систем координат к государственной системе геодезических координат или местной системе кадастровых округов. Ошибки координат опорных геодезических сетей в исходных системах делают выполнение этого требования довольно сложным. Разные геоинформационные системы помогают решать эту проблему.

1.2 Математическое описание систем координат в программном обеспечении

С появлением и развитием персональных компьютеров стали применяться самые разнообразные программные продукты обработки топографо-геодезической деятельности, землеустройства и проектно-изыскательской деятельности. Широкое распространение получили геоинформационные системы. Геоинформационная система (ГИС) – это программно-аппаратный комплекс, решающий совокупность задач по хранению, отображению, обновлению и анализу пространственной и атрибутивной информации по объектам территории.

Геоинформационные системы дают возможность проводить следующие операции:

- редакционно-подготовительные работы, т. е. сбор, анализ и подготовка исходной информации (картографические данные, аэрофотоснимки, данные дистанционного зондирования, результаты наземных наблюдений, статистическая информация и т.д.) для автоматизированной обработки;
- проектирование геодезической и математической основ карт;
- создание ортофотопланов;
- проектирование карт;

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

- построение проекта цифровой тематической карты;
- преобразование исходных данных в цифровую форму;
- разработка макета тематического содержания карты;
- определение методов автоматизированного построения тематического содержания;
- графическое представление кадастровой информации;
- создание цифровой тематической карты в соответствии с разработанным проектом;
- получение выходной картографической продукции. [27]

Отличительной особенностью геоинформационных систем является присвоение объекту пространственных координат.

Пространственные данные – это данные о местоположении, взаимном расположении объектов или распространении явлений, представленные в определенной системе координат, то есть такие данные рассматриваются с точки зрения их размещения на поверхности Земли (или относительно поверхности). Геодезическая основа пространственных данных определяет способы перехода от физической поверхности Земли к математической (сфера, эллипсоид вращения, плоскость). Переход от математической поверхности, не являющейся плоскостью, к плоскости осуществляется с помощью картографических проекций. Такой переход невозможен без искажений. Выбор картографической проекции позволяет в определенных пределах управлять распределением искажений и, как следствие, свойствами картографического изображения.

Работа с пространственными данными требует знания используемых систем координат и преобразований для связи между ними.

В геоинформационных технологиях часто приходится иметь дело сразу с несколькими системами геодезических координат, целым набором картографических проекций.

Задача сведения разнородных цифровых картографических материалов в единую систему, а также необходимость представления пространственных данных

в требуемом виде приводят к новым формам взаимодействия систем координат, традиционно используемых в геодезии, картографии, фотограмметрии.

Для перевычисления координат из местной системы в государственную систему координат и обратно необходимо использовать современные алгоритмы и программные комплексы, позволяющие выполнить совместное уравнивание плоских и пространственных геодезических сетей, а так же преобразование координат из системы в систему без потери точности. Точность – это показатель того, насколько эффективно можно извлекать и сохранять пространственные данные.

Выводы по разделу один

В настоящее время допускается сохранение многообразия систем координат. Важнейшая проблема связана с необходимостью определения с высокой точностью параметров перехода от условных и городских систем координат к государственной системе геодезических координат или местной системе кадастровых округов. Кроме того, должны быть преобразованы координаты объектов недвижимости из старых местных систем в существующие МСК кадастровых округов. Введение новой государственной геодезической общеземной системы координат предполагает пересчет существующих пунктов государственной геодезических сетей, карт и других материалов из СК-42, СК-95 и МСК в новую систему.

Необходимость представления пространственных данных в требуемом виде приводят к новым формам взаимодействия систем координат, традиционно используемых в геодезии, картографии, фотограмметрии. Системы координат в разном программном обеспечении должны быть согласованны между собой.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

2.1 Математическая основа в ГИС

Наличие математической основы карт является принципиальным отличием ГИС от других информационных систем.

Наука, технология и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию, эксплуатации и использованию географических информационных систем, по разработке геоинформационных технологий, по прикладным аспектам или приложениям ГИС для практических или научных целей называется геоинформатика.

Геоинформатика дает мощный программный инструментарий для компьютерной автоматизированной обработки и последующей интерпретации и представления данных топографо-геодезических, геофизических, астрономогеодезических и других наблюдений. На основе геоинформационного обеспечения обработки разнородных данных осуществляется комплекс технологических операций по автоматизированному картографированию и получению всевозможных картографических произведений. В настоящее время одним из основных источников данных о пространственных объектах, процессах и явлениях географической, геологической и космической среды являются методы фотограмметрии и дистанционного зондирования. При этом обработка и интерпретация наблюдений также осуществляется с использованием геоинформационных систем. Широкий круг решаемых задач, а также использование разнородной информации предполагает наличие гибкого, настраиваемого программного инструментария, который может быть получен только при тесном взаимодействии геоинформатики с программированием.

Для описания геодезической информации в геоинформационных системах требуются параметры используемых земных эллипсоидов, систем координат, картографических проекций, формул пересчета. От правильности описания этих

					120700.2017.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

параметров в программных комплексах будет зависеть точность обработки пространственной информации.

2.2 Эллипсоиды

Знание фигуры и размеров Земли необходимо во многих областях и прежде всего для определения положения объектов на земной поверхности и правильного её изображения в виде карт, планов и цифровых моделей местности.

Последние исследования формы земной поверхности показали, что она уклоняется от правильной геометрической формы сфероида и в реальности имеет форму неправильной объемной фигуры, получившей название "геоид", от греческого «гео» – Земля.

Определение термина геоид основано на том, что любая поверхность воды в спокойном состоянии является уровенной поверхностью. Вода всегда растекается так, что ее поверхность перпендикулярна к направлению силы тяжести. Такая поверхность принята за математическую поверхность земли, или «уровень моря», от которого отсчитывают высоты точек земной поверхности. Поверхность геоида в отличие от физической поверхности Земли гладкая, но весьма неправильная из-за неравномерности распределения масс внутри планеты. Форма геоида весьма сложна и зависит от распределения масс и плотностей в теле Земли. Определение формы и размеров геоида производят при помощи высокоточных геодезических и гравиметрических измерений (в том числе с использованием искусственных спутников Земли).

Для упрощения математических расчетов используется более удобный эллипсоид вращения, образованный вращением эллипса вокруг его малой оси, при этом он не сильно отличается от формы Земли. Поверхности эллипсоида и геоида отличаются в пределах 100 метров в ту или иную сторону. [27]

Эллипсоид вращения, который наилучшим образом согласуется с поверхностью геоида называют общеземным эллипсоидом или эллипсоидом Земли. Центр общеземного эллипсоида помещают в центре масс Земли, ось вращения совмещают со средней осью вращения Земли, а размеры принимают

										<i>Лист</i>
										17
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						

такие, чтобы обеспечить наибольшую близость поверхности эллипсоида к поверхности геоида. Примеры некоторых таких эллипсоидов и их параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры некоторых общеземных эллипсоидов

Название	Год	a, км (большая полуось)	b, км (малая полуось)	1/f (сжатие)
GRS	1980	6378,137	6356,75231414	298,257222101
WGS-84	1984	6378,137	6356,75231424518	298,257223563
ПЗ-90	1990	6378,136	6356,751	298,257839303
IERS	2003	6378,13649	6356,751	298,25642

В соответствии со статьей 7 Федерального закона «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» Правительство Российской Федерации постановляет для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов, решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны установить общеземную геоцентрическую систему координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11), распространяемая с использованием космической геодезической сети и государственной геодезической сети. [28]

Постоянно растущие требования к точности навигационного обеспечения, широкое использование навигационной и геодезической аппаратуры потребителя ГЛОНАСС/GPS привели к необходимости регулярного повышения точности определения параметров, характеризующих форму, размеры Земли и ее гравитационное поле, модернизации всей системы геодезических параметров Земли. Первая модернизация геоцентрической системы координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90) была выполнена в 2002 году (ПЗ-90.02) с использованием большого объема измерительной информации, полученной после 1990 года, не вошедшей в обработку при выводе ПЗ-90. Достигнуто существенное повышение точности установления государственной геоцентрической системы координат по отношению к системе координат ПЗ-90.

Уточнение государственной геоцентрической системы координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.02) выполнено в 2011 году (ПЗ-90.11) с использованием большого объема высокоточных измерений ГЛОНАСС/GPS. Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. №1463 общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11) установлена в качестве государственной системы координат для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач. [29]

Помимо ПЗ-90 (ПЗ-90.11) в Российской Федерации при спутниковых определениях используется общеземной эллипсоид WGS-84.

Для отображения местности на определенной территории используют так называемые референц-эллипсоиды. Его размеры выбираются таким образом, чтобы он максимально совпадал с поверхностью геоида для данной территории. Референц-эллипсоид служит вспомогательной математической поверхностью, к которой приводят результаты геодезических измерений на земной поверхности.

Исторически сложилось так, что на территории наиболее крупных стран поверхность референц-эллипсоида совмещалась с действительной поверхностью Земли в каком-либо одном пункте опорной сети, для чего в этом пункте определялось уклонение отвесной линии. «Расположение» эллипсоида в теле Земли затем устанавливалось измерением астрономического азимута (направления на какой-либо соседний пункт) и угла, который этот азимут образует с направлением на астрономический зенит, а затем соотношением этих величин с геодезическим азимутом и зенитным расстоянием данного пункта на поверхности эллипсоида. С помощью такой процедуры достигается параллельность короткой оси эллипсоида и оси вращения Земли. Различия конфигурации эллипсоида и геоида определяются превышением (разностью отметок их поверхностей) в «исходном пункте». Наконец, для закрепления опорной плановой сети определяются размер и форма (сжатие) эллипсоида с помощью методов, обычно используемых для расчетов формы Земли. Примеры некоторых референц-эллипсоидов и их параметров приведены в таблице 2.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

Таблица 2 – Параметры некоторых референц-эллипсоидов

Название	Год	а, км (большая полуось)	б, км (малая полуось)	1/f (сжатие)
Бессель	1841	6378,397	6356,078	299,1528434
Кларк	1866	6378,206	6356,583	294,9786982
Хейфорд	1909	6378,388	6356,911	297,0
Красовский	1940	6378,245	6356,863	298,2997381

На территории Российской Федерации для проведения геодезических работ используется эллипсоид Красовского.

2.3 Картографические проекции

При создании карт эллипсоид вращения должен быть развернут на плоскость. Он не может быть развернут на плоскости без складок или разрывов, поэтому при создании карт прибегают к помощи картографических проекций, в которых отображение поверхности земли или иного небесного тела происходит по строгим математическим законам. Эти законы выражают функциональную связь координат точек на поверхности эллипсоида вращения и плоскости (карте). Карты в своей основе – визуальное представление трехмерной поверхности Земли в двух измерениях на плоскости. В основу такого отображения положена система географических или геодезических координат, координатными линиями которой являются меридианы и параллели.

Различные проекции имеют разные типы искажений. Некоторые проекции разработаны с учетом минимизации искажений одной или двух характеристик данных. Проекция может сохранять площадь объектов, но изменять их форму. Растяжение и сжатие отдельных частей изображения картографируемой поверхности в той или иной проекции неизбежно сопровождается искажениями длин, площадей и углов.

Картографические проекции предназначены для определенных целей. Некоторые картографические проекции могут использоваться для отображения

						<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	Лист
							20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

крупномасштабных объектов на ограниченной площади, другие – для составления мелкомасштабных карт мира.

Проекции классифицируются по следующим основным признакам:

- 1) по характеру искажений;
- 2) по виду нормальной сетки параллелей и меридианов;
- 3) по ориентировке вспомогательной поверхности.

По характеру искажений различают следующие проекции:

- равновеликие;
- равноугольные;
- произвольные;
- равнопромежуточные.

В равновеликих проекциях отсутствует искажение площадей. Значительны искажения углов и форм. Такие проекции часто используются для землеустроительных целей, измерения площадей и картографирования плотности населения, а также для исследований одной определённой области.

В равноугольных отсутствуют искажения углов, вследствие этого в них не искажаются формы фигур, а масштаб длин в любой точке остается одинаковым по всем направлениям. В этих проекциях карты больших территорий отличаются значительным искажением площадей. Весьма удобны для решения навигационных задач. Угол на местности всегда равен углу на карте, линия прямая на местности, прямая на карте. Главным примером данной проекции является поперечно-цилиндрическая Проекция Меркатора (1569 г.). Она используется для морских навигационных карт.

В произвольных проекциях имеются искажения и углов, и площадей, но в значительно меньшей степени, чем в равновеликих и равноугольных проекциях.

Среди них особое место занимают проекции равнопромежуточные, в которых масштаб длин по одному из главных направлений сохраняется постоянным.

По виду нормальной сетки параллелей и меридианов различают проекции:

- конические;

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

- цилиндрические;
- азимутальные.

Конические – это проекции, в которых поверхность эллипсоида переносится на боковую поверхность касательного к нему или секущего его конуса, а затем последний разрезается по образующей его линии и разворачивается в плоскость. В таких проекциях искажения не зависят от долготы. Они пригодны для территорий, вытянутых вдоль параллелей. Карты всей территории РФ часто составляются в равноугольных и равнопромежуточных конических проекциях.

Цилиндрические – это проекции, в которых происходит проектирование земной поверхности на боковую поверхность цилиндра, которая потом разворачивается в плоскость. Цилиндр может быть касательным к земному шару или секущим его. В первом случае длины сохраняются по экватору, во втором – по двум стандартным параллелям.

Цилиндрические проекции бывают прямые, косые и поперечные. В прямых цилиндрических проекциях одни и те же участки поверхности изображаются одинаково вдоль линии разреза в восточной и западной частях карты, что обеспечивает удобство чтения карты по широтным поясам. Косые цилиндрические проекции имеют географическую сетку, которая дает представление о сферичности земного шара. С уменьшением широты полюса кривизна параллелей увеличивается, а их протяженность уменьшается, что дает представление о сферичности земли.

Цилиндрические проекции применяются при составлении карт мелких и крупных масштабов – от общегеографических до специальных. Так, например, аэронавигационные маршрутные полетные карты чаще всего составляются в косых и поперечных цилиндрических равноугольных проекциях (на шаре).

Азимутальные – проекции, в которых параллели нормальной сетки есть концентрические окружности, а меридианы – их радиусы, расходящиеся из общего центра параллелей под углами, равными разности долгот. Каждая точка на карте имеет тот же самый азимут по отношению к среднему меридиану, который эта же точка имеет со средним меридианом на сфере. Название азимутальных проекции

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

получили благодаря основному их свойству сохранять без искажений азимуты линий, выходящих из точки касания картинной плоскости.

По ориентировке вспомогательной поверхности различают проекции:

- нормальные;
- поперечные;
- косые

Применяются прямые, косые и поперечные проекции, что определяется широтой центральной точки проекции, выбор которой зависит от расположения территории. Меридианы и параллели в косых и поперечных проекциях изображаются кривыми линиями, за исключением среднего меридиана, на котором находится центральная точка проекции. В поперечных проекциях прямой изображается также экватор: он является второй осью симметрии.

Для прикладных задач в Российской Федерации используется проекция Гаусса-Крюгера. Проекция Гаусса-Крюгера – это поперечная цилиндрическая равноугольная картографическая проекция, разработанная немецкими учёными Гауссом и Крюгером.

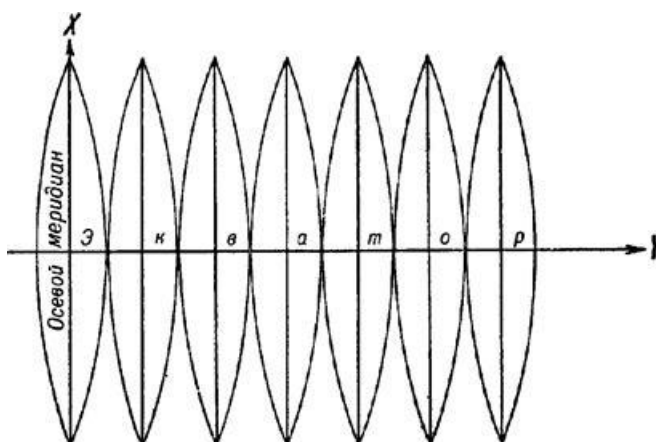


Рисунок 1 – Проекция Гаусса-Крюгера

В 1928 г. на III геодезическом совещании для всех геодезических и топографических работ в СССР была принята проекция Гаусса-Крюгера на эллипсоиде Бесселя. В этой проекции начали создавать топографические карты

масштабов крупнее 1:500 000, а с 1939 г. проекция Гаусса-Крюгера стала применяться и для карты масштаба 1:500 000. В апреле 1946 г. Постановлением правительства были утверждены размеры референц-эллипсоида Красовского и новые исходные даты, характеризующие систему координат 1942 г. [17]

Применение этой проекции даёт возможность практически без существенных искажений изобразить довольно значительные участки земной поверхности и, что очень важно, построить на этой территории систему плоских прямоугольных координат.

В поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера в отличие от равноугольной цилиндрической проекции Меркатора проектирование производится на поверхность цилиндра, касающегося поверхности земного эллипсоида не по экватору, а по меридиану. В проекции Гаусса-Крюгера поверхность земного эллипсоида делится на трёх- или шестиградусные зоны, ограниченные меридианами от полюса до полюса. Всего 60 шестиградусных или 120 трёхградусных зон. Они нумеруются с запада на восток, начиная с нулевого меридиана, так, что к меридиану Гринвича с запада примыкает 60-я (120-я) зона, а с востока – 1-я зона. В каждой зоне строится своя прямоугольная система координат. Начало координат каждой зоны находится в точке пересечения экватора со средним (осевым) меридианом зоны, который изображается на проекции прямой линией и является осью абсцисс. Абсциссы считаются положительными к северу от экватора и отрицательными к югу. Осью ординат является экватор. Ординаты положительны к востоку и отрицательны к западу от осевого меридиана. При вычислениях начало координат переносят в точку пересечения осевого меридиана со средней параллельностью карты. Для получения ординат положительного значения их увеличивают на 500000 метров, при этом перед ординатой пишется номер зоны.

2.4 Системы координат, используемые в геодезии и кадастре

Координатные системы предназначены для определения положения точек на поверхностях и в пространстве. Отсюда и первое разделение на пространственные

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

и поверхностные системы координат. В геодезии используются три вида поверхностей: плоскости, сферические поверхности (поверхность шара) и сфероидические поверхности (поверхность эллипсоида вращения). Соответственно появляются плоские, сферические и сфероидические поверхностные системы координат.

Системы координат подразделяются на угловые, линейные и линейно-угловые.

В геодезии применяются следующие системы координат:

- геодезические;
- астрономические;
- географические;
- плоские прямоугольные геодезические (зональные);
- полярные;
- местные.

Геодезические координаты определяют положение точки земной поверхности на референц-эллипсоиде.

Геодезическая широта B – угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора. Широта отсчитывается от экватора к северу или югу от 0° до 90° и соответственно называется северной или южной широтой.

Геодезическая долгота L – двугранный угол между плоскостями геодезического меридиана данной точки и начального геодезического Гринвичского меридиана.

Долготы точек, расположенных к востоку от начального меридиана, называются восточными, а к западу – западными.

Астрономическая широта φ и долгота λ определяют положение точки земной поверхности относительно экваториальной плоскости и плоскости начального астрономического меридиана.

Астрономическая широта φ – угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

Астрономическая долгота λ – двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана данной точки и начального астрономического меридиана.

Плоскостью астрономического меридиана является плоскость, проходящая через отвесную линию в данной точке и параллельная оси вращения Земли.

Астрономическая широта φ и долгота λ определяются астрономическими наблюдениями.

Геодезические и астрономические координаты отличаются (имеют расхождение) из-за отклонения отвесной линии от нормали к поверхности эллипсоида. При составлении географических карт этим отклонением пренебрегают.

Географические координаты – величины, обобщающие две системы координат: геодезическую и астрономическую, используют в тех случаях, когда отклонение отвесных линий от нормали к поверхности не учитывается.

Географическая широта φ – угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью.

Географическая долгота λ – двугранный угол между плоскостями меридиана данной точки с плоскостью начального меридиана.

При решении инженерно-геодезических задач в основном применяют плоские прямоугольные и геодезические системы координат.

В Российской Федерации примерами таких систем координат могут служить СК-42, СК-63, СК-95.

В целях ведения государственного земельного кадастра, составления землеустроительных карт (планов), определения координат границ земельных участков и др. на территории Российской Федерации применяют местные системы координат.

Местную систему координат задают в пределах территории кадастрового округа. В общем случае, осевой меридиан местной системы координат может не

совпадать с каким-либо осевым меридианом шестиградусных зон. При разработке местных систем координат используют параметры эллипсоида Красовского.

Применение единой местной системы координат позволяет однозначно и без дополнительных преобразований вести Единый государственный реестр земель.

Местные системы координат имеют названия. Названием системы может являться ее номер, равный, например, коду (например, номер субъекта РФ).

В каждой местной системе координат устанавливаются следующие параметры координатной сетки проекции Гаусса:

- долгота осевого меридиана первой зоны;
- число координатных зон;
- координаты условного начала;
- угол поворота осей координат местной системы относительно государственной в точке местного начала координат;
- масштаб местной системы координат относительно плоской прямоугольной системы геодезических координат СК-42 или СК-95;
- высота поверхности (плоскости), принятой за исходную, которой приведены измерения и координаты в местной системе;
- референц-эллипсоид, к которому отнесены измерения местной системе координат;
- соответствующие формулы преобразования плоских прямоугольных геодезических координат.

В местной системе координат могут быть одна или несколько зон проекции Гаусса-Крюгера.

Каждая местная система координат территории кадастрового округа имеет тесную связь с единой государственной системой плоских прямоугольных координат посредством ключей перехода. При изменении (уточнении) координат пунктов геодезических сетей в государственной референцной системе ключи вычисляют заново при условии минимальных изменений координат пунктов в местной системе. При установлении МСК является обеспечением возможности

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

перехода от местной системы координат к государственной системе координат за счет применения параметров перехода является обязательным требованием.

2.5. Датумы

Помимо эллипсоидов, систем координат и проекций в ГИС используется такое понятие как датум. Датум – набор параметров, используемых для смещения и трансформации референц-эллипсоида в локальные географические координаты. Понятие «датум» используется в геодезии и картографии для наилучшей аппроксимации к геоиду в данном месте. Геодезические датумы обеспечивают связывание воедино различных картографических источников, систем спутниковой привязки и навигации, исследований земной тектоники и построения геоинформационных систем. Невозможность или неправильное рассмотрение различий между разными датумами может привести к большим ошибкам при использовании данных в ГИС.

Существуют два типа датумов – геоцентрический (глобальный) и локальный. Геоцентрический датум использует центр масс земли в качестве начала отсчета. Начало отсчета системы координат для локального датума сдвинуто относительно центра земли. Локальный датум изменяет положение эллипсоида так, чтобы наиболее близко совместить его поверхность с нужной областью. Локальный датум не следует применять вне области, для которой он был разработан.

Наиболее широко используемым датумом в мире является Мировая геодезическая система 1984 года (World Geodetic System 1984 – WGS-84), базируется он на эллипсоиде WGS-84 с центром в центре масс земли. Так же один из достаточно распространенных датумов (используется в России и некоторых окружающих странах) является Pulkovo-1942 (СК-42), который базируется на эллипсоиде Красовского.

Система WGS-84 широко применяется за рубежом, ее используют практически для всех данных производимых в мире, так же она используется практически во всех навигаторах. СК-42 широко используется в российской картографии. Основные датумы, используемые в России приведены в таблице 3.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Таблица 3 – Основные датумы, используемые в геодезии и картографии на территории Российской Федерации

Датум	Описание
WGS-84 (World Geodetic System 1984)	Глобальный датум, использующий геоцентрический общемировой эллипсоид, вычисленный по результатам точных спутниковых измерений. Используется в системе GPS. В настоящее время принят как основной в США
Пулково-1942 (СК-42, Система координат 1942)	Локальный датум, использующий эллипсоид Красовского, максимально подходящего к европейской территории СССР. Основной (по распространенности) датум в СССР и постсоветском пространстве
ПЗ-90 (Параметры Земли 1990)	Глобальный датум, основной (с 2012 года) в Российской Федерации (используются для глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС)
СК-95 (система координат 1995)	Локальная система координат, используется в России для издания карт и геодезических работ.
ГСК-2011	Геоцентрическая прямоугольная система координат, в которой, начиная с 2017 года, должны проводиться картографические и кадастровые работы по всей территории Российской Федерации

2.6 Возможности программного обеспечения при описании систем координат

Координатные системы в ГИС состоят из многих элементов, которые должны быть определены заранее. К ним относятся:

- типы проекций;
- региональная система координат;
- единицы измерения;
- начало системы координат;

- стандартные параллели конических проекций;
- восточное и северное смещения;
- регион азимутальных проекций.

Чтобы создать собственную координатную систему, пользователю необходимо описать некоторые параметры вручную, к которым относятся:

- название координатной системы;
- тип проекции;
- регион;
- единицы измерения;
- нулевая долгота;
- нулевая широта;
- стандартные параллели;
- азимут;
- северное смещение;
- восточное смещение;
- охват.

Однако, далеко не во всех программах возможно описание параметров вручную. Это зависит от доступа пользователя к исходному коду.

Все программные средства ГИС можно условно разделить на системы с открытым исходным кодом, частично открытым и закрытым исходным кодом. Ключевое отличие состоит в возможности пользователя менять параметры в программе. Если в программах с закрытым исходным кодом пользователь не может менять параметры, то с открытым появляется такая возможность.

Открытые ГИС, как и открытое ПО в целом отражают современную тенденцию уменьшения зависимости пользователя программного обеспечения от разработчика. Очевидно, что данная проблема относительна, поскольку продолжительный опыт использования ПО, открытого или закрытого, так или иначе приводит к выстраиванию вокруг него технологической линейки, цена перехода с которой может оказаться большей, чем освоение нового ПО. Однако, в

условии открытости, пользователю открытого ПО ГИС гарантирована возможность внесения необходимых ему изменений самостоятельно.

Открытость делает разработку ГИС более эффективной, главным образом за счет высокой модульности. Разработка так же сильно облегчается за счет использования готовых программных компонент, активно используемых в разработке открытых ГИС. Модульность позволяет сфокусироваться на более эффективной реализации определенного подмножества.

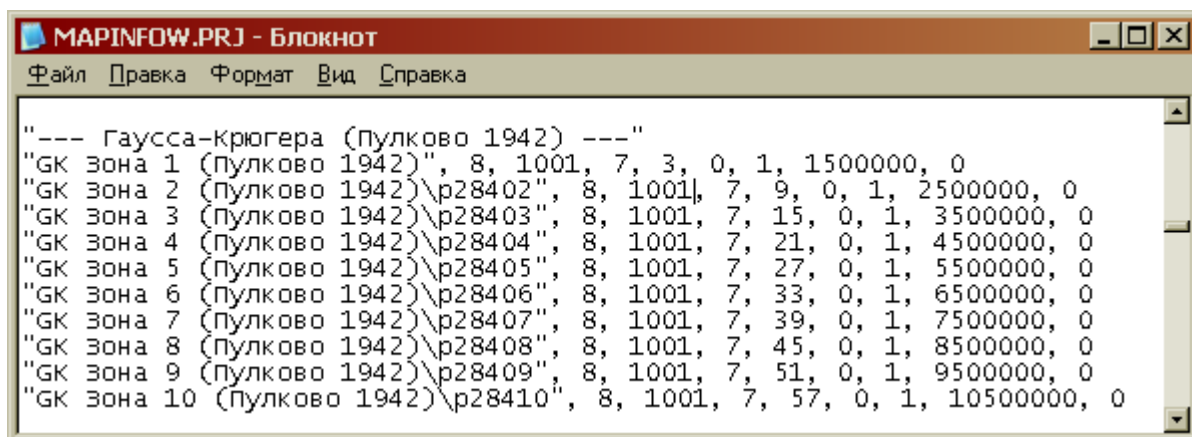
При всех своих преимуществах, открытое пользовательское ПО ГИС в целом является достаточно молодым, что признается и ее разработчиками и пользователями. На практике это выражается в неготовности организаций переходить на его использование. Отсутствие примеров использования открытого ПО ГИС в технологических процессах приводит к неохотному внедрению открытых ГИС. В основном организации занимают выжидающую позицию.

В качестве примера для сравнения программного обеспечения с открытым исходным кодом и частично открытым используем два программных продукта: ГИС Карта 2011 (разработчик «КБ Панорама») и MapInfo Professional (разработчик Pitney Bowes). В MapInfo пользователь может вручную настраивать параметры. Например, в зависимости от выбора датума при пересчете координат меняются параметры преобразований. Возможность контролировать способы преобразований координат и самостоятельно вводить параметры дает пользователю настроить программу под конкретную задачу с дальнейшим получением точного результата.

MapInfo Professional хранит информацию о проекциях и системах координат в файле, называемом MAPINFOW.PRJ. Файл содержит величины, которые определяют каждую систему координат, поддерживаемую MapInfo Professional, это более 300 таких систем. Каждая система координат имеет свое название, за которым следуют параметры системы координат, включая проекцию, датум, границы применения проекции, стандартные параллели, азимут, масштабный множитель, восточное смещение, северное смещение. Каждая система координат

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

занимает отдельную строку, каждый параметр отделен запятыми. Пользователь может изменить параметры через файл формата *.prj (рисунок 2).



```
MAPINFOW.PRJ - Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка

"--- Гаусса-Крюгера (Пулково 1942) ---"
"GК Зона 1 (Пулково 1942)", 8, 1001, 7, 3, 0, 1, 1500000, 0
"GК Зона 2 (Пулково 1942)\p28402", 8, 1001, 7, 9, 0, 1, 2500000, 0
"GК Зона 3 (Пулково 1942)\p28403", 8, 1001, 7, 15, 0, 1, 3500000, 0
"GК Зона 4 (Пулково 1942)\p28404", 8, 1001, 7, 21, 0, 1, 4500000, 0
"GК Зона 5 (Пулково 1942)\p28405", 8, 1001, 7, 27, 0, 1, 5500000, 0
"GК Зона 6 (Пулково 1942)\p28406", 8, 1001, 7, 33, 0, 1, 6500000, 0
"GК Зона 7 (Пулково 1942)\p28407", 8, 1001, 7, 39, 0, 1, 7500000, 0
"GК Зона 8 (Пулково 1942)\p28408", 8, 1001, 7, 45, 0, 1, 8500000, 0
"GК Зона 9 (Пулково 1942)\p28409", 8, 1001, 7, 51, 0, 1, 9500000, 0
"GК Зона 10 (Пулково 1942)\p28410", 8, 1001, 7, 57, 0, 1, 10500000, 0
```

Рисунок 2 – Окно файла формата *.prj с исходными параметрами

В начале строки в двойных кавычках помещено название проекции. Далее следует номер картографической проекции. Следующие элементы определяют параметры проекции. Например, для второй строки в скриншоте на рисунке 2 соответствует расшифровка:

«GК Зона 1 (Пулково 1942)» – название проекции;

8 – номер картографической проекции;

1001 – датум;

7 – границы применения проекции;

3 – стандартные параллели;

0 – азимут;

1 – масштабный множитель;

1500000 – восточное смещение;

0 – северное смещение.

Если в качестве номера датума вместо «1001» будет стоять «9999» или подобный номер, которого нет в таблице – это номер пользовательского датума (рисунок 3).

Описание датума имеет следующую структуру: 9999, номер эллипсоида, ΔX , ΔY , ΔZ , ω_x , ω_y , ω_z , m , основной меридиан.

```
"МСК-74 зона 3", 8, 1001, 3, 64.0333333333, 0, 1, 3300000, -5509414.70  
"МСК-74 зона 1ГОСТ2", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 58.0333333333, 0, 1, 1300000, -5509414.70  
"МСК-74 зона 2ГОСТ2", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 61.0333333333, 0, 1, 2300000, -5509414.70  
"МСК-74 зона 3ГОСТ2", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 64.0333333333, 0, 1, 3300000, -5509414.70
```

"--- Система МСК-66, 2 градусная зона, район Свердловская область "

Рисунок 3 – Строки файла формата *prj с прописанными параметрами

Расшифровка одной из строчек следующая:

«МСК-74 зона 1ГОСТ2» – название проекции;

8 – номер картографической проекции;

9999 – пользовательский датум;

3 – номер эллипсоида;

23.57 – ΔX (смещение по оси X);

-140.95 – ΔY (смещение по оси Y);

-79.80 – ΔZ (смещение по оси Z);

0 – ω_x (угловой элемент трансформирования по оси X);

-0.35 – ω_y (угловой элемент трансформирования по оси Y);

-0.79 – ω_z (угловой элемент трансформирования по оси Z);

-0.22 – m (масштабный множитель);

0 – основной меридиан;

7 – границы применения проекции;

3 – стандартные параллели;

0 – азимут;

1 – масштабный множитель;

1500000 – восточное смещение;

0 – северное смещение.

В экспериментах будет проведено сравнение результатов описания координат в соответствии с параметрами программы и с прописанными параметрами.

В ГИС Карта 2011 пользователь может только менять уже встроенные параметры, пользовательское изменение параметров программы сведено до минимума. ГИС Карта 2011 является примером ГИС с частично открытым кодом (рисунок 4).

