

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОНД»

Пособие

Применение геодезической системы координат 2011 года ГСК-2011
в геологической отрасли

Москва, 2022

Пособие разработано на основании решения всероссийского совещания «СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА, 27-29 апреля 2021 г., ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург», п.10 – Подготовить и представить на рассмотрение в НРС Роснедра *методический документ* по использованию ГСК-2011 в отрасли (для территориальных органов Роснедр и подведомственных Учреждений) на основе презентации доклада «Создание ведомственных цифровых топографических основ и использование ГСК-2011 в отрасли» (М.П. Немынов), Росгеолфонд, НРС Роснедра, 01.10.2021.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Нормативные документы по ГСК-2011.....	3
1.1. Нормативные документы Роснедр.....	4
1.2. Нормативные документы Росреестра.....	5
2. Геодезическая система координат ГСК-2011.....	6
2.1. История и особенности ГСК-2011.....	6
2.2. Важные факты при переходе с СК-42 на ГСК-2011.....	7
3. Практическое применение ГСК-2011 в отрасли.....	10
3.1. Определение (и изменение) координат угловых точек объектов.....	10
3.2. Пересчет координат объектов.....	10
3.3. Работа с пространственными данными в ГИС.....	12
4. Использование ГСК-2011 в ArcGIS.....	13
4.1. Настройка ArcGIS для использования системы координат ГСК-2011.....	13
4.2. Использование географических преобразований.....	15
4.2.1. Использование <i>разных</i> преобразований.....	17
4.2.2. Соображения по использованию разных преобразований.....	19
4.3. Использование инструмента Проецировать в ArcGIS.....	20
4.4. Создание новой системы координат проекции в ArcGIS.....	21
5. Использование в ГСК-2011 ЦТО, созданной в СК-42	24
6. Применение ГСК-2011 в работах по созданию ГГК-200.....	25
7. Вопросы (и факты) при применении ГСК-2011.....	27
8. Дополнительные материалы по ГСК-2011.....	32

1. Нормативные документы по ГСК-2011.

- 1). Постановление Правительства Российской Федерации от 28.12.2012 г. N 1463 "О единых государственных системах координат" (вступившего в силу 15.01.2013).
- 2). Постановление Правительства Российской Федерации от 24.11.2016 г. N 1240.
- 3). Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. N 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных...».
- 4). Положение о Министерстве экономического развития РФ, утв. постановлением Правительства РФ от 5 июня 2008 г. N 437.
- 5). Приказ Минэкономразвития России от 29 марта 2017 г. N 143.

Из этих основных правовых документов (и ряда других) следует, что, согласно ч. 3 ст. 5 Федерального закона от 30 декабря 2015 г. N 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных...», «выполнение геодезических и картографических работ при осуществлении... недропользования... регулируется настоящим Федеральным законом».

Кроме того, согласно ч. 2 ст. 17 указанного закона, виды специальных карт определяются Правительством Российской Федерации, а согласно Перечню видов специальных карт... – приложению к постановлению Правительства РФ от 3 декабря 2016 г. N 1298, карты геологического содержания являются одним из видов специальных карт.

Согласно ч. 3 ст. 17 указанного закона, «требования к точности, форматам представления в электронной форме специальных карт... и к используемым системам координат устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии и картографии».

Согласно п. 1 Положения о Министерстве экономического развития РФ, утв. постановлением Правительства РФ от 5 июня 2008 г. N 437, в редакции, действовавшей до 22.02.2020, таким федеральным органом являлось данное министерство.

Приказом Минэкономразвития России от 29 марта 2017 г. N 143 указанные требования были утверждены. Согласно его п. 6, «специальные карты создаются в государственных и местных системах координат».

Пунктом 1 постановления Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 "О единых государственных системах координат" (вступившего в силу 15.01.2013) в качестве единой государственной системы координат для использования при осуществлении геодезических и картографических работ была установлена геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) (взамен системы геодезических координат 1995 года (СК-95), которая была установлена ранее в том же качестве постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. N 568).