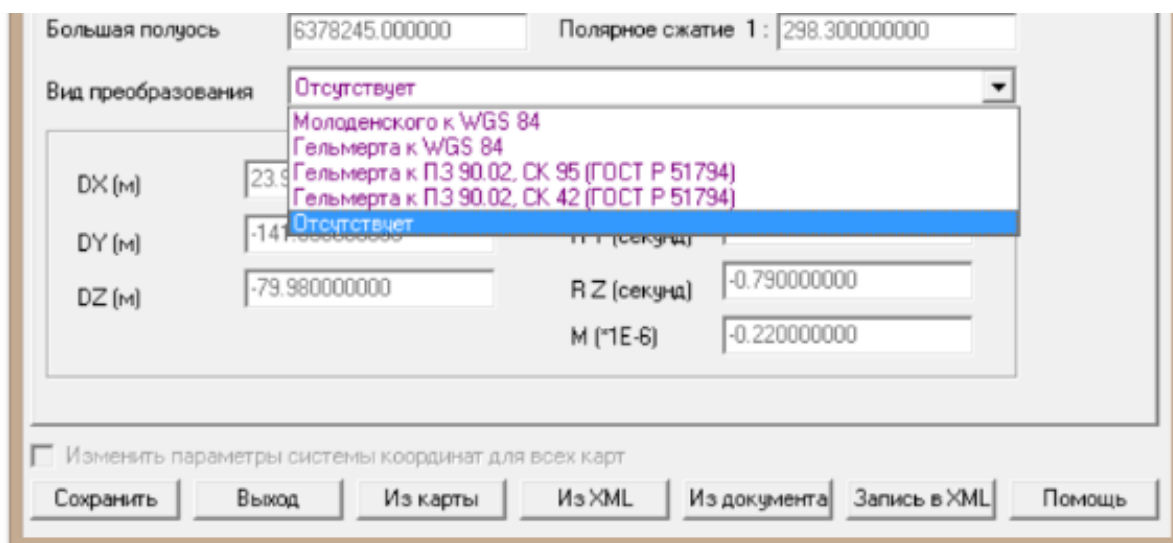


Рисунок 4 – Варианты преобразований координат в ГИС Карта 2011

Таким образом, разное программное обеспечение отличается своим доступом пользователей к редактированию исходных данных. Возможность менять параметры вручную позволяет добиться более точных результатов для описания конкретной территории.

Выводы по разделу два

Множество факторов (параметры общеземных и референц-эллипсоидов, используемых датумов, проекций) влияют на программное обеспечение, от которого зависит точность пересчетов из одной системы координат в другую. Для проведения таких работ, как создание опорно-межевых сетей, составление карт, постановка земель на кадастровый учет необходимо анализировать множество факторов: выбор земного эллипсоида, проекции, систем координат; необходимую точность для разных категорий земель; выбор программного обеспечения и др. В ГИС начинает фигурировать такое понятие, как датум. Датум определяется

несколькими параметрами, которые используются для наилучшего описания данной территории. Они прописываются в геоинформационном программном обеспечении, чтобы наилучшим образом согласовать разные системы координат.

Геоинформационные системы используются повсеместно, появляются ГИС с открытым исходным кодом. Это позволяет пользователю менять параметры датумов и других геодезических данных. Программы с закрытым исходным кодом не позволяют пользователю менять встроенные параметры, следовательно, корректность преобразований находится под сомнением. Поэтому необходимо проанализировать обработку данных в программных продуктах и их соответствие между собой.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

3 ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОРТОФОТОПЛАНОВ И ЦИФРОВЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ КАДАСТРА

3.1 Особенности описания кадастровой информации в ГИС

В настоящий момент создание и ведение земельного и других видов кадастров неизбежно связано с применением геоинформационного, геодезического, картографического и фотограмметрического программного обеспечения, причём не на одном каком-либо этапе, а на протяжении всей технологической цепочки от сбора первичных материалов и до создания конечной системы.

Для автоматизированной системы кадастра, основанной на применении ГИС, а также для формирования объектов кадастрового учета используются цифровые топографические и кадастровые карты, планы. Все объекты кадастрового учета, имеют пространственную привязку, т. е. их положение определено в той системе координат, которая принята при ведении кадастра. Описательные данные объекта (земельного участка) составляют содержание базы данных информационной системы. Для обозначения и связи объектов этой базы данных используются идентификаторы (кадастровые номера) участков. Таким образом, цифровая кадастровая карта, представляя собой совокупность метрических (графических) и семантических (описательных) данных, является картографической частью информационной системы кадастра. Определяя местоположение земельных участков, их границы и площади, она используется как инструмент управления земельными ресурсами.

В технологической цепочке важнейшим звеном является создание цифровых ортофотопланов и цифровых топографических карт в геоинформационном программном обеспечении, от точности которых зависит и точность кадастровых работ.

При создании цифровых топографических карт и планов выполняется комплекс камеральных работ, включающий: подготовительные работы, фотограмметрическое сгущение опорной геодезической сети, изготовление ортофотопланов, дешифрирование, стереоскопическую съемку рельефа, сбор

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

информации о контурах по ортофотоплану, одиночным снимкам или стереопарам, редактирование оригиналов карт (планов), представление оригиналов карт и планов в цифровой и графической формах.

3.2 Технология создания ортофотопланов

Фотограмметрические работы являются основной составной частью современных технологий создания и обновления топографических карт, изготовления фотокарт, создания и обновления топографических и специализированных планов. Технические требования и допуски на фотограмметрические работы определяются на основе требований действующих нормативных документов к точности карт и планов. Важнейшей частью в фотограмметрических работах является создание ортофотопланов.

Цифровые ортофотопланы используются в качестве первичной основы при создании цифровых карт и автоматизированных кадастровых геоинформационных систем. [1]

Ортофотоплан – это фотографический план местности на точной геодезической опоре, полученный путём аэрофотосъемки (космосъемка) с последующим преобразованием аэроснимков (космоснимков) из центральной проекции в ортогональную на основе эффективного метода их ортофототрансформирования. Ортофотоплан, являясь информационно емким, достоверным и объективным измерительным фотодокументом, используется для создания картографических документов.

Базовой технологией можно считать обработку материалов традиционной аэрофотосъемки. При этой технологии из последовательности кадров с заданным перекрытием строятся маршруты, которые затем объединяются в площадные блоки.

После создания блоков, проводится фотограмметрическое сгущение. На всех снимках, имеющих перекрытие, опознаются и указываются связующие точки.

Точки съёмочной геодезической сети, используемые для фотограмметрического сгущения, должны иметь среднюю погрешность в плане, не

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

превышающую 0,1 мм в масштабе составляемой карты (плана) и 0,1 мм принятой высоты сечения рельефа – по высоте. [1]

Рабочее техническое проектирование фотограмметрического сгущения включает выбор и обозначение точек фотограмметрической сети, а также составление схемы сети. Опорными данными для фотограмметрического сгущения являются опознанные на снимках пункты государственной геодезической сети, геодезических сетей сгущения и точки съемочной геодезической сети. При использовании цифровых приборов точки выбираются и обозначаются на экране монитора по цифровым изображениям снимков.

В фотограмметрические сети включают:

- пункты геодезических сетей и точки съемочного обоснования;
- основные фотограмметрические точки, используемые как опорные или контрольные при последующей обработке снимков на процессах составления оригинала и трансформирования снимков;
- связующие точки, лежащие в зоне тройного перекрытия снимков и служащие для соединения соседних элементарных звеньев при формировании маршрутной сети;
- общие точки, предназначенные для объединения перекрывающихся маршрутных сетей в блок;
- точки для связи со смежными участками;
- точки на урезах вод и наиболее характерные точки местности, отметки которых должны быть подписаны на карте или плане;
- закрепленные на местности точки инженерного назначения. [1]

Процесс получения цифрового фотоплана включает следующие основные этапы:

- 1) ориентирование снимков;
- 2) получение информации о рельефе;
- 3) выбор фрагментов для ортотрансформирования;
- 4) ортотрансформирование по фрагментам;

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

5) сшивка фрагментов мозаик с выравниванием тона, коррекции изображения;

6) получение трансформированного изображения в пределах заданной трапеции или границ;

7) оформление.

Для изготовления ортофотопланов используются два метода трансформирования снимков: аналоговый (оптико-механический) и цифровой. Предпочтение следует отдавать цифровому трансформированию, как наиболее точному и производительному. Данный вид работ выполняется на цифровых фотограмметрических системах.

Информация о рельефе, необходимая для цифрового трансформирования снимков, может быть получена в результате стереофотограмметрической обработки снимков или по цифровым моделям рельефа для существующих топографических карт и планов. Планово-высотное обоснование усложняет процесс создания ортофотопланов, т.к. подключается другое программное обеспечение. Возникает сложный межпрограммный обмен, а значит возможна разная интерпретация одних и тех же систем координат.

Формирование цифрового фотоплана производят из смежных цифровых трансформированных снимков с одинаковыми размерами элементарных участков по выбранным границам фрагментов («линиям порезов»), полученным со смежных снимков. Границы «порезов», как правило, выбирают по середине зон перекрытий снимков. Линия «пореза» не должна пересекать высотные объекты и объекты, служащие ориентирами, а также не должна проходить вдоль границ объектов разного тона. При наличии таких линейных объектов, как дороги, реки и т.п. линию «пореза» следует проводить по середине объектов. При пересечении линейных объектов и четких контуров линию «пореза» следует проводить под прямым углом к этим объектам. [1]

Точность созданных цифровых ортофотопланов оценивается по опорным и контрольным фотограмметрическим точкам, по линиям соединения фрагментов («порезам»), полученным со смежных снимков, и сводкам со смежными

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						39
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ортофотопланами. Контроль планового положения опорных и контрольных фотограмметрических точек выполняется по разности плановых координат изображений этих точек на ортофотоплане и их значений, выбранных из соответствующих каталогов. Средние величины погрешностей в плановом положении опорных и контрольных точек не должны превышать в масштабе создаваемого ортофотоплана 0,5 мм в равнинных и всхолмленных районах и 0,7 мм – в горных. Несовмещение контуров по линии соединения фрагментов не должно быть более 0,7 мм, а в горных районах – 1,0 мм. [1]

Предельно допустимые величины несовмещений контуров при контроле по сводкам со смежными фотопланами составляют: 1,0 мм в равнинных и всхолмленных районах и 1,5 мм – в горных районах. Как исключение, в равнинных районах допускают расхождения по сводкам до 1,5 мм (не более 5%).

Запрещается выпуск ортофотопланов без сводки со смежными ортофотопланами того же масштаба. Такая сводка с ранее изданными картами должна быть выполнена при съемках в масштабах 1:25 000 и 1:10 000. Если ранее изданные карты построены в иной системе координат, чем вновь созданный ортофотоплан, то при сводке учитывается различие координат общих углов рамок ортофотоплана и карты.

Контроль изобразительного качества ортофотоплана осуществляется визуальным сравнением с эталоном. При этом должно быть обращено особое внимание на проработанность деталей, одинаковую тональность и оптическую плотность по стыкам фрагментов соседних снимков, а для цветных и спектрзональных изображений – на одинаковость цветов. Размеры сторон и диагоналей ортофотоплана не должны отличаться от теоретических более чем на 0,2 мм.

В качестве конечной продукции могут служить цифровой фотоплан или фотокарта на машинном носителе в форматах, согласованных с потребителем, либо их графическая копия, полученная на соответствующих технических средствах.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

3.3 Технология создания цифровых топографических карт и планов

В настоящее время при создании и обновлении топографических планов и карт широко используются достижения современной цифровой фотограмметрии и аэрофототопографии, развитие которых в значительной степени определяется прогрессом вычислительной техники, совершенствованием геодезического оборудования и соответствующего программного обеспечения.

Исходными материалами для создания цифровых карт местности служат топографические и специальные карты и планы, аэрокосмоснимки, различные справочные материалы и другие источники. В настоящее время в мире разработано достаточно много систем цифрования карт.

Цифровая карта – выражение векторного или растрового представления общегеографической или тематической карты, записанной в определенном формате, обеспечивающим ее хранение, редактирование и воспроизведение.

Технология сбора цифровой информации о контурах базируется на обработке ортофотоплана с одновременным дешифрированием и семантическим кодированием объектов. При сборе применяется классификатор объектов и связанные с ним библиотеки топографических условных знаков и шрифтов, используемые при создании и обновлении топокарт и планов соответствующих масштабов. В процессе сбора цифровой информации происходит наполнение базы топографических данных.

Содержание и качество цифровых топографических карт (ЦТК) и планов (ЦТП) проверяются по показателям:

- полнота информации;
- точность;
- правильность идентификации объектов;
- логическая согласованность структуры и представления объектов;
- согласование информации.

Цифровые топографические карты (планы) должны содержать все объекты, соответствующие их масштабу и состоянию картографируемого района работ.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

Объекты ЦТК (ЦТП) должны принадлежать одному из элементов содержания, предусмотренных действующими нормативно-техническими документами. Созданный номенклатурный лист (НЛ) ЦТК (ЦТП) в качестве обязательной структурной единицы должен иметь паспорт, содержащий справочные данные. Правильность заполнения паспорта карты имеет большое значение в процессе создания и обновления топографических карт.

Паспорт электронной карты – это общие данные о листе карты (масштаб, проекция, система координат, прямоугольные и геодезические координаты углов листа и т.д.). [6] Топологическая связанность объектов на карте зависит от заданных параметров, которые прописываются в паспорте карты (см. Приложение А).

Метрика и количественные характеристики объектов должны быть представлены с точностью, соответствующей требованиям, предусмотренным действующими нормативными документами для данного масштаба карты.

Информация об объектах в составе созданного НЛ ЦТК (ЦТП) и смежных с ним листов, а также с ЦТК (ЦТП) смежного масштаба должна иметь полное согласование в части метрики и семантики. Составленный оригинал карты (плана) должен быть сведен со смежными листами карт (планов) того же или более крупного масштаба, создаваемыми одновременно или составленными ранее. Если для старой карты (плана) была использована система координат, отличающаяся от принятой в данных работах, то координаты всех объектов старой цифровой карты (плана) предварительно преобразовываются в нужную систему. Такая операция должна быть проведена на весь район картографирования. Одновременно корректируется цифровая информация о рамках номенклатурных листов, координатной сетке и других элементах математической основы карт (планов). При сводке проверяют сходимость в положении всех элементов содержания. Расхождения в положении контуров и предметов местности с четкими очертаниями не должны превышать в масштабе карты (плана):

- 1,0 мм – в равнинных и всхолмленных районах;
- 1,5 мм – в горных и высокогорных районах;

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

- для прочих контуров расхождения не должны быть более 2 мм.

Для графических оригиналов средние погрешности в положении на карте (плане) предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек планового съемочного обоснования, выраженные в масштабе создаваемой карты (плана), не должны превышать:

- 0,5 мм – при создании карт (планов) равнинных, всхолмленных и пустынных районов с преобладающими уклонами местности до 6°;
- 0,7 мм – при создании карт и планов горных и высокогорных районов. [1]

При создании планов капитальной и многоэтажной застройки предельные погрешности во взаимном положении точек близлежащих важных контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) не должны превышать 0,4 мм. Если предусмотренная выше точность положения на плане предметов и контуров местности не требуется, топографические планы могут создаваться с точностью смежного более мелкого масштаба.

Средние расхождения в плановом положении общих точек смежных маршрутов не должны быть более 0,5 мм в масштабе карты (плана).

Технология обновления ЦТК предполагает приведение контурной части содержания карты в полное соответствие со снимками нового залета и устранение обнаруженных отдельных ошибок в изображении форм рельефа. Непременным условием успешного выполнения процессов создания и обновления ЦТК и ЦТП является проведение системы организационно технических и технологических мер, направленных на контроль качества создаваемых ЦТК и исправление их содержания в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду картографической продукции. Технология контроля качества цифровых карт и планов включает этап нахождения ошибок и этап их исправления в автоматическом, интерактивном и ручном режимах.

Технологическая цепочка создания ЦТК и ЦОФП приведена в Приложении Б.

3.4 Обзор геоинформационного программного обеспечения, используемого для задач кадастра

Для решения вышеперечисленных задач прямо или косвенно используются геоинформационные системы (ГИС), цифровые фотограмметрические системы (ЦФС), специальные геодезические программы.

Программы отличаются по своим функциональным возможностям, назначению. Выделяют основные категории:

- профессиональные;
- настольные;
- вьюеры.

Одна из основных функций ГИС – создание и использование цифровых (электронных) карт, атласов и других картографических произведений.

Использование определенных видов ПО вошло в традицию в некоторых отраслях. Например, для составления кадастровых планов и геодезических работ очень часто используют MapInfo и AutoCAD, в геологии для картографических работ – ArcView и ArcGIS.

Для ведения картографических баз данных земельных информационных систем используют ГИС MapInfo (разработчик Pitney Bowes). Эта система позволяет отображать различные данные, имеющие пространственную привязку, и относится к классу настольных ГИС.

Отличительная особенность MapInfo – универсальность в применении и поддержке почти всех существующих программно-аппаратных платформ и низкие аппаратные требования.

Возможности системы следующие:

- анализ данных в реляционной базе;
- поиск географических объектов;
- тематическая закрашка карт;
- создание и редактирование легенд карт;
- поддержка широкого набора форматов данных;

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

- доступ к удаленным БД и распределенная обработка данных.

MapInfo позволяет получать информацию о местоположении по адресу или имени, находить пересечение улиц, границ. Форма представления информации в системе может иметь вид таблиц, карт, диаграмм, текстовых справок.

Система дает возможность проводить специальный географический анализ и графическое редактирование, при этом система команд и сообщения представляется как на русском языке, так и на других языках. Модули системы включают обработку данных геодезических измерений, векторизацию и архивацию карт, схем, чертежей, преобразования картографических проекций, совмещение пространственных данных.

Системой MapInfo поддерживается около 150 картографических проекций за счет возможности преобразования картографических проекций и создания пользовательских проекций, интеграции растра в вектор и вектора поверх растра, поддержания ввода со сканера и систем GNSS.

Еще одна достаточно распространенная ГИС отечественного разработчика ЗАО «КБ «Панорама» ГИС «ПАНОРАМА» – это система управления базами данных электронных карт, предназначенная для создания и обновления векторных, растровых и матричных карт, использования их для решения широкого круга прикладных задач, а так же для разработки приложений.

Система позволяет осуществлять:

- ведение картографической базы данных;
- ведение атрибутивной (семантической) базы данных;
- установление и поддержание связей между картографическими объектами и атрибутивными базами данных;
- ведение классификаторов и справочников;
- формирование и вывод отчетных, аналитических и презентационных материалов;

Также данная ГИС содержит систему учета и регистрации землепользователей (СУРЗ), позволяющая осуществлять ведение баз данных:

- земельных участков с их основными свойствами;
- реестр землевладений;
- владельцев земельных участков;
- реестр землепользователей;
- реестр земельных отношений.

Одной из распространенных геодезических программ является CREDO_DAT, разработчиком которого является фирма СП «КРЕДО-ДИАЛОГ». Система позволяет выполнить камеральную обработку наземных геодезических измерений и результатов постобработки спутниковых измерений разных классов точности в выбранной системе координат с возможностью учета модели геоида и комплекса редуцированных поправок. Кроме того, в системе выполняются разнообразные геодезические построения. В системе обеспечивается импорт данных из большинства существующих электронных тахеометров, выполняется строгое уравнивание наземных и спутниковых измерений, возможно проектирование по растровой подложке, реализован развитый инструмент анализа и поиска грубых ошибок плановых и высотных измерений.

Еще один пример программы, разработанной для геодезических измерений – Leica Geo Office (LGO). LGO – это программа для обработки данных измерений со множеством функций. Программа обеспечивает возможность управления, визуализации, обработки, импорта и экспорта данных, собранных GPS/ГЛОНАСС приемниками, тахеометрами и нивелирами. Также поддерживается интерфейс с другими программными продуктами. Анализ и обработка данных осуществляется отдельно или совместно. Программа основана на интуитивном графическом интерфейсе Windows с многозадачной средой, что делает ее очень простой в изучении и использовании.

В программе можно использовать следующие функции:

- Управление данными. Различные компоненты управления данными проекта, системы координат, спутниковые антенны, шаблоны для создания отчетов

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

и многое другое делают логичными все преобразования и предельно простыми ваши отчетные материалы;

- Настраиваемый импорт и экспорт данных. Импорт данных можно осуществлять с карт памяти напрямую из инструментов, а также из текстовых файловых или через сеть. Экспорт результатов вместе с кодами и атрибутами точек, линий и других объектов можно выполнять в любые программы CAD, GIS и другие картографические системы;

- Визуализация и редактирование. Различные графические инструменты и другие вспомогательные функции дают возможность редактирования любой точки, линии и т.п.

Также среди геоинформационных систем особое место занимают цифровые фотограмметрические станции.

INPHO – это полнофункциональная фотограмметрическая система для всех стандартных задач в цифровом фотограмметрическом проекте, включая геокодирование, создание ЦМР, ортотрансформирование и стереоскопическую оцифровку. Разработчиком является компания «Trimble». Программные модули системы могут использоваться как идеально сбалансированные самостоятельные решения или как гибко настраиваемые компоненты, которые легко встраиваются в фотограмметрический рабочий процесс. Система поддерживает широкий спектр цифровых данных, включая сканированные аэрофотоснимки, данные, получаемые с цифровых авиационных камер и с различных космических аппаратов ДЗЗ.

Основным преимуществом фотограмметрической системы INPHO является строгое математическое моделирование для достижения наивысшей точности обработки, а также четко выстроенный рабочий процесс и высокая степень автоматизации для достижения наивысшей производительности.

Цифровая фотограмметрическая система PHOTOMOD (разработчиком является компания «Ракурс») позволяет решать весь спектр задач от сбора данных для построения сетей фототриангуляции до создания трехмерных моделей местности.

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

PHOTOMOD может использоваться как локальная полнофункциональная цифровая фотограмметрическая станция, распределенная сетевая среда для реализации больших проектов, дополнительные рабочие места к имеющимся фотограмметрическим системам для выполнения наиболее трудоемких процессов.

Достоинства системы:

- замкнутый технологический цикл получения всех видов конечной продукции: ЦМР, 3D-векторов, ортофотопланов, цифровых карт без использования других программных продуктов;
- автоматизация фотограмметрических процессов;
- гибкая модульная конфигурация, позволяющая подобрать оптимальную комплектацию продуктов PHOTOMOD для решения тех или иных задач;
- распределенная сетевая среда для реализации больших проектов.

Ключевые характеристики:

- поддержка различных типов съемочных систем;
- широкий набор обменных форматов, обеспечивающий совместимость с другими фотограмметрическими и геоинформационными системами;
- поддержка большого числа систем координат, а также возможность задания собственной системы координат;
- контроль качества на всех стадиях технологического процесса;
- различные способы стереонаблюдения.

Также в настоящее время используются специальные геодезические калькуляторы. Одной из таких программ является PHOTOMOD GeoCalculator, разработчиком которого является «Ракурс». Она предназначена для пересчёта координат из одной системы координат в другую.

В процессе инсталляции программы PHOTOMOD GeoCalculator устанавливается база данных систем координат, необходимая для работы с данной программой.

При первом запуске программы возникает окно выбора базы данных систем координат, в котором необходимо указать папку, содержащую нужную базу

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

данных. После можно производить пересчет координат из/в WGS-84, СК-42, СК-95, ПЗ-90.

Вышеперечисленные геоинформационные системы создаются для разного назначения. На каждом этапе производства геодезических, фотограмметрических и картографических работ возникают свои ошибки, которые программы могут по-разному интерпретировать, несмотря на то, что системы координат должны быть прописаны одинаково.

Выводы по разделу три

Таким образом, на сегодняшний день выполняется множество работ в геоинформационных программах. Фотограмметрическим и картографическим работам предъявляются свои требования по созданию ортофотопланов и цифровых топографических планов и карт. Также вышеперечисленные материалы являются основой для ведения кадастров, поэтому точность при создании вышеперечисленных документов играет важную роль.

Для каждого вида работ на каждом этапе производства топографо-геодезических работ используется свое программное обеспечение, которое может повлиять на результаты определения координат, поэтому может возникнуть несоответствие преобразований координат в разных геоинформационных программах и, тем самым, вызвать разницу в пересчетах координат в разных программах.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ВЕДЕНИЯ КАДАСТРА

4.1 Требования к точности определения координат характерных точек границ земельных участков

Одной из задач государственного кадастра недвижимости является решение проблемы пространственной фиксации земельных участков различной формы собственности и целевого назначения. С этой целью в системах ведения кадастра для работы с пространственно-координированными данными составляются де-журные кадастровые карты в геоинформационных программах.

Большой проблемой является то, что проекты создания геоинформационных систем отличаются большим разнообразием. [31]

Изначально была недооценена важность пространственных данных и функций геоинформационных систем для решения задач кадастра. Пространственные данные имели вторичный характер по сравнению с техническими и правовыми характеристиками. В связи с этим возникала недооценка требований к точности позиционирования и взаимному положению (топологии) участков.

В соответствии с Приказом Министерства экономического развития РФ от 1 марта 2016 г. № 90 «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», устанавливаются следующие требования к точности определения координат характерных точек границ земельных участков, устанавливаемых для разных категорий земель, описанных в таблице 4. [30] Нижеприведенные точности должны учитываться при обработке данных в случае использования программного обеспечения для решения указанных задач.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Таблица 4 – Значения точности определения координат характерных точек границ земельных участков

№ п/п	Категория земель и разрешенное использование земельных участков	СКП мест-ия хар-ых точек, не более, м
1	Земельные участки, отнесенные к землям населенных пунктов	0,10
2	Земельные участки, отнесенные к землям сельскохозяйственного назначения и предоставленные для ведения личного подсобного, дачного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства	0,20
3	Земельные участки, отнесенные к землям сельскохозяйственного назначения, за исключением земельных участков, указанных в пункте 2	2,50
4	Земельные участки, отнесенные к землям промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, землям обеспечения космической деятельности, землям обороны, безопасности и землям иного специального назначения	0,50
5	Земельные участки, отнесенные к землям особо охраняемых территорий и объектов	2,50
6	Земельные участки, отнесенные к землям лесного фонда, землям водного фонда и землям запаса	5,00
7	Земельные участки, не указанные в пунктах 1 – 6	2,50

4.2 Способы преобразований систем координат

Одним из важнейших критериев точности оценки описания систем координат является правильность описания переходов, формул, программ в геоинформационном программном обеспечении.

На сегодняшний день в геоинформационном программном обеспечении множество способов преобразований координат.

Обзор способов преобразований систем координат:

- **Способ Гельмерта.** Для преобразования координат пункта из одной системы отсчета в другую чаще всего применяют формулы преобразования Гельмерта по семи параметрам (три параметра взаимного линейного ориентирования, три параметра углового взаимного ориентирования и масштабный множитель, учитывающий разницу в расстояниях на поверхностях эллипсоидов). Данный способ является итерационным. Окончательная точность зависит в большей степени от точности линейных элементов взаимного ориентирования референц-эллипсоидов. В последние годы геодезические службы ряда стран выполнили дополнительные наблюдения с целью определения с высокой точностью величин 7 параметров.

- **Способ 10 параметров (Молоденский-Бадекас).** В способе Гельмерта вращение по осям происходит относительно точки начала координат. В способе преобразования координат 10 параметрами точка вращения координат выбирается из соображения достижения максимальной точности преобразования. Поэтому по сравнению со способом Гельмерта здесь число параметров увеличивается на три. В силу этих причин, точность вычисления преобразованных координат способом 10 параметров выше, нежели способом Гельмерта. Применяется он главным образом для преобразования координат на территории одного государства, использующего у себя сразу несколько геодезических систем или переходящего к использованию новой. Точность преобразования координат способом 10 параметров достигает несколько сантиметров.

- **Способ 14 параметров.** Данный способ используется для вычисления координат в рамках одной и той же геодезической глобальной геоцентрической

системы. Такие общепринятые геодезические системы как WGS-84, ITRS время от времени подвергаются переуравниванию, в результате чего у них заново с высокой точностью вычисляются все 7 параметров для преобразования координат способом Гельмерта при переходе от одной версии к последующей. Если же необходимо вычислить координаты на текущий момент времени, относящийся к промежутку времени между эпохами уравнивания, то используются ещё 7 параметров, которые представляют собой скорости изменения за год основных 7 параметров. Точность преобразования по способу 14 параметров достигает нескольких миллиметров.

- Способ трёх параметров Молоденского. Использование способа трёх параметров Молоденского предполагает, что оси декартовых координат геодезических систем параллельны. До создания спутниковых радионавигационных систем, когда технологии применения высокоточных способов преобразования координат не были развиты, такое предположение не вызывало критики. В последние годы интерес к этому способу утрачен. Однако им можно пользоваться для работ на ограниченной территории.

- Способ Молоденского. Академик М.С. Молоденский разработал и опубликовал в 1960 году сравнительно простой и высокоточный способ преобразования координат. Способ Молоденского состоит в вычислении поправок ΔB , ΔL , ΔH , которые следует алгебраически сложить с координатами B_1 , L_1 , H_1 , чтобы получить искомые координаты B_2 , L_2 , H_2 . Способ Молоденского обеспечивает высокую точность и просто реализуется на персональных компьютерах, поскольку представляет собой алгоритм прямого вычисления, хотя и требует повышенной разрядности. По простоте вычислительных процедур способ Молоденского намного превосходит способ Гельмерта при том, что ненамного уступает ему в точности. Существуют ограничения, при использовании способа Молоденского. Первое ограничение не позволяет применять его в приполярных районах. Второе ограничение связано с тем, что не всегда известны геодезические высоты H_1 для местных геодезических систем, а без значения геодезической высоты невозможно рассчитать ΔB и ΔL .

						<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			53

- Дифференциальные формулы преобразования. Они используют семь параметров преобразования и относятся к точным аналитическим способам. Дифференциальные формулы призваны для расчёта поправок в угловых секундах к геодезической широте, к геодезической долготе, а также поправки в метрах к геодезической высоте при преобразовании координат геодезической системы 2 в координаты геодезической системы 1. Методическая точность приведенных формул составляет несколько миллиметров. Окончательная точность, естественно, зависит от точности величин параметров преобразования и от разрядности вычислений.

- Специальный способ преобразования. Этот способ был разработан отечественными геодезистами для перехода от системы Пулково-42 к ПЗ-90. Данный способ является итерационным. Специальный способ преобразования представляет собой усеченные дифференциальные формулы без учета углов разворота осей и масштабного множителя.

- Приближённый способ Молоденского. В отечественной практике преобразования координат получили развитие так называемые приближённые формулы академика Молоденского, которые являются упрощёнными формулами более строгого решения, изложенного выше. Приближённый способ Молоденского, несомненно, проще с точки зрения вычислительных процедур и не уступает в точности другим способам. Поэтому его можно смело применять при плавании в открытом море и с осторожностью при плавании вблизи берегов на больших удалениях от антенн опорных приемников станций дифференциальных GNSS. В расчетах поправок к широте и к долготе геодезическая высота участия уже не принимает. Поэтому, с одной стороны, эти формулы удобны тем, что для практических расчетов вполне можно ограничиться первыми двумя поправками. С другой стороны, отсутствие геодезической высоты в расчетах ΔB и ΔL говорит о загроублении точности.

- Регрессионный способ. Он был разработан для применения на ограниченных территориях. Этот способ относится к способам вычисления

					120700.2017.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

поправок и не требует знаний о линейных и угловых элементах взаимного ориентирования референц-эллипсоидов. Конкретные уравнения, разработанные на основе регрессионного подхода, уже учитывают взаимное расположение центров и осей референц-эллипсоидов. Точность регрессионного способа зависит от площади охватываемой территории и количества станций, на которых производятся определение точных координат в двух геодезических системах. Чем меньше площадь и чем чаще расположены станции, тем точнее вычисляются коэффициенты регрессионных уравнений для вычисления поправок. В последние годы интерес к регрессионному способу преобразования координат снижается.

- Стандартный способ Молоденского. Данный способ представляет собой модификацию изложенного выше способа академика М.С. Молоденского. Модифицированный способ Молоденского получил за рубежом самое широкое применение. Более того, геодезические службы Министерства обороны США применяют этот способ в качестве официального для расчета поправок при переходе от местных геодезических систем к WGS-84. Формулы справедливы для широт не более 89° . Предполагается, что элементы, входящие в формулы стандартного способа Молоденского, есть результат вычитания из координат центра эллипсоида WGS-84 координат центра местного референц-эллипсоида. Формулы стандартного способа Молоденского составлены при предположении, что необходимо преобразовать координаты карты в координаты системы WGS-84.

Наиболее часто встречаемыми в использовании в ГИС являются способы Гельмерта и Молоденского.

4.3 Описание элементов преобразований государственными стандартами

Преобразования систем координат должны выполняться согласно установленным государством правилам. Они должны быть едины для всех отечественных геоинформационных систем при выполнении картографических, топографических и кадастровых работ. На сегодняшний день три стандарта описывают переход между эллипсоидальными и референсными системами координат, которые содержат информацию о формулах преобразований

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

используемых систем координат: ГОСТ Р 51794-2001, ГОСТ Р 51794-2008 и ГОСТ 32453-2013. Они содержат информацию о формулах и параметрах преобразований между следующими системами: СК-42, ПЗ-90, СК-95, WGS-84. При этом, прямой связи между СК-42 и СК-95 нет. Следует отметить, что в данных ГОСТ нет информации о связи других систем с новой ГСК-2011. Геодезические работы и преобразования в ГИС должны основываться на действующем ГОСТ 32453-2013. Надо исследовать, учитывают ли данный факт разработчики программного обеспечения. В вышеперечисленных документах установлены следующие формулы преобразований и значения параметров. Различия этих параметров можно посмотреть в таблице 5.