Одновременно пунктом 2 постановления N 1463 было установлено, что «система геодезических координат 1995 года (СК-95)... и единая система геодезических координат

1942 года (СК-42)... применяются до 1 января 2017 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием».

В дальнейшем взамен постановления N 1463 Правительством Российской Федерации было издано постановление от 24 ноября 2016 г. N 1240, п. 1 которого воспроизвел положения п. 1 постановления N 1463, а п. 4 этого постановления продлил применение СК-42 и СК-95 при выполнении геодезических и картографических работ до 1 января 2021 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

Таким образом, с 1 января 2021 года:

- В качестве *государственной системы координат* для использования при осуществлении геодезических и картографических работ (выполняемых не в интересах обороны) может применяться только *система координат ГСК-2011*.
- К *международным* относится система координат *WGS-84*, применяемая в глобальной навигационной спутниковой системе GPS (США).
- Географические координаты как результат *геодезических и картографических работ* (определение угловых точек лицензий, участков недр, ...) могут создаваться в таких системах координат как: *ГСК-2011, WGS-84, локальных и местных* (но не СК-42, СК-95).
- *Специальные карты* (коими являются геологические) создаются в государственных и местных системах координат – *ГСК-2011 или МСК*:
 - Создание и издание Государственных Геологических Карт (ГГК).
 - Создание и ведение ГИС-проектов с картами геологического содержания распределенного и нераспределенного фонда недр по УВС, месторождений полезных ископаемых, и др.)

Что касается лицензий на пользование недрами - включение в них специальной карты не предусмотрено. Включаемая в нее схема расположения участка недр (пп. 3 п. 24 приказа Минприроды России от 29.09.2009 № 315) не может считаться специальной картой, и, соответственно, на нее не распространяются требования к системам координат специальных карт (п. 6 приказа Минэкономразвития России от 29.03.2017 № 143). Указываемые в лицензии географические координаты представляют собой результат геодезических работ (ч. 1 ст. 5 ФЗ №431).

Следовательно, «...геодезические и картографические работы выполняются с использованием **государственных, местных, локальных и международных систем координат**, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» (ч.1 ст.7 ФЗ №431).

1.1. Нормативные документы Роснедр.

1). Письмо №ЕК-04-30/2081 от 15.02.2021 (Роснедра, Е.А.Киселев).

«.....

В связи с этим обращаем внимание на необходимость использования геодезической системы координат 2011 года (ГСК-2011) во всех случаях, связанных с установлением или

изменением границ участков недр в процессе лицензирования пользования недрами и управления государственным фондом недр, в частности при:

- оформлении лицензий на пользование недрами;
- изменении границ участков недр;
- исправлении технических ошибок;
- формировании предложений для включения участков недр в перечни объектов, предлагаемых для предоставления в пользование в целях геологического изучения и (или) разведки и добычи полезных ископаемых;
- экспертизе проектной документации, предусмотренной ст.36.1 Закона Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах» (далее - Закон РФ «О недрах»);
- согласовании проектной документации, предусмотренной ст.23.2 Закона РФ «О недрах»;
- государственной экспертизе запасов полезных ископаемых и подземных вод, геологической информации о предоставляемых в пользование участках недр в соответствии со ст.29 Закона РФ «О недрах»;
- подготовке и представлении в фонды геологической информации геологических отчетов и иной геологической информации о недрах, указанной в ст.27 Закона РФ «О недрах».

.....»

2). Письмо №ЕП-02-30/1887 от 11.02.2021 (Зам. Руководителя Роснедр Е.И. Петров).

«.....»

Генеральному директору
ФГБУ «ВСЕГЕИ»

О.В.Петрову

Уважаемый Олег Владимирович!