Таблица 5 – Значения параметров разных ГОСТ для различных преобразований систем координат

Вид преобразования	Пар-р	ГОСТ Р 51794-2001	ГОСТ Р 51794-2008	ГОСТ 32453-2013
Преобразование координат из референцной Системы координат 42 года в систему ПЗ-90 (90.02)	ΔX	25±2 м	23.93 м	23.93 м
	ΔY	-141±2 м	-141.03 м	-141.03 м
	ΔZ	-80±3 м	-79.98 м	-79.98 м
	ω_x	0.00"±0.1"	0"	0"
	ω_y	-0.35"±0.1"	-0.35"	-0.35"
	ω_z	-0.66"±0.1"	-0.79"	-0.79"
	m	(0.00±0.25)*10 ⁻⁶	-0.22×10 ⁻⁶	-0.22×10 ⁻⁶
Преобразование координат из референцной Системы координат 1995 года в систему ПЗ-90 (90.02)	ΔX	25.90 м	24.83 м	24.83 м
	ΔY	-130.94 м	-130.97 м	-130.97 м
	ΔZ	-81.76 м	-81.74 м	-81.74 м
	ω_x	-	0"	0"
	ω_y	-	0"	0"
	ω_z	-	-0.13"	-0.13"
	m	-	-0.22×10 ⁻⁶	-0.22×10 ⁻⁶

Окончание таблицы 5

Преобразование координат из системы координат ПЗ-90.02 в систему WGS-84	ΔX	Не описан	-0.36 м	-0.36 м
	ΔY		0.08 м	0.08 м
	ΔZ		0.18 м	0.18 м
	ω_x		0"	0"
	ω_y		0"	0"
	ω_z		0"	0"
	M		0	0
Преобразование координат из системы координат ПЗ-90 в систему WGS-84	ΔX	-1.08±2 м	-1.10 м	-1.10 м
	ΔY	-0.27±0.2 м	-0.30 м	-0.30 м
	ΔZ	-0.90±0.3 м	-0.90 м	-0.90 м
	ω_x	0"	0"	0"
	ω_y	0"	0"	0"
	ω_z	-0.16"±0.01"	0.20"±0.01	0.20"±0.01
	M	$(0.12±0.06) \times 10^{-6}$	-0.12×10^{-6}	-0.12×10^{-6}
Преобразование координат из системы координат ПЗ-90.02 в систему ПЗ-90	ΔX	Не описан	1.07 м	1.07 м
	ΔY		0.03 м	0.03 м
	ΔZ		-0.02 м	-0.02 м
	ω_x		0"	0"
	ω_y		0"	0"
	ω_z		0.13"	0.13"
	m		-0.22×10^{-6}	-0.22×10^{-6}

где

ΔX – смещение по оси X;

ΔY – смещение по оси Y;

ΔZ – смещение по оси Z;

ω_x – угловой элемент трансформирования по оси X;

ω_y – угловой элемент трансформирования по оси Y;

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ω_z – угловой элемент трансформирования по оси Z;

m – масштабный множитель;

Исходя из таблицы, можно сделать вывод, что ГОСТ Р 51794-2008 и ГОСТ 32453-2013 имеют одинаковые формулы преобразований и параметров перехода, поэтому информацию о пересчетах систем координат из ГОСТ Р 51794-2008 можно считать актуальной. Программа PHOTOMOD GeoCalculator дает возможность проанализировать, по какому ГОСТ проводится преобразование координат в геоинформационной системе, в экспериментах она будет использоваться.

4.4 Используемое программное обеспечение для исследований преобразований координат

В процессе экспериментов разницы пересчетов систем координат различных геоинформационных систем были использованы следующие программные продукты:

- ГИС Карта 2008 (версия 10.7.7);
- ГИС Карта 2011 (версия 11.12.6.);
- ЦФС PHOTOMOD Lite 64;
- MapInfo 7.8;
- CREDO_ТРАНСКОР;
- PHOTOMOD GeoCalculator;

Также для получения ортофотопланов использовалась программа SAS Planet. Эксперименты проводились в СК-42, СК-95, WGS-84, МСК-74.

4.5 Эксперимент 1. Преобразование координат в различных зонах проекции Гаусса-Крюгера из системы координат СК-42 в СК-95 в отечественных ГИС

Согласно существующим ГОСТ, прямого преобразования между системами координат СК-42 и СК-95 не существует. Может создаться впечатление, что СК-42 и СК-95 – это две равноценные системы координат, и переходить между ними

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

нужно по единым параметрам преобразования координат. Однако, в СК-42 не одинакова по точности в различных частях РФ, и ошибки на востоке могут достигать 20 метров. СК-95 – не только новая, но и более совершенная система координат, свободная от ошибок СК-42. Значит, для перехода из одной системы в другую не достаточно единого набора параметров преобразования. [32]

Такое формальное преобразование координат из одной прямоугольной системы (пространственной или плоской) в другую прямоугольную систему, может привести к погрешностям трансформирования, превосходящим и точность спутниковых измерений, и точность ранее созданных классических геодезических построений. Исходя из вышесказанного, корректный переход из одной системы координат в другую является простой теоретической, но, в то же время, сложной проблемой.

Однако, ГИС формально позволяют выполнить данное преобразование. Современные программные продукты позволяют значительно упростить обработку геодезических данных, но полученную точность и возможные ошибки в процессе обработки всегда нужно учитывать.

4.5.1 Технология проведения эксперимента 1

Чтобы исследовать, как программы соотносят между собой системы СК-42 и СК-95 в разных зонах проекции Гаусса-Крюгера, были выполнены следующие действия:

- 1) создание карт в ГИС Карта 2011 и PHOTOMOD Lite в 9, 11, 14 и 17 зонах в СК-42;
- 2) выбор точек в вышеперечисленных зонах с одинаковыми координатами (отличие только в первых цифрах координаты «Y», которая означает номер зоны);
- 3) пересчет этих координат из СК-42 в СК-95 в ГИС Карта 2011, PHOTOMOD Lite;
- 4) анализ полученных результатов.

Для исследования были использованы точки в СК-42 со следующими координатами (Таблица 6 – Координаты использованной точки в эксперименте 1).

						<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			59

Таблица 6 – Координаты использованной точки в эксперименте 1

Зона	Координаты точки №1 в СК-42	
	X, м	Y, м
9	6114679.22	9397243.26
11	6114679.22	11397243.26
14	6114679.22	14397243.26
17	6114679.22	17397243.26

4.5.2 Результаты эксперимента 1

Таблица 7 – Результаты преобразований координат точек в СК-95 в ГИС Карта 2011 и PHOTOMOD Lite

Зона Программа	Полученные координаты точки №1 в СК-95		Разница в коор-те X, м	Разница в коор-те Y, м	Разница по 2м коор-там
	X, м	Y, м			
9					
ГИС Карта 2011	6114679.97	9397242.39	0.43	0.00	0.43
PHOTOMOD Lite	6114679.54	9397242.39			
11					
ГИС Карта 2011	6114682.66	11397243.24	0.3	0.11	0.32
PHOTOMOD Lite	6114682.36	11397243.13			
14					
ГИС Карта 2011	6114686.47	14397245.46	0.15	0.17	0.23
PHOTOMOD Lite	6114686.32	14397245.29			
17					
ГИС Карта 2011	6114689.58	17397248.61	-0.09	0.16	0.19
PHOTOMOD Lite	6114689.67	17397248.44			

4.5.3 Анализ эксперимента 1

При пересчете в разных отечественных ГИС и их версиях координат из СК-42 в СК-95 были выявлены следующие особенности:

- при удалении запад-восток уменьшается разница пересчета в программных продуктах;
- наибольшая разница наблюдается в 9 зоне – 0.43 м;
- несмотря на отсутствие параметров преобразования координат в ГОСТ между СК-42 и СК-95, выполнить данное преобразование можно.

Таким образом, при пересчете данных из СК-42 в СК-95 в разных ГИС наблюдается разница. Для обработки кадастровой информации использование преобразований в ГИС в этих системах не рекомендуется из-за того, что для некоторых категорий земель (согласно таблице 4) эта разница будет существенной.

Для создания мелко- и среднемасштабных карт данная разница не будет влиять на результаты работ.

4.6 Эксперимент 2. Преобразование координат в различных зонах проекции Гаусса-Крюгера из системы координат СК-42 в WGS-84 в отечественных ГИС

При переходе от одной системы координат к другой используются формулы пересчета и параметры перехода. При пересчете таких систем координат как СК-42, СК-95, WGS-84, ПЗ-90 в ГИС результаты не должны иметь существенные отличия между собой.

4.6.1 Технология проведения эксперимента 2

Чтобы исследовать, каким образом выполняются преобразования разными программными комплексами точек с одними и теми же координат в разных зонах проекции Гаусса-Крюгера, были выполнены следующие действия:

- 1) создание карт в ГИС Карта 2008, ГИС Карта 2011 и PHOTOMOD Lite в 9, 11, 14 и 17 зонах в СК-42;

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

2) выбор двух точек в вышеперечисленных зонах с одинаковыми координатами (отличие только в первых цифрах координаты «Y», которая означает номер зоны);

3) пересчет этих координат из СК-42 в WGS-84 в ГИС Карта 2008, ГИС Карта 2011, PHOTOMOD Lite, PHOTOMOD GeoCalculator с возможностью выбора ГОСТ (Приложение В);

4) анализ полученных результатов.

Для эксперимента были использованы точки в СК-42 со следующими координатами (Таблица 8 – Координаты использованных точек в эксперименте 2 и в эксперименте 3).

Таблица 8 – Координаты использованных точек в эксперименте 2 и в эксперименте 3

Зона	Координаты точки №1 в СК-42		Координаты точки №2 в СК-42	
	Х, м	У, м	Х, м	У, м
9	6114679.22	9397243.26	6166666.66	9466665.66
11	6114679.22	11397243.26	6166666.66	11466665.66
14	6114679.22	14397243.26	6166666.66	14466665.66
17	6114679.22	17397243.26	6166666.66	17466665.66

Также при пересчете координат во всех исследуемых ГИС используемых точек из прямоугольных в географические не было выявлено никакой разницы (таблица 9).

Таблица 9 – Пересчет координат точек из прямоугольных в географические

Зона	Географические координаты точки №1 при пересчете из СК-42		Географические координаты точки №1 при пересчете из СК-42	
	B	L	B	L
9	55°8'42.44"	49°23'18.28"	55°37'17.73"	50°28'15.23"
11	55°8'42.44"	61°23'18.28"	55°37'17.73"	62°28'15.23"
14	55°8'42.44"	79°23'18.28"	55°37'17.73"	80°28'15.23"
17	55°8'42.44"	97°23'18.28"	55°37'17.73"	98°28'15.23"

4.6.2 Результаты эксперимента 2

Таблица 10 – Результаты преобразований координат точки №1 из СК-42 в WGS-84

Зона	Программа	Полученные координаты точки №1 в WGS-84		Разница в координате В	Разница в координате L
		В	L		
9					
	ГИС Карта 2008	55°8'43.25"	49°23'12.50"	0'0.00"	0'0.00"
	ГИС Карта 2011	55°8'43.25"	49°23'12.50"	-0'0.03"	-0'0.01"
	PHOTOMOD Lite	55°8'43.22"	49°23'12.51"	0'0.03"	0'0.01"
	ГИС Карта 2008	55°8'43.25"	49°23'12.50"		
11					
	ГИС Карта 2008	55°8'43.86"	61°23'13.65"	0'0.00"	0'0.00"
	ГИС Карта 2011	55°8'43.86"	61°23'13.65"	-0'0.02"	0'0.01"
	PHOTOMOD Lite	55°8'43.84"	61°23'13.66"	0'0.03"	0'0.00"
	ГИС Карта 2008	55°8'43.86"	61°23'13.65"		
14					
	ГИС Карта 2008	55°8'44.55"	79°23'15.80"	0'0.01"	0'0.00"
	ГИС Карта 2011	55°8'44.54"	79°23'15.80"	-0'0.01"	0'0.01"
	PHOTOMOD Lite	55°8'44.53"	79°23'15.81"	0'0.02"	-0'0.01"
	ГИС Карта 2008	55°8'44.55"	79°23'15.80"		
17					
	ГИС Карта 2008	55°8'44.54"	97°23'17.99"	0'0.34"	0'0.28"
	ГИС Карта 2011	55°8'44.88"	97°23'18.27"	-0'0.01"	0'0.02"
	PHOTOMOD Lite	55°8'44.87"	97°23'18.29"	0'0.33"	-0'0.33"
	ГИС Карта 2008	55°8'44.54"	97°23'17.99"		

Таблица 11 – Результаты преобразований координат точки №2 из СК-42 в WGS-84

Зона Программа	Полученные координаты точки № 2 в WGS-84		Разница в координате B	Разница в координате L
	B	L		
9				
ГИС Карта 2008	55°37'18.63"	50°28'9.47"	0'0.00"	0'0.00"
ГИС Карта 2011	55°37'18.63"	50°28'9.47"	-0'0.03"	-0'0.00"
PHOTOMOD Lite	55°37'18.60"	50°28'9.47"	0'0.03"	0'0.00"
ГИС Карта 2008	55°37'18.63"	50°28'9.47"		
11				
ГИС Карта 2008	55°37'19.24"	62°28'10.66"	-0'0.01"	0'0.00"
ГИС Карта 2011	55°37'19.23"	62°28'10.66"	-0'0.02"	0'0.01"
PHOTOMOD Lite	55°37'19.21"	62°28'10.66"	0'0.03"	0'0.00"
ГИС Карта 2008	55°37'19.24"	62°28'10.66"		
14				
ГИС Карта 2008	55°37'19.90"	80°28'12.86"	0'0.00"	0'0.00"
ГИС Карта 2011	55°37'19.90"	80°28'12.86"	-0'0.02"	0'0.01"
PHOTOMOD Lite	55°37'19.88"	80°28'12.87"	0'0.02"	-0'0.01"
ГИС Карта 2008	55°37'19.90"	80°28'12.86"		
17				
ГИС Карта 2008	55°37'19.87"	98°28'15.08"	0'0.35"	-0'0.29"
ГИС Карта 2011	55°37'20.22"	98°28'15.37"	-0'0.01"	0'0.02"
PHOTOMOD Lite	55°37'20.21"	98°28'15.39"	-0'0.34"	-0'0.31"
ГИС Карта 2008	55°37'19.87"	98°28'15.08"		

Таблица 12 – Пересчет координат точек программой PHOTOMOD GeoCalculator

Зона	Пересчет координат программой PHOTOMOD GeoCalculator (ГОСТ 51794-2001) в WGS-84		Пересчет координат программой PHOTOMOD GeoCalculator (ГОСТ 51794-2008) в WGS-84	
Пересчет координат точки № 1				
	B	L	B	L
9	55°8'43.25"	49°23'12.51"	55°8'43.25"	49°23'12.50"
11	55°8'43.84"	61°23'13.66"	55°8'43.86"	61°23'13.65"
14	55°8'44.54"	79°23'15.80"	55°8'44.54"	79°23'15.81"
17	55°8'44.88"	97°23'18.27"	55°8'44.87"	97°23'18.29"
Пересчет координат точки № 2				
9	55°37'18.60"	50°28'9.475"	55°37'18.63"	50°28'9.47"
11	55°37'19.21"	62°28'10.66"	55°37'19.24"	62°28'10.66"
14	55°37'19.88"	80°28'12.87"	55°37'19.90"	80°28'12.86"
17	55°37'20.21"	98°28'15.39"	55°37'20.22"	98°28'15.37"

4.6.3 Анализ эксперимента 2

При пересчете в разных отечественных ГИС и их версиях координат из СК-42 в WGS-84 были выявлены следующие особенности:

- при удалении зоны от нулевого меридиана возрастает разница преобразований в ГИС;
- максимальная разница составила 0'0.35" (от 4 до 8 м);
- ГИС Карта 2011 пересчитывает согласно ГОСТ 51794-2008;
- PHOTOMOD Lite пересчитывает согласно ГОСТ 51794-2001.

Данное исследование показывает, что при описании западных регионов России координаты пересчитываются более точно и однозначно, нежели в восточных. Для второй точки погрешность составила более 4 метров, а в вопросах ведения кадастра эта разница является принципиальной для некоторых категорий земель (см. таблицу 4).

Небольшая разница (сотые секунд), которая наблюдается при пересчете 9, 11 и даже 14 зоны может объясняться разными подходами к округлению координат в ГИС.

Эксперимент показал, в ГИС Карта 2011 координаты пересчитываются согласно формулам преобразований, описанных в последнем действующем ГОСТ, а в PHOTOMOD Lite – по устаревшему, поэтому в следующих экспериментах из двух версий программ «Панорамы» будут использоваться результаты пересчетов в ГИС Карта 2011.

4.7 Эксперимент 3. Преобразование координат в различных зонах проекции Гаусса-Крюгера из системы координат СК-42 в WGS-84 в зарубежной программе MapInfo

В настоящее время помимо отечественных ГИС активно используются зарубежные. Одной из популярных программ при ведении кадастра является MapInfo. Если отечественные производители руководствуются отечественным ГОСТ (см. главу 4.6), то зарубежные могут использовать иные способы преобразования координат, вследствие чего могут возникать различия.