Федеральное агентство по недропользованию доводит до Вашего сведения, что при подготовке к изданию и размещению в сети Интернет комплектов карт геологического содержания для территории Российской Федерации, созданных до 2020 года включительно, в том числе обновленных цифровых моделей, электронных карт, баз данных, макетов издательских листов и других сопутствующих материалов, следует использовать те системы координат, в которых указанные карты были составлены авторами (СК-42 или СК-95).

Заместитель Руководителя

Е.И. Петров

.....»

1.2. Нормативные документы Росреестра.

Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 20 октября 2020 г. № П/0387 "Об утверждении порядка установления местных систем координат».

«....

....2. Местные системы координат, введенные в действие до дня вступления в силу настоящего приказа, применяются при выполнении геодезических и картографических работ.

3. Настоящий приказ вступает в силу с 1 января 2021 года и действует до 1 сентября 2026 года.

.....

Порядок установления местных систем координат

1. Настоящий Порядок определяет правила установления местных систем координат на территории Российской Федерации.
2. Местные системы координат устанавливаются для целей обеспечения проведения геодезических и картографических работ при осуществлении градостроительной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования, иной деятельности, в том числе при установлении, изменении границ между субъектами Российской Федерации, границ муниципальных образований.
3. Местная система координат устанавливается в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации.

Местная система координат устанавливается в 3-градусной или 6-градусной зонах картографической проекции общего земного эллипсоида, применяемого в *государственной геодезической системе координат 2011 года (ГСК-2011)*.

.....».

Последний приведенный документ в некотором смысле внес неоднозначность при выборе системы координат для проведения работ и представления результатов геологическими организациями. Но, надо полагать, что его применение распространяется на ведомство Росреестра. А в геологической отрасли принято однозначное решение для применения лишь ГСК-2011.

2. Геодезическая система координат ГСК-2011.

Обоснованность введения ГСК-2011 была вызвана следующими обстоятельствами:

- Разработка и введение ГСК–2011 является закономерным этапом в развитии геодезического обеспечения РФ.
- Параметры ГСК-2011 сформированы по спутниковым геодезическим измерениям, основанным на данных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).
- До введения ГСК–2011 исполнители геодезических работ, выполнив спутниковые геодезические измерения, вынуждены были искажать полученные данные, переходя к государственной системе координат СК–95 (или, тем более, к СК–42). В результате точность информации, предоставляемой потребителям, снижалась.
- ГСК–2011 практически на порядок точнее по сравнению с СК–95, и на два порядка – по сравнению с СК–42.

2.1. История и особенности ГСК-2011.

Используемая длительный период времени система координат **СК-42** (или Пулковско-42) была основана на эллипсоиде Красовского (введена в 1946 году). Система координат **СК-95** также была основана на эллипсоиде Красовского, но датум был незначительно изменен (введена в 2000 году). Использовалась она не долго, и не всеми. Вероятно, что по причине незначительных изменений в координатах – до 1-2 метров. Для большинства мелких и средних масштабов эти изменения были вообще не существенны.

В системе же координат **ГСК-2011** произошли существенные изменения параметров - изменены параметры эллипсоида и датума. Введена соответствующими постановлениями правительства РФ в 2012 и 2016 годах, а также ГОСТ 32453-2017 (с 01.07.2018).

Параметры связи были определены в п. 3 приложения к приказу Росреестра от 23 марта 2016 г. № П/0134 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года».

Последние параметры связи опубликованы на сайте Росреестра, декабрь 2020 года.

ГСК-2011 существенно приближена к WGS-84.

2.2. Важные факты при переходе с СК-42 на ГСК-2011.

Первое, и самое важное - Объекты при пересчете из СК-42 в ГСК-2011 не смещаются!! Координаты объектов (угловых точек) на поверхности земли получают другие значения. Различие после пересчета – не более нескольких секунд по широте и долготе (см. Рис.1).