Программа MapInfo 7.8 позволяет прописать параметры систем координат вручную. В данном эксперименте будет проведено 3 пересчета координат: первый – согласно параметрам, записанным программой, второй – согласно прописанным параметрам по ГОСТ через систему ПЗ-90 и третий – согласно прописанным параметрам по ГОСТ через систему ПЗ-90.02. Датумы ПЗ-90 и ПЗ-90.02 используются, потому что прямого перехода между СК-42 и WGS-84 нет. [9]

4.7.1 Технология проведения эксперимента 3

Чтобы исследовать, как программа MapInfo 7.8 пересчитывает точки с одними и теми же координаты в разных зонах разными методами, были выполнены следующие действия:

- 1) создание карт в 9, 11, 14 и 17 зонах в СК-42;

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

- 2) выбор 2х точек в вышеперечисленных зонах с одинаковыми координатами (отличие только в первых цифрах координаты "Y", которая означает номер зоны);
- 3) пересчет этих координат из СК-42 в WGS-84 согласно параметрам программы;
- 4) пересчет этих координат из СК-42 через датум ПЗ-90 согласно прописанным параметрам актуального ГОСТ в геодезические WGS-84;
- 5) пересчет этих координат из СК-42 через датум ПЗ-90.02 согласно прописанным параметрам актуального ГОСТ в геодезические WGS-84;
- 6) сравнение полученных данных с результатами преобразований в ГИС Карта 2011;
- 7) анализ полученных результатов.

Для того, чтобы прописать нужные параметры (согласно актуальному ГОСТ), нужно изменить документ формата *.prj в структуре MapInfo 7.8 (Приложение Г).

Для эксперимента были использованы точки в СК-42 с такими же координатами, как в эксперименте 2 (см. Таблицу 8 – Координаты использованных точек в эксперименте 2 и в эксперименте 3).

4.7.2 Результаты эксперимента 3

Результаты эксперимента приводятся в таблицах 13, 14, 15 и 16. В них представлены пересчитанные координаты двух точек в разных зонах из СК-42 в WGS-84. В таблицах 13 и 14 приведены преобразования точек с помощью программы MapInfo 7.8 через исходные параметры и с прописанными через датум ПЗ-90, а также приводится их сравнение с результатами преобразований в ГИС Карта 2011 (см. главу 4.6 – Эксперимент 2).

В таблицах 15 и 16 приведены преобразования точек с помощью программы MapInfo 7.8 через исходные параметры и с прописанными через датум ПЗ-90.02, а также приводится их сравнение с результатами преобразований в ГИС Карта 2011.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
						67
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 13 – Результаты преобразований координат точки №1 из СК-42 в WGS-84 в MapInfo (с исходными параметрами и прописанными через ПЗ-90)

Зона Программа	Полученные координаты точки №1 в WGS-84		Разница в координате В	Разница в координате L
	В	L		
9				
ГИС Карта 2011	55°8'43.25"	49°23'12.50"	-0'0.22"	0'0.34"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'43.03"	49°23'12.84"	0'0.20"	-0'0.32"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°8'43.23"	49°23'12.52"	0'0.02"	-0'0.02"
ГИС Карта 2011	55°8'43.25"	49°23'12.50"		
11				
ГИС Карта 2011	55°8'43.86"	61°23'13.65"	-0'0.38"	0'0.27"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'43.48"	61°23'13.92"	0'0.39"	-0'0.24"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°8'43.85"	61°23'13.68"	0'0.01"	-0'0.03"
ГИС Карта 2011	55°8'43.86"	61°23'13.65"		
14				
ГИС Карта 2011	55°8'44.54"	79°23'15.80"	-0'0.60"	0'0.00"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'43.94"	79°23'15.80"	0'0.61"	0'0.04"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°8'44.53"	79°23'15.84"	0'0.01"	-0'0.04"
ГИС Карта 2011	55°8'44.54"	79°23'15.80"		
17				
ГИС Карта 2011	55°8'44.88"	97°23'18.27"	-0'0.79"	-0'0.22"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'44.09"	97°23'18.05"	0'0.78"	0'0.27"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°8'44.87"	97°23'18.32"	0'0.01"	-0'0.05"
ГИС Карта 2011	55°8'44.88"	97°23'18.27"		

Таблица 14 – Результаты преобразований координат точки №2 из СК-42 в WGS-84 в MapInfo (с исходными параметрами и прописанными через датум ПЗ-90)

Зона Программа	Полученные координаты точки №2 в WGS-84		Разница в координате В	Разница в координате L
	В	L		
9				
ГИС Карта 2011	55°37'18.63"	50°28'9.47"	-0'0.24"	0'0.36"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'18.39"	50°28'9.83"	0'0.22"	-0'0.34"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°37'18.61"	50°28'9.49"	0'0.02"	-0'0.02"
ГИС Карта 2011	55°37'18.63"	50°28'9.47"		
11				
ГИС Карта 2011	55°37'19.23"	62°28'10.66"	-0'0.39"	0'0.28"
MapInfo 7.8. (пар.: программы)	55°37'18.84"	62°28'10.94"	0'0.38"	-0'0.25"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°37'19.22"	62°28'10.69"	0'0.01"	-0'0.03"
ГИС Карта 2011	55°37'19.23"	62°28'10.66"		
14				
ГИС Карта 2011	55°37'19.90"	80°28'12.86"	-0'0.61"	0'0.08"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'19.29"	80°28'12.94"	0'0.60"	-0'0.04"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°37'19.89"	80°28'12.90"	0'0.01"	-0'0.04"
ГИС Карта 2011	55°37'19.90"	80°28'12.86"		
17				
ГИС Карта 2011	55°37'20.22"	98°28'15.37"	0'0.78"	-0'0.22"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'19.42"	98°28'15.15"	-0'0.79"	0'0.28"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90)	55°37'20.21"	98°28'15.43"	0'0.01"	-0'0.06"
ГИС Карта 2011	55°37'20.22"	98°28'15.37"		

Таблица 15 – Результаты преобразований координат точки №1 из СК-42 в WGS-84 в MapInfo (с исходными параметрами и прописанными через ПЗ-90.02)

Зона Программа	Полученные координаты точки №1 в WGS-84		Разница в координате В	Разница в координате L
	В	L		
9				
ГИС Карта 2011	55°8'43.25"	49°23'12.50"	-0'0.22"	0'0.34"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'43.03"	49°23'12.84"	0'0.20"	-0'0.36"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°8'43.23"	49°23'12.48"	0'0.02"	0'0.02"
ГИС Карта 2011	55°8'43.25"	49°23'12.50"		
11				
ГИС Карта 2011	55°8'43.86"	61°23'13.65"	-0'0.38"	0'0.27"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'43.48"	61°23'13.92"	0'0.38"	-0'0.29"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°8'43.86"	61°23'13.63"	0'0.00"	0'0.02"
ГИС Карта 2011	55°8'43.86"	61°23'13.65"		
14				
ГИС Карта 2011	55°8'44.54"	79°23'15.80"	-0'0.60"	0'0.00"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'43.94"	79°23'15.80"	0'0.60"	-0'0.01"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°8'44.54"	79°23'15.79"	0'0.00"	0'0.01"
ГИС Карта 2011	55°8'44.54"	79°23'15.80"		
17				
ГИС Карта 2011	55°8'44.88"	97°23'18.27"	-0'0.79"	-0'0.22"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°8'44.09"	97°23'18.05"	0'0.79"	0'0.22"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°8'44.88"	97°23'18.27"	-0'0.00"	0'0.00"
ГИС Карта 2011	55°8'44.88"	97°23'18.27"		

Таблица 16 – Результаты преобразований координат точки №2 из СК-42 в WGS-84 в MapInfo (с исходными параметрами и прописанными через ПЗ-90.02)

Зона Программа	Полученные координаты точки №2 в WGS-84		Разница в координате В	Разница в координате L
	В	L		
9				
ГИС Карта 2011	55°37'18.63"	50°28'9.47"	-0'0.24"	0'0.36"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'18.39"	50°28'9.83"	0'0.24"	-0'0.38"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°37'18.63"	50°28'9.45"	0'0.00"	0'0.02"
ГИС Карта 2011	55°37'18.63"	50°28'9.47"		
11				
ГИС Карта 2011	55°37'19.23"	62°28'10.66"	-0'0.39"	0'0.28"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'18.84"	62°28'10.94"	0'0.38"	-0'0.25"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°37'19.24"	62°28'10.64"	-0'0.01"	0'0.02"
ГИС Карта 2011	55°37'19.23"	62°28'10.66"		
14				
ГИС Карта 2011	55°37'19.90"	80°28'12.86"	-0'0.61"	0'0.08"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'19.29"	80°28'12.94"	0'0.61"	-0'0.09"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°37'19.90"	80°28'12.85"	0'0.00"	0'0.01"
ГИС Карта 2011	55°37'19.90"	80°28'12.86"		
17				
ГИС Карта 2011	55°37'21.22"	98°28'15.37"	0'0.2"	-0'0.22"
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	55°37'19.42"	98°28'15.15"	0'0.80"	0'0.22"
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	55°37'20.22"	98°28'15.37"	0'0.00"	0'0.00"
ГИС Карта 2011	55°37'20.22"	98°28'15.37"		

4.7.3 Анализ эксперимента 3

При пересчете координат из СК-42 в WGS-84 с помощью программы MapInfo 7.8 разными способами (а именно с использованием исходных параметров программы и с использованием параметров, прописанных в ГОСТ) и их сравнением с результатами пересчета, полученные в ГИС Карта 2011 в эксперименте 3 были выявлены следующие особенности:

- максимальная разница между пересчитанными координатами в MapInfo составляет 0'0.80" (20-25 метров);
- работая с прописанными параметрами из ГОСТ, разница в пересчетах составляет сотые секунд и практически совпадает с результатами, полученными в ГИС Карта 2011, взятой за эталон сравнения (эксперимент 2);
- максимальная разница результатов преобразований (относительно ГИС Карта 2011), проведенных через датум ПЗ-90.02, составляет 0'0.02";
- максимальная разница результатов преобразований (относительно ГИС Карта 2011), проведенных через датум ПЗ-90, составляет 0'0.06";
- при преобразованиях координат через параметры ПЗ-90.02 разница с ГИС Карта 2011 меньше, чем через параметры ПЗ-90;
- параметры пересчета, прописанные в MapInfo 7.8 перед использованием их в работе, нужно проверять, и, если есть необходимость, прописывать их вручную.

Исходя из результатов, параметры преобразований систем координат в MapInfo 7.8 отличаются от параметров, прописанных в ГОСТ, вследствие чего могут возникнуть расхождения при преобразованиях координат, которые могут быть принципиальны для геодезических, кадастровых работ. Такие параметры нужно обязательно проверять перед использованием программного комплекса для работы.

Параметры ГОСТ дают усредненные значения на большие территории. Для высокоточных работ этого недостаточно, но для ведения кадастра эта разница допустима.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

4.8 Эксперимент 4. Преобразование координат из СК-42 в МСК-74 в отечественных и зарубежных ГИС

Для ведения кадастра в настоящее время используются местные системы координат кадастровых округов. В Челябинском кадастровом округе используется местная система координат МСК-74, которая включает в себя 3 зоны в трехградусной проекции Гаусса-Крюгера.

В СК-42 Челябинская область располагается в 10 и 11 зоне шестиградусной проекции Гаусса-Крюгера, поэтому при выборе координат в этой системе для эксперимента карты будут создаваться именно в этих зонах.

4.8.1 Технология проведения эксперимента 4

Чтобы исследовать, как различные программы (MapInfo 7.8, ГИС Карта 2011) пересчитывают координаты из государственной системы в местную (из СК-42 в МСК-74), были выполнены следующие действия:

- 1) создание карт в 10, 11 зонах в СК-42;
- 2) выбор пяти точек в вышеперечисленных зонах с координатами в СК-42, которые попадают на территорию Челябинской области (две точки попадают в первую зону МСК-74, две – во вторую, одна – в третью);
- 3) пересчет этих координат из СК-42 в МСК-74 в ГИС Карта 2011;
- 4) пересчет этих координат из СК-42 в МСК-74 в MapInfo с исходными параметрами;
- 5) пересчет этих координат из СК-42 в МСК-74 с прописанными параметрами через datum ПЗ-90.02 актуальному ГОСТ;
- 6) сравнение полученных данных между собой;
- 7) анализ полученных результатов.

Для того, чтобы прописать нужные параметры, нужно изменить документ формата *.prj в структуре MapInfo 7.8 (Приложение Д).

Координаты использованных точек в СК-42 обозначены в таблице 17.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

Таблица 17 – Координаты использованных точек в СК-42 в исследовании 4

Номер точки, №	X, м	Y, м
1	5973659.68	10646366.59
2	5917391.38	10630943.77
3	6132969.12	11406919.77
4	6110864.41	11393298.68
5	6031381.98	11484178.12

4.8.2 Результаты эксперимента 4

Результаты эксперимента отражены в таблицах 18, 19 и 20 для каждой из зон в МСК-74.

Таблица 18 – Пересчет координат из 10 зоны СК-42 в первую зону МСК-74 (МСК-74(1)) в ГИС Карта 2011, MapInfo 7.8 (с исходными параметрами и прописанными через датум ПЗ-90.02)

Номер точки, № Программа	Полученные координаты точек в МСК-74(1), м		Разница вычисленных координат, м
	X	Y	
1			
ГИС Карта 2011	462607.59	1378399.62	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	462607.59	1378399.62	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	462607.59	1378399.62	0.00
ГИС Карта 2011	462607.59	1378399.62	
2			
ГИС Карта 2011	406579.03	1362164.07	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	406579.03	1362164.07	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	406579.03	1362164.07	0.00
ГИС Карта 2011	406579.03	1362164.07	

Таблица 19 – Пересчет координат из 11 зоны СК-42 во вторую зону МСК-74 (МСК-74(2)) в ГИС Карта 2011, MapInfo 7.8 (с исходными параметрами и прописанными через датум ПЗ-90.02)

Номер точки, № Программа	Полученные координаты точек в МСК-74(2), м		Разница вычисленных координат, м
	X	Y	
3			
ГИС Карта 2011	622689.50	2331797.08	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	622689.50	2331797.08	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	622689.50	2331797.08	0.00
ГИС Карта 2011	622689.50	2331797.08	
4			
ГИС Карта 2011	600212.20	2318805.97	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	600212.20	2318805.97	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	600212.20	2318805.97	0.00
ГИС Карта 2011	600212.20	2318805.97	

Таблица 20 – Пересчет координат из 11 зоны СК-42 в третью зону МСК-74 (МСК-74(3)) в ГИС Карта 2011, MapInfo 7.8 (с исходными параметрами и прописанными через датум ПЗ-90.02)

Номер точки, № Программа	Полученные координаты точек в МСК-74(3), м		Разница вычисленных координат, м
	X	Y	
5			
ГИС Карта 2011	522691.38	3217080.70	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: программы)	522691.38	3217080.70	0.00
MapInfo 7.8 (пар.: ПЗ.90.02)	522691.38	3217080.70	0.00
ГИС Карта 2011	522691.38	3217080.70	

4.8.3 Анализ эксперимента 4

При пересчете координат из СК-42 в МСК-74 с помощью программы MapInfo 7.8 и ГИС Карта 2011 разными способами (а именно с использованием исходных параметров программы и с использованием параметров, прописанных ГОСТ) и их сравнением были выявлена следующая особенность:

- результаты пересчетов совпадают с точностью до сотых метров во всех программах.

Исходя из результатов, параметры датумов и выбор способа преобразования не отразились на пересчетах местных систем координат. Это позволяет проводить кадастровые работы в данной программе с достаточно высокой точностью. Причина таких результатов – взаимосвязь местных систем координат с СК-42. Местные системы координат образованы от СК-63, которые, в свою очередь были образованы от СК-42. Во всех этих системах использовался один референц-эллипсоид – Красовского.

4.9. Эксперимент 5. Влияние геопривязки на результаты обработки данных в геоинформационных системах

Ортофотопланы и топографические планы (карты) являются основой для кадастровых работ. Наряду с разными методами топографической съёмки основным методом создания топографических, земельно-кадастровых планов и карт на значительные площади является аэрофототопографический.

Для решения различного уровня задач в области реализации земельной политики государства ортофотопланы в качестве картографической основы уже активно используют многие организации и ведомства. От точности привязки ортофотоплана зависит и точность выполненных работ, в т.ч кадастровых.

4.9.1 Технология проведения эксперимента 5

Этапы эксперимента:

- 1) выгрузка геопривязанных ортофотопланов из программы SAS Planet;
- 2) создание в ГИС Карта 2008 и ГИС Карта 2011 карт в СК-42 в 7, 11 и 18 зонах;

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

- 3) загрузка ортофотопланов в карты в соответствующие зоны, их трансформирование;
- 4) выбор точек для исследований;
- 5) снятие координат с выбранных точек в ГИС Карта 2008 и ГИС Карта 2011 в СК-42;
- 6) пересчет этих точек в ГИС Карта 2008 и ГИС Карта 2011 в WGS-84;
- 7) загрузка ортофотопланов в ЦФС PHOTOMOD Lite, снятие плоских прямоугольных координат в СК-42 и геодезических в WGS-84;
- 8) анализ полученных результатов.

4.9.2 Результаты эксперимента 5

В 7ой зоне была взята 1 точка (г. Москва), в 11 зоне – 3 точки (г. Челябинск) и в 18 зоне – 1 точка (г. Иркутск). С помощью программ были проведены пересчеты этих точек из СК-42 в WGS-84. В таблицах 21, 22, 23 даны результаты пересчетов в ГИС с разными привязками.