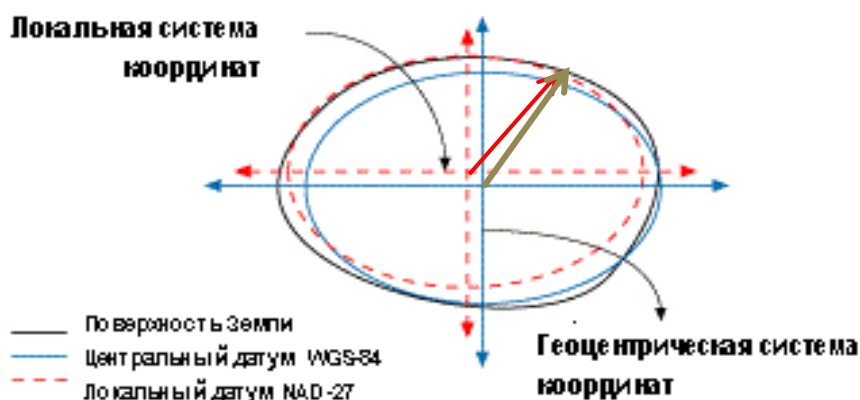


Рисунок 1. Угловые координаты одной точки на поверхности Земли в разных системах координат.

Второй факт менее приятен – государственные номенклатурные разграфки СК-42 и ГСК-2011 любого масштаба «разъезжаются». Углы рамок «расходятся» на 90-160 м.

Почему это происходит? Целые значения координат углов старых рамок в СК-42 при перепроецировании в ГСК-2011 получают нецелые значения, что и приводит к несовпадению с целыми значениями координат углов теоретических рамок в ГСК-2011. Поэтому номенклатурный лист карты какого-либо масштаба, созданный в СК-42, при пересчете в ГСК-2011 займет несколько иную область, чем рамка листа от ГСК-2011:

- образуются две узкие «пустые» полосы вдоль одного из широтных и одного из меридиональных отрезков рамки;

- в противоположном углу рамки две других аналогичных полосы «накроют» соседние листы (Рис.2 – Рис.4).

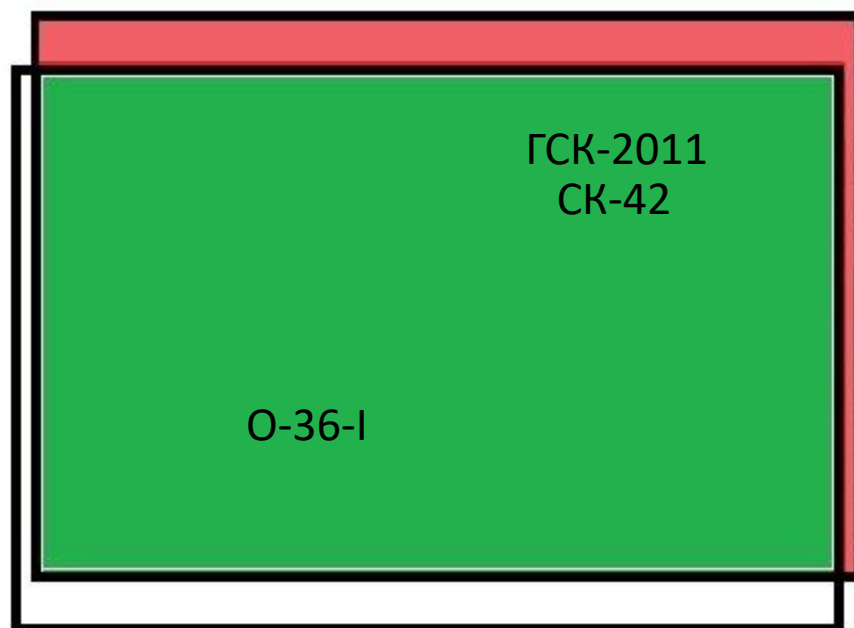


Рисунок 2. Смещение рамок номенклатурных разграфок ГСК-2011 относительно СК-42.

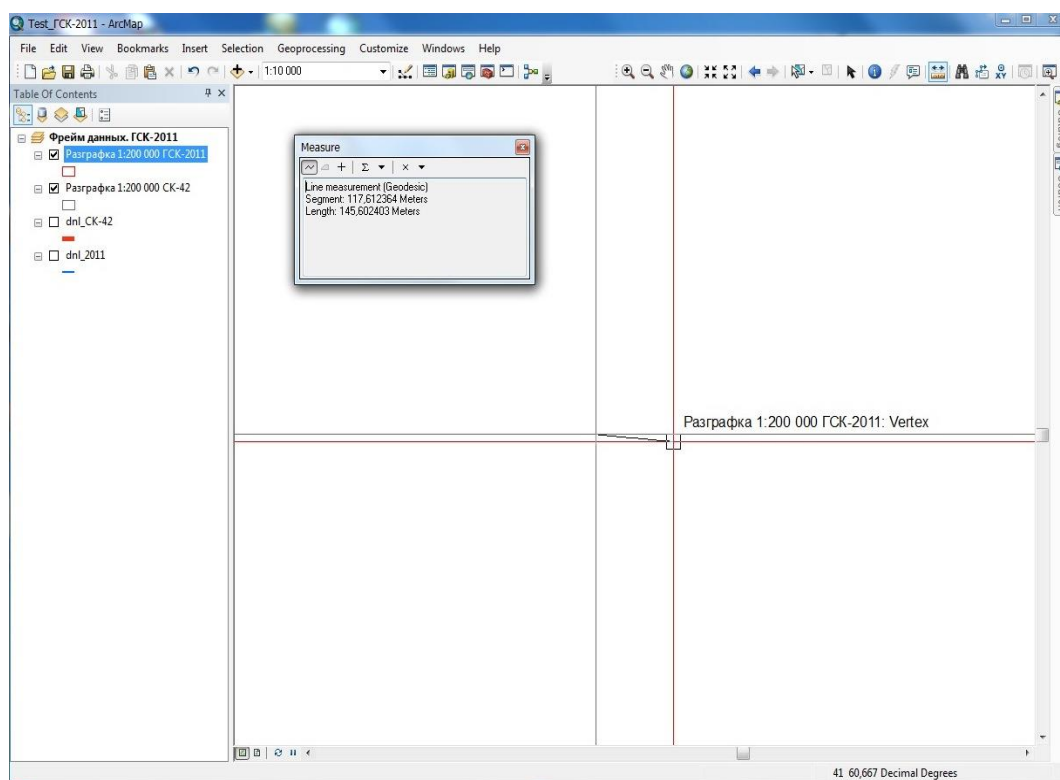


Рисунок 3. Пример смещения рамок разграфок СК-42 и ГСК-2011.