Таблица 21 – Результаты интерпретации растров в ГИС Карта 2008 с различной геопривязкой

Номер точки, № Геопривязка	X	Y	Разница координат, м
Точка №1 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6114909.50	11396865.86	41,50
ГИС Карта 2011	6114907.65	11396907.22	
Точка №2 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6132969.10	11406888.49	114,80
ГИС Карта 2011	6132968.80	11407002.56	
Точка №3 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6110865.76	11393298.66	31.30
ГИС Карта 2011	6110864.23	11393330.22	

Окончание таблицы 21

Точка №4 (7 зона)			
ГИС Карта 2008	6181929.84	7413635.60	6,80
ГИС Карта 2011	6181929.00	7413642.07	
Точка №5 (18 зона)			
ГИС Карта 2008	5792818.02	18451160.49	10,13
ГИС Карта 2011	5792818.06	18451170.60	

Таблица 22 – Результаты интерпретации растров в ГИС Карта 2011 с разной геопривязкой

Номер точки, № Геопривязка	X	Y	Разница координат, м
Точка №1 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6114907.65	11396907.22	2,70
ГИС Карта 2011	6114909.53	11396866.11	
Точка №2 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6132969.12	11406888.44	31,40
ГИС Карта 2011	6132968.93	11406919.77	
Точка №3 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6110864.41	11393305.46	6,70
ГИС Карта 2011	6110865.80	11393298.68	
Точка №4 (7 зона)			
ГИС Карта 2008	6181929.91	7413635.58	2,90
ГИС Карта 2011	6181929.03	7413638.24	
Точка №5 (18 зона)			
ГИС Карта 2008	5792818.02	18451160.49	4,78
ГИС Карта 2011	5792817.57	18451161.50	

Таблица 23 – Результаты интерпретации растров в PHOTOMOD Lite с различной геопривязкой

Геопривязка	X	Y	Разница координат, м
Точка №1 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6114909.33	11396865.83	
ГИС Карта 2011	6114907.25	11396907.25	41,47
Точка №2 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6132968.50	1140688.75	
ГИС Карта 2011	6132968.90	11407002.55	114,11
Точка №3 (11 зона)			
ГИС Карта 2008	6110865.87	11393298.62	
ГИС Карта 2011	6110864.38	11393330.22	31,63
Точка №4 (7 зона)			
ГИС Карта 2008	6181929.75	7413635.56	
ГИС Карта 2011	6181928.75	7413642.31	6,82
Точка №5 (18 зона)			
ГИС Карта 2008	5792818.02	18451160.49	
ГИС Карта 2011	5792817.57	18451161.49	9,48

Для более наглядного представления отличий интерпретации геопривязки разных ГИС разница координат занесена в отдельную таблицу 24.

Таблица 24 – Разница координат в ГИС по геопривязке

Программа \ Номер точки, №	1	2	3	4	5
ГИС Карта 2011	2,7	31,40	6,70	2,86	4,78
ГИС Карта 2008	41,5	114,80	31,30	6,80	10,13
PHOTOMOD Lite	41,47	114,11	31,63	6,82	9,48

4.9.3 Анализ эксперимента 5

В ходе исследования интерпретации геопривязки различными программными продуктами были выявлены следующие особенности:

- на одном ортофотоплане точность привязки может быть неодинакова;
- ГИС Карта 2008 и PHOTOMOD Lite имеют небольшую разницу между собой (максимальная разница – 0.35 м) и сильно отличаются от результатов ГИС Карта 2011;
- в ГИС Карта 2011 различия между по-разному геопривязанными растрами существенно меньше;
- наибольшая разница составила почти 115 м.

Эксперимент показал, что при создании основы для задач ведения кадастра важную роль играет и геопривязка ортофотопланов. В зависимости от ее точности, координаты конкретного пиксела может интерпретироваться по-разному, а в зависимости от программы, обрабатывающей растры, эта разница может как увеличиваться, так и уменьшаться.

4.10 Эксперимент 6. Сравнение преобразования координат точки из СК-42 в WGS-84 в программном обеспечении, предназначенном для картографических, кадастровых, фотограмметрических и геодезических работ

При производстве топографо-геодезических, кадастровых, фотограмметрических работ часто приходится иметь дело со всеми данными, например, для проверки соответствия данных о границ земельных участков (результат кадастровых работ) с результатом трансформирования снимка (результат фотограмметрических работ).

В данном эксперименте будет использовано еще одно геоинформационное программное обеспечение – CREDO_ТРАНСКАР, используемое в геодезических работах.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

4.10.1 Технология проведения эксперимента 6

Чтобы исследовать, как программы разного назначения пересчитывают координаты одной и той же точки, были выполнены следующие действия:

1) создание карты в разных программных комплексах в СК-42;

2) выбор точки со следующими координатами:

$$X = 6113609.999,$$

$$Y = 11396927.000;$$

3) пересчет этих координат из СК-42 в WGS-84 согласно в разных программах согласно параметрам, прописанным вручную (для MapInfo) и исходным;

4) сравнение полученных результатов между собой;

5) анализ полученных результатов.

4.10.2 Результаты эксперимента 6

Таблица 25 – Результаты преобразований точки с координатами в СК-42 в WGS-84

Программа Координаты	B	L
CREDO_ТРАНСПОР	55°08'09.07"	61°22'57.20"
PHOTOMOD GeoCalculator	55°08'09.0662"	61°22'57.1985"
ГИС Карта 2011	55°08'09.0662"	61°22'57.1986"
MapInfo (пар.: исходные)	55°08'08.6839"	61°22'57.4717"
MapInfo (пар.: через ПЗ-90)	55°08'09.0495"	61°22'57.2286"
MapInfo (пар.: через ПЗ-90.02)	55°08'09.0672"	61°22'57.1836"

4.10.3 Анализ эксперимента 6

Результаты преобразования показывают, что ГИС, предназначенная для обработки геодезической информации пересчитывает координаты точки согласно действующему ГОСТ и хорошо согласуется со следующими программами: ГИС Карта 2011, MapInfo (с прописанными параметрами через

ПЗ-90.02). За эталон проводимых работ в случае, если вообще нет больше никаких способов проверки соответствия точки координатам, надо использовать геодезическое программное обеспечение или непосредственно данные геодезических полевых работ.

Выводы по разделу четыре

Таким образом, было проведено 6 экспериментов, которые отражают особенности преобразований координат в каждой программе в разных системах координат, а также интерпретацию геопривязки различными ГИС. Для проведения экспериментов были использованы программы, разработанные для разнообразных видов работ (геодезических, фотограмметрических, картографических и кадастровых). Эксперименты проводились как в программах с открытым кодом, так и в частично открытых и закрытых. Это дало возможность оценить целесообразность самостоятельного изменения параметров преобразования систем координат.

Эксперименты показали, что при пересчетах координат из СК-42 в WGS-84 большое значение на результаты оказывает выбор датума. Некоторые устаревшие версии программ могут не учитывать этот факт, в результате чего будет возникать разница преобразований в разном программном обеспечении.

Также, преобразования координат в используемом программном комплексе следует проверять в программе PHOTOMOD GeoCalculator, который позволяет, к тому же, оценить, согласно какому ГОСТ прописаны параметры перехода от одной системы координат к другой. Это дает возможность пользователю проанализировать целесообразность использования того или иного геоинформационного программного обеспечения.

При реализации кадастровых ГИС выявляются многочисленные недостатки существующего картографического материала. Поэтому практически на каждом масштабном уровне актуальна задача привлечения современных технологий для создания или обновления соответствующих карт и планов. Одним из наиболее эффективных и недорогих методов построения модели местности является

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

использование данных дистанционного зондирования. Поэтому, от точности их привязки будет зависеть точность выполняемых кадастровых работ.

Таким образом, при использовании программного обеспечения различного назначения особенности описания систем координат должны быть обязательно учтены в работе с пространственными данными.

					120700.2017.382 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПЕЦИФИКЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В ходе выполнения исследований преобразований координат, были выявлены следующие особенности:

- в разных зонах проекции Гаусса-Крюгера программы пересчитывают с неодинаковой разницей;
- ГИС Карта 2011 пересчитывает согласно ГОСТ 51794-2008;
- PHOTOMOD Lite пересчитывает согласно ГОСТ 51794-2001;
- максимальная разница между пересчитанными координатами в MapInfo составляет 0'0.80" (12-25 м);
- результаты пересчетов местных систем координат из СК-42 совпадают с точностью до сотых метров во всех программах из-за изначальной взаимосвязи МСК и СК-42.

При использовании исследуемого программного обеспечения стоит руководствоваться следующими принципами:

- прописанные в MapInfo 7.8 параметры пересчета перед использованием в работе, нужно проверять, и, если есть необходимость, прописывать их вручную;
- картографические работы рекомендуется выполнять в ГИС Карта 2011;
- правильность преобразований координат в соответствии с действующим ГОСТом в любых ГИС стоит проверять в программе PHOTOMOD GeoCalculator;
- трансформирование космического снимка к проекции не устроит в ГИС Карта 2008 и PHOTOMOD Lite при необходимости проведения работ, точность которых превышает точность мелкомасштабного картографирования;
- местные системы координат хорошо согласуются с СК-42 в MapInfo 7.8 и ГИС Карта 2011.

Для каждого вида работ рекомендуется использовать программное обеспечение, которое для него разработано, учитывая возможные ошибки описания координат в различных версиях программного обеспечения.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

Для геодезических работ следует использовать специальные геодезические программы (CREDO_ТРАНСКОР, LGO и др.). Координаты точек, снятые полевым методом считаются наиболее точными и в случае отсутствия других способов проверки рекомендуется использовать их и соответствующее программное обеспечение. Расхождения, которые были отмечены при преобразованиях координат в экспериментах, описанных в главах 4.5, 4.6, 4.7 являются недопустимыми при проведении высокоточных геодезических работ.

Для фотограмметрических работ следует использовать цифровые фотограмметрические системы (PHOTOMOD, INPHO и др.). При этом, нужно использовать ту версию программ, где учитываются параметры преобразования действующего отечественного ГОСТ. Допустимые расхождения при создании цифровых ортофотопланов определяются, в первую очередь, масштабом. Так, при создании ортофотопланов масштабов 1:500 – 1:10000 разница в преобразованиях координат будет недопустима, а для создания ортофотопланов для дальнейшего цифрования и создания карт мелкого масштаба разница будет не принципиальна.

Для картографических работ следует использовать ГИС, предназначенные для картографирования (ArcView, ArcGIS, ППК «Нева», ГИС Карта – продукты «Панорама»). Допустимые расхождения при создании карт и планов определяются, в первую очередь, масштабом. Так, при создании планов масштабов 1:500 – 1:10000 разница в преобразованиях координат будет недопустима, а для создания карт мелкого масштаба разница будет не принципиальна.

Для кадастровых работ следует использовать ГИС, позволяющие не только отображать объекты, но иметь возможность ввода необходимой для кадастра информации. Распространенными программами для ведения кадастровых работ являются MapInfo, АРМ кадастрового инженера (разработчик «КБ «Панорама»). При ведении кадастровых работ должна учитываться категория земель и среднеквадратическая погрешность характерных точек земельных участков. При том, как показали исследования, местные системы координат Челябинского кадастрового округа описаны достаточно точно и преобразования из МСК в СК-42 согласуются между собой в таких программах, как ГИС Карта 2011 и MapInfo,

						<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			85

главным образом из изначальной взаимосвязи между собой. Если же при производстве топографо-геодезических работ, понадобится представлять данные кадастрового учета, например, в геоцентрической системе WGS-84, то при неправильном или неподходящем для конкретной территории описание датума программы могут показывать существенную разницу в преобразованиях.

Все пересчитанные координаты в разных программах нужно проверять, например, специальным приложением PHOTOMOD GeoCalculator, тогда можно оценить, насколько точно конкретная программа пересчитывает координаты, а в случае, если нечего брать за эталон, следует руководствоваться данными полевых съемок.

Выводы по разделу пять

Таким образом, геодезические, фотограмметрические, картографические и кадастровые работы взаимосвязаны между собой.

Если в работе используется программное обеспечение с открытым кодом, то в случае некорректно введенных первоначальных параметров, у пользователя есть возможность их исправить.

Использование программного обеспечения различного назначения может быть причиной возникновения разницы преобразований координат и перед его использованием в работе нужно всегда учитывать возможную разницу между пересчетами координат.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы ставилась цель – выявить особенности описания систем координат в ГИС-программах. Для этой цели было проведено 6 экспериментов, которые отражают специфику описания систем координат в программных комплексах.

Перед началом проведения экспериментов был изучен теоретический аспект описания систем координат в геоинформационном программном обеспечении. Как показывают исследования, от выбора систем координат, картографических проекций и датумов зависят результаты пересчетов в геоинформационных системах. После каждого исследования проведен анализ причин, из-за которых может возникнуть разница в выходных данных, а также даны рекомендации о целесообразности использования программного обеспечения по каждому из основных видов работ, связанных с пространственной информацией.

Было выдвинуто предположение: некорректное отражение систем координат в геоинформационном программном обеспечении может быть причиной возникновения ошибок при выполнении преобразований координат. Так, например, программы позволяют пересчитать системы СК-42 и СК-95, несмотря на отсутствие параметров преобразования координат в ГОСТ. В эксперименте разница таких преобразований в разных программах составила около 0.4 м. Разница преобразований координат в некоторых программах из СК-42 в WGS-84 достигает 25 метров, но при возможности исправлять параметры преобразований вручную, данную разницу можно свести до минимума.

В случае эксперимента с описанием местных систем координат, результаты в преобразованиях между СК-42 и МСК-74 в разном программном обеспечении совпадают с точностью до сотых метров.

Таким образом, исходя из проведенных экспериментов в разных программных комплексах следует, что предположение о некорректном отражении систем координат является верным.

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов: нормативно-технический документ / И.Т. Антипов, П.В. Беликов, Г.А. Зотов, Ю.И. Кучинский, Е.Я. Лужбина, А.П. Михайлов, С.С. Нехин; под ред. С.С. Нехина. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.
2. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11): справочный документ 2014. – 52 с.
3. Демьянов Г.В. Местные системы координат. Существующие проблемы и пути их решения. / Г.В. Демьянов, А.Н. Майоров, Г.Г. Побединский // Геопрофи. – 2009. – Вып. 2. – С. 52–57.
4. Горобец В.П. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат. / Горобец В.П., Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. // Геопрофи. – 2013. – Вып. 6. – с. 4–9.
5. Геоинформационные системы: учебное пособие / Ю.С. Ананьев, О.В. Крылов, Г.А. Сысолятина, А.Н. Орехов; под ред. Ю.С. Ананьева. – Томск: ТПУ, 2003 – 70 с.
6. Ушнова С.В, Желтко Ч.Н, Жулин Я.И.: Применение ортофотопланов при землеустройстве и земельном кадастре / С.В Ушнова // Научные труды КубГТУ – 2015. – Вып. 2. – с. 2–13
7. Геоинформационные системы: монография / В.А Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева. – Новосибирск: СГГА, 2008 – 192 с.
8. ГОСТ Р 51794-2001. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2001. – 17 с.
9. ГОСТ Р 51794-2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2008. – 20 с.

					120700.2017.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

10. ГОСТ 32453-2013. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2013. – 25 с.

11. ГОСТ Р 51353-99. Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Состав и содержание. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2000. – 8с.

12. ГОСТ Р 51833-2001. Фотограмметрия. Термины и определения. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2001. – 8с.

13. Нехин С.С. Основные проблемные вопросы перевода картографического обеспечения в систему координат ГСК-2011 / С.С, Нехин. // Вестник СГУГиТ – 2015. – Вып. 2 – №30. – С. 38–48.

14. Высшая геодезия. Системы координат и преобразования между ними: учебно-методическое пособие / сост. К.Ф. Афонин. – Новосибирск: Изд. СГГА, 2011. – 53 с.

15. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.11.2016 №1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы»

16. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.07.2000 №568 «Об установлении единых государственных систем координат»

17. Постановление Совета Министров СССР от 7.04.1946 № 760 «О введении единой системы геодезических координат и высот на территории СССР»

18. Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости»

19. Пересчет координат. – <http://kartaplus.ru/sputpos13>

20. Система координат. – https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_координат

21. Система координат, виды и классификация. – <https://geostart.ru/term2.htm>

22. О системе координат ГСК-2011. – <http://seligerlife.ru/o-системе-координат-гск-2011>

23. Математическая основа геоинформационных систем. – <https://refdb.ru/look/2793154.html>

					<i>120700.2017.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

24. Зачем и для чего нужны геоинформационные системы. – <http://orientiris.ru/index.php/cartography/4-gis/4-gis1>
25. ГИС и земельный кадастр. – <http://www.studfiles.ru/preview/6277718/>
26. Геоинформационные системы и технологии. – <http://gistechinik.ru/publik/git.html>
27. Географическая проекция и системы координат. – https://www.politerm.com/zuludoc/concept_projection.htm
28. Федеральный закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ "О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
29. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.12.2012 №1463 «О единых государственных системах координат»
30. Приказ Министерства экономического развития РФ от 1 марта 2016 г. № 90 «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»
31. Использование ГИС-технологий для ведения ГКН – http://studopedia.ru/8_18823_ispolzovanie-gis-tehnologiy-dlya-vedeniya-gkn.html
32. Преобразования координат при инженерно-геодезических изысканиях – <http://www.geoygservis.ru/publishing/preobrazovaniya-koordinat-pri-inzhenerno-geodezicheskikh-izyskaniyakh/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Паспорт карты в ГИС Карта 2011

Паспорт карты C:\Users\user\Desktop\диплом\Местные_системы_координат\11_з...