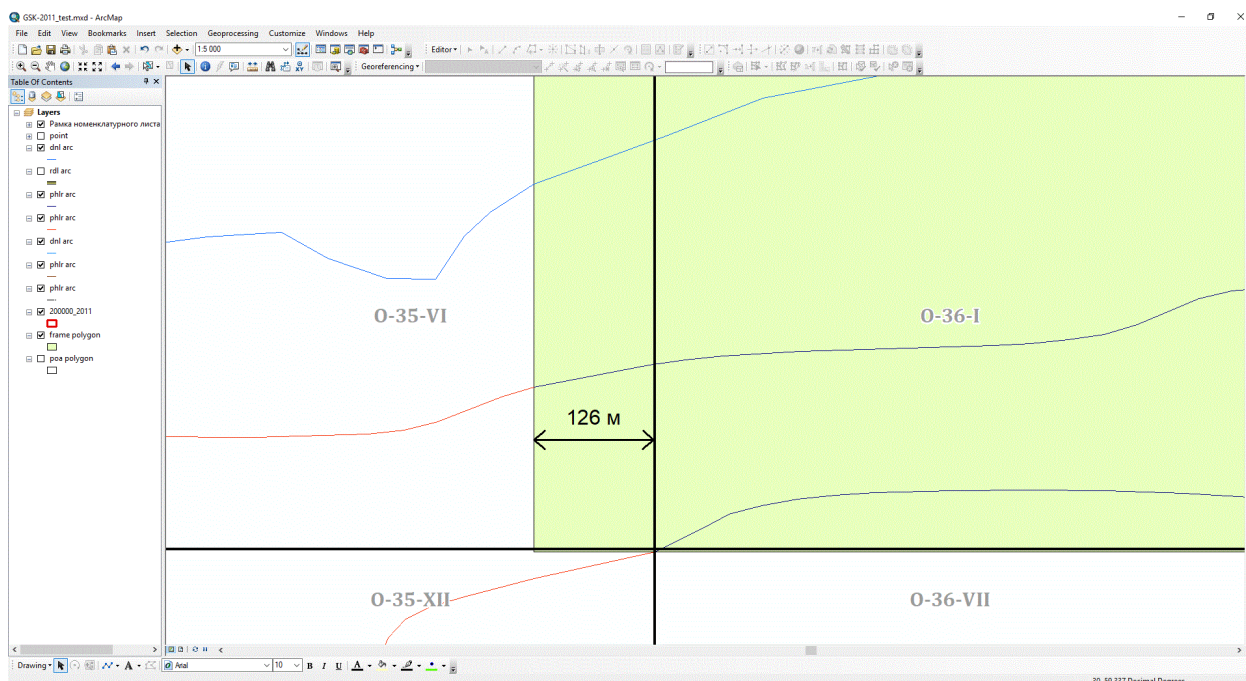


Рисунок 4. Реальные пропорции между рамками для листа О-36-I.

На Рис.5 представлены изменения в значениях координат. Источник - *"Вестник Сиб. гос. ун-та геосистем и технологий"* (бывш. НИИГАиК) (вып. 2(30), 2015).



Рисунок 5. Значения изменений координат точек объектов для территории Российской Федерации при переходе от СК-42 (СК-95) к ГСК-2011 (в метрах по широте/долготе).

3. Практическое применение ГСК-2011 в отрасли.

В качестве основных направлений работ в отрасли с применением ГСК-2011 можно назвать следующие:

- 1) Определение (и изменение) координат угловых точек участков недр при проведении геодезических и картографических работ. Например, с использованием GPS-приемников – в координатах ГСК-2011 (или WGS-84, но с дальнейшим пересчетом).
- 2) Пересчет в ГСК-2011 координат объектов (угловых точек) из других систем координат, в том числе списком из таблиц:
 - Собственные разработки Росгеолфонда - внутри интерфейса ФГИС «АСЛН».
 - Photomod GeoCalculator - бесплатный геодезический калькулятор из разных СК, в т.ч. ГСК-2011 (Компания Ракурс, в описании – пересчет по ГОСТу, бесплатное скачивание с сайта).
 - Excel-таблицы и другие программы...
- 3) Картографические работы в ГИС по созданию специальных (геологических) карт в ГСК-2011: Операции по созданию, отображению, перепроецированию слоев пространственных данных (шейпов, классов объектов БГД ArcGIS, привязанных растров и др.), макетирование и издание.

Конечно, есть и другие виды работ, которые тоже можно было бы выделить в группы, или направления, но авторам они менее известны. Далее несколько слов (в большем или меньшем объеме) о выделенных направлениях работ, в меру компетентности авторов.

3.1. Определение (и изменение) координат угловых точек объектов.

По первому направлению работ особо сказать нечего.

3.2. Пересчет координат объектов.

Второе направление работ производится в три этапа:

- 1) Геодезические (географические) СК-42 – в пространственные прямоугольные СК-42.
- 2) Пространственные прямоугольные СК-42 – в пространственные прямоугольные ГСК-2011.
- 3) Пространственные прямоугольные ГСК-2011 – в геодезические (географические) ГСК-2011.