Список карт: C:\Users\user\Desktop\диплом\Местные_системы_координат\11_зона.sit
 Классификатор: C:\Users\user\Desktop\диплом\Местные_системы_координат\map2000.rsc
 Название карты: 11_зона
 Тип карты: Топографическая 42 года
 Проекция: Гаусса-Крюгера равноугольная
 Эллипсоид: Красовский 1940
 Система высот: Балтийская система высот
 Масштаб: 1 : 2 000 Территорию карты ограничивать рамкой

Хранение координат: плоские в метрах геодезические в радианах
 Точность координат: Микроны (максимум)

Постоянные проекции: Датум | Метаданные | Рамка карты |

Большая полуось: 6378245.000000 Полярное сжатие 1 : 298.300000000
 Вид преобразования: Гельмерта к ПЗ 90.02, СК 42 (ГОСТ Р 51794)

DX (м)	23.930000000	R X (секунд)	0.000000000
DY (м)	-141.030000000	R Y (секунд)	-0.350000000
DZ (м)	-79.980000000	R Z (секунд)	-0.790000000
		M (°E-6)	-0.220000000

Изменить параметры системы координат для всех карт

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

120700.2017.382 ПЗ

Лист

91

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

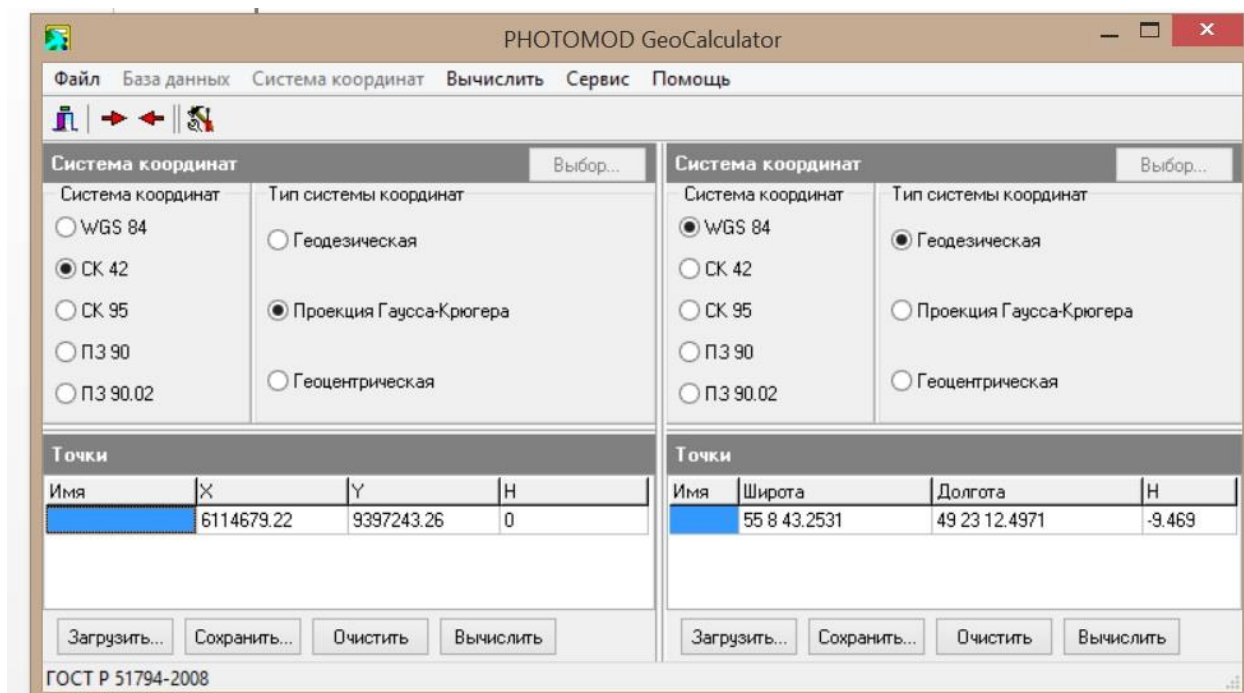
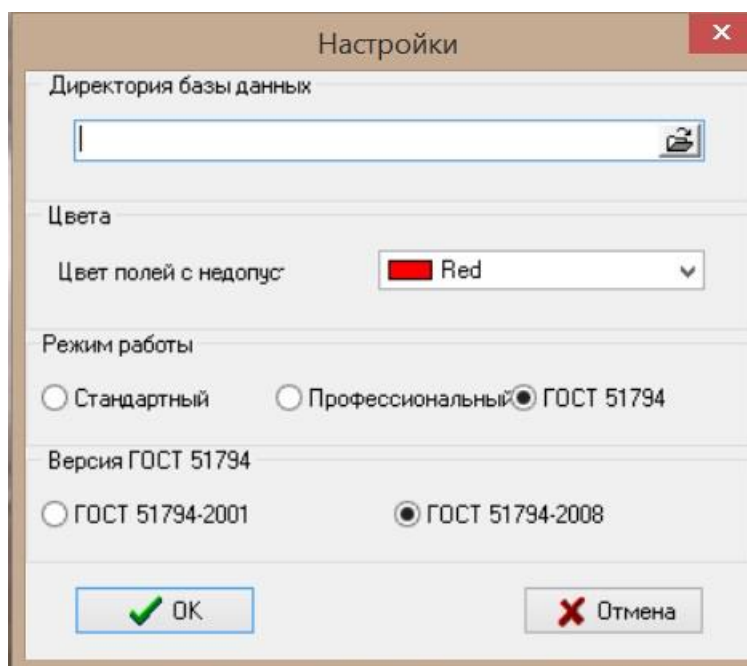
Технологическая цепочка создания ЦТК и ЦОФП



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пересчет координат в программе PHOTOMOD GeoCalculator



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Изменение вручную параметров преобразования координат для зон в СК-42 в проекции Гаусса-Крюгера в документе формата *prj в структуре MapInfo 7.8

```
MAPINFO.PRJ - Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
"GK зона 4 (DHDN)\p31494", 8, 1000, 7, 12, 0, 1, 4500000, 0
"GK зона 5 (DHDN)\p31495", 8, 1000, 7, 15, 0, 1, 5500000, 0
"--- Гаусса-Крюгера (Пулково 1942) ---"
"GK зона 1 (Пулково 1942)", 8, 1001, 7, 3, 0, 1, 1500000, 0
"GK зона 2 (Пулково 1942)", 8, 1001, 7, 9, 0, 1, 2500000, 0
"GK зона 3 (Пулково 1942)", 8, 1001, 7, 15, 0, 1, 3500000, 0
"GK зона 4 (Пулково 1942)\p28404", 8, 1001, 7, 21, 0, 1, 4500000, 0
"GK зона 5 (Пулково 1942)\p28405", 8, 1001, 7, 27, 0, 1, 5500000, 0
"GK зона 6 (Пулково 1942)\p28406", 8, 1001, 7, 33, 0, 1, 6500000, 0
"GK зона 7 (Пулково 1942)\p28407", 8, 1001, 7, 39, 0, 1, 7500000, 0
"GK зона 8 (Пулково 1942)\p28408", 8, 1001, 7, 45, 0, 1, 8500000, 0
"GK зона 9ГОСТ (Пулково 1942)\p28409", 8, 9999, 3, 23.90, -141.30, -80.90, 0, -0.35, -0.86, -0.12, 0, 7, 51, 0, 1, 9500000, 0
"GK зона 9 (Пулково 1942)\p28409", 8, 1001, 7, 51, 0, 1, 9500000, 0
"GK зона 9ГОСТ2 (Пулково 1942)\p28409", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 51, 0, 1, 9500000, 0
"GK зона 10 (Пулково 1942)\p28410", 8, 1001, 7, 57, 0, 1, 10500000, 0
"GK зона 10ГОСТ2 (Пулково 1942)\p28410", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 57, 0, 1, 10500000, 0
"GK зона 11 (Пулково 1942)\p28411", 8, 1001, 7, 63, 0, 1, 11500000, 0
"GK зона 11ГОСТ (Пулково 1942)\p28411", 8, 9999, 3, 23.90, -141.30, -80.90, 0, -0.35, -0.86, -0.12, 0, 7, 63, 0, 1, 11500000, 0
"GK зона 11ГОСТ2 (Пулково 1942)\p28411", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 63, 0, 1, 11500000, 0
"GK зона 12 (Пулково 1942)\p28412", 8, 1001, 7, 69, 0, 1, 12500000, 0
"GK зона 13 (Пулково 1942)\p28413", 8, 1001, 7, 75, 0, 1, 13500000, 0
"GK зона 14 (Пулково 1942)\p28414", 8, 1001, 7, 81, 0, 1, 14500000, 0
"GK зона 14ГОСТ (Пулково 1942)\p28414", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 81, 0, 1, 14500000, 0
"GK зона 14ГОСТ2 (Пулково 1942)\p28414", 8, 9999, 3, 23.90, -141.30, -80.90, 0, -0.35, -0.86, -0.12, 0, 7, 81, 0, 1, 14500000, 0
"GK зона 15 (Пулково 1942)\p28415", 8, 1001, 7, 87, 0, 1, 15500000, 0
"GK зона 16 (Пулково 1942)\p28416", 8, 1001, 7, 93, 0, 1, 16500000, 0
"GK зона 17 (Пулково 1942)\p28417", 8, 1001, 7, 99, 0, 1, 17500000, 0
"GK зона 17ГОСТ (Пулково 1942)\p28417", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 99, 0, 1, 17500000, 0
"GK зона 17ГОСТ2 (Пулково 1942)\p28417", 8, 9999, 3, 23.90, -141.30, -80.90, 0, -0.35, -0.86, -0.12, 0, 7, 99, 0, 1, 17500000, 0
"GK зона 18 (Пулково 1942)\p28418", 8, 1001, 7, 105, 0, 1, 18500000, 0
"GK зона 19 (Пулково 1942)\p28419", 8, 1001, 7, 111, 0, 1, 19500000, 0
"GK зона 20 (Пулково 1942)\p28420", 8, 1001, 7, 117, 0, 1, 20500000, 0
"GK зона 21 (Пулково 1942)\p28421", 8, 1001, 7, 123, 0, 1, 21500000, 0
"GK зона 22 (Пулково 1942)\p28422", 8, 1001, 7, 129, 0, 1, 22500000, 0
"GK зона 23 (Пулково 1942)\p28423", 8, 1001, 7, 135, 0, 1, 23500000, 0
"GK зона 24 (Пулково 1942)\p28424", 8, 1001, 7, 141, 0, 1, 24500000, 0
"GK зона 25 (Пулково 1942)\p28425", 8, 1001, 7, 147, 0, 1, 25500000, 0
"GK зона 26 (Пулково 1942)\p28426", 8, 1001, 7, 153, 0, 1, 26500000, 0
"GK зона 27 (Пулково 1942)\p28427", 8, 1001, 7, 159, 0, 1, 27500000, 0
"GK зона 28 (Пулково 1942)\p28428", 8, 1001, 7, 165, 0, 1, 28500000, 0
"GK зона 29 (Пулково 1942)\p28429", 8, 1001, 7, 171, 0, 1, 29500000, 0
"GK зона 30 (Пулково 1942)\p28430", 8, 1001, 7, 177, 0, 1, 30500000, 0
"GK зона 31 (Пулково 1942)\p28431", 8, 1001, 7, -177, 0, 1, 31500000, 0
"GK зона 32 (Пулково 1942)\p28432", 8, 1001, 7, -171, 0, 1, 32500000, 0
"--- Система 1942 года, 3 градусная зона ---"
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Изменение вручную параметров преобразования координат для МСК-74 в документе формата *.prj в структуре MapInfo 7.8

```
MAPINFOW.PRJ - Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
"--- Система 1963 года, 3 градусная зона, район V ---"
"1963_V3 зона 1", 8, 1001, 7, 49.0333333333, 0, 1, 1300000, -9414.70
"1963_V3 зона 2", 8, 1001, 7, 52.0333333333, 0, 1, 2300000, -9414.70
"1963_V3 зона 3", 8, 1001, 7, 55.0333333333, 0, 1, 3300000, -9414.70
"1963_V3 зона 4", 8, 1001, 7, 58.0333333333, 0, 1, 4300000, -9414.70
"1963_V3 зона 5", 8, 1001, 7, 61.0333333333, 0, 1, 5300000, -9414.70
"1963_V3 зона 6", 8, 1001, 7, 64.0333333333, 0, 1, 6300000, -9414.70
"1963_V3 зона 7", 8, 1001, 7, 67.0333333333, 0, 1, 7300000, -9414.70

"--- Система МСК-74, 3 градусная зона, район Челябинская область ---"
"МСК-74 зона 1", 8, 1001, 7, 58.0333333333, 0, 1, 1300000, -5509414.70
"МСК-74 зона 2", 8, 1001, 7, 61.0333333333, 0, 1, 2300000, -5509414.70
"МСК-74 зона 3", 8, 1001, 7, 64.0333333333, 0, 1, 3300000, -5509414.70
"МСК-74 зона 1ГОСТ", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 58.0333333333, 0, 1, 1300000, -5509414.70
"МСК-74 зона 2ГОСТ", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 61.0333333333, 0, 1, 2300000, -5509414.70
"МСК-74 зона 3ГОСТ", 8, 9999, 3, 23.57, -140.95, -79.80, 0, -0.35, -0.79, -0.22, 0, 7, 64.0333333333, 0, 1, 3300000, -5509414.70

"--- Система МСК-66, 2 градусная зона, район Свердловская область ---"
"МСК-66 зона 1", 8, 1001, 7, 60.05, 0, 1, 1500000, -5911057.628
"МСК-66 зона 2", 8, 1001, 7, 66.05, 0, 1, 2500000, -5911057.628
"МСК-66 СК Тавдинский район, Межселен", 8, 1001, 7, 60.05, 0, 1, 1500000, 11057.628
"МСК-66 СК Тавдинский район, Насел.пункт", 8, 1001, 7, 60.05, 0, 1, 3500000, 11057.628

"--- Система МСК-45, 3 градусная зона, район Курганская область ---"
"МСК-45 зона 1", 8, 1001, 7, 61.0333333333, 0, 1, 1300000, -5709414.69
"МСК-45 зона 2", 8, 1001, 7, 64.0333333333, 0, 1, 2300000, -5709414.69
"МСК-45 зона 3", 8, 1001, 7, 67.0333333333, 0, 1, 3300000, -5709414.69
"Варгашинский_Волосниково", 8, 1001, 7, 52.594345489796, 0, 0.991816203743, -819011.20, -6212206.18

"--- Система МСК-86, 6 градусная зона, район Ханты-Мансийский автономный округ - Югра ---"
"МСК-86 зона 1", 8, 1001, 7, 60.05, 0, 1, 1500000, -5811057.628
"МСК-86 зона 2", 8, 1001, 7, 66.05, 0, 1, 2500000, -5811057.628
"МСК-86 зона 3", 8, 1001, 7, 72.05, 0, 1, 3500000, -5811057.628
"МСК-86 зона 4", 8, 1001, 7, 78.05, 0, 1, 4500000, -5811057.628
"МСК-86 зона 5", 8, 1001, 7, 84.05, 0, 1, 5500000, -5811057.628
"МСК г. Лангелас", 8, 1001, 7, 75.00, 0, 1, 0, -6700000
"МСК г. Пыть-Ях", 8, 1001, 7, 72.05, 0, 1, 0, -6711057.628
"МСК г. Радужный", 8, 1001, 7, 78.05, 0, 1, 100000, -6811057.628
"МСК г. Сургут", 1008, 1001, 7, 74.9727777778, 0, 1, 106340.714, -6784243.986, 7, 0.999940169, 0, 0, 0, 0.999940169, 0
"МСК г. Мегион", 8, 1001, 7, 75.05, 0, 1, 0, -6711057.63
"МСК г. Нижневартовск", 8, 1001, 7, 78.05, 0, 1, 101975.249, -6739356.895
"МСК Нефтеюганский район", 8, 1001, 7, 72.05, 0, 1, 500000, -6011057.628
"МСК Сургутский район", 8, 1001, 7, 75, 0, 1, 500000, -6000000
"МСК г. Нягань", 8, 1001, 7, 66.05, 0, 1, 100000, -6811057.628
"МСК Нижневартовский район- до 40 м", 1008, 1001, 7, 79.9966666667, 0, 1, 499998.619, 2376.986, 7, 0.999654020, 0, 0, 0, 0.999654020, 0
"МСК г. Урай- до 0,5 м", 1008, 1001, 7, 65.9988888889, 0, 1, 116202.488, -6617365.333, 7, 0.999941070, 0, 0, 0, 0.999941070, 0
```