Разбиение пересчета на три этапа обусловлено необходимостью пересчета сначала географических координат в СК-42 (градусы) в метры прямоугольной системы координат с центром эллипсоида Красовского, затем пересчет (в метрах) к центру эллипсоида ГСК-2011, и возврат в градусы географической системы координат ГСК-2011.

Этапы (1,3) – в соответствии с ГОСТ 32453-2017 «Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований определяемых точек» (с 1 июля 2018 г.). Этап (2) – в соответствии с Параметрами связи. Последние параметры были опубликованы на сайте Росреестра в декабре 2020 года:

«.....

**Параметры перехода между геодезической системой координат
2011 года (ГСК-2011) и международными системами координат**

Значения элементов трансформирования для отечественных и международных систем координат,
используемых на территории Российской Федерации, для перехода к ГСК-2011:

№ п/п	Исходная система (А)	ΔX , м	ΔY , м	ΔZ , м	ω_x угл. с	ω_y угл. с	ω_z угл. с	$m \times 10^6$
1	СК-42	+23.56	-140.86	-79.77	-0.001738	-0.346441	-0.794263	-0.2274
2	СК-95	+24.46	-130.80	-81.53	-0.001738	+0.003559	-0.134263	-0.2274
3	ПЗ-90	-1.443	+0.142	+0.230	-0.001738	+0.003559	-0.134263	-0.2274
4	ПЗ-90.02	-0.373	+0.172	+0.210	-0.001738	+0.003559	-0.004263	-0.0074
5	ПЗ-90.11	+0.000	-0.014	+0.008	+0.000562	+0.000019	-0.000053	+0.0006
6	WGS-84 (G1150)	-0.013	+0.092	+0.030	-0.001738	+0.003559	-0.004263	-0.0074
7	ITRF-2008	+0.003	-0.013	+0.008	+0.000543	+0.000061	-0.000055	+0.0006

Определение параметров связи между системами координат основано на известной формуле преобразования пространственных прямоугольных координат из системы А в систему В:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_B = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & +\omega_x \\ +\omega_y & -\omega_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_A + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}.$$

При обратном преобразовании пространственных прямоугольных координат элементы трансформирования имеют те же значения, а вычисления выполняют по формуле

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_A = (1 - m) \begin{pmatrix} 1 & -\omega_z & +\omega_y \\ +\omega_z & 1 & -\omega_x \\ -\omega_y & +\omega_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_B - \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}.$$

В этих формулах приняты следующие обозначения элементов трансформирования:

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – линейные элементы трансформирования систем координат при переходе из системы А в систему В, м;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – угловые элементы трансформирования систем координат при переходе из системы А в систему В, рад.;

m – масштабный элемент трансформирования систем координат при переходе из системы А в систему В.

.....»

Ссылка: <https://rosreestr.gov.ru/site/activity/parametry-perekhoda-mezhdu-geodezicheskoy-sistemoy-koordinat-2011-goda-gsk-2011-i-mezhdunarodnymi-si/> .

Как правило, непосредственно использовать формулы пересчета координат из одной системы координат в другую приходится лишь при разработке соответствующих модулей пересчета при создании программных систем разной степени сложности и направленности, либо как внутренние пересчеты, либо оформленные как пользовательский интерфейс в простых программах пересчета или в информационных системах (иногда интерактивно).

На сайте Росгеолфонда предоставляется возможность провести Онлайн-пересчет координат в ФГИС «АСЛН» (Рис. 6):

[https://coord-trans.rfgf.ru/s3Y3AeIO-0EHBXhgZ-2M0W/\\$/?coord&username=coord](https://coord-trans.rfgf.ru/s3Y3AeIO-0EHBXhgZ-2M0W/$/?coord&username=coord)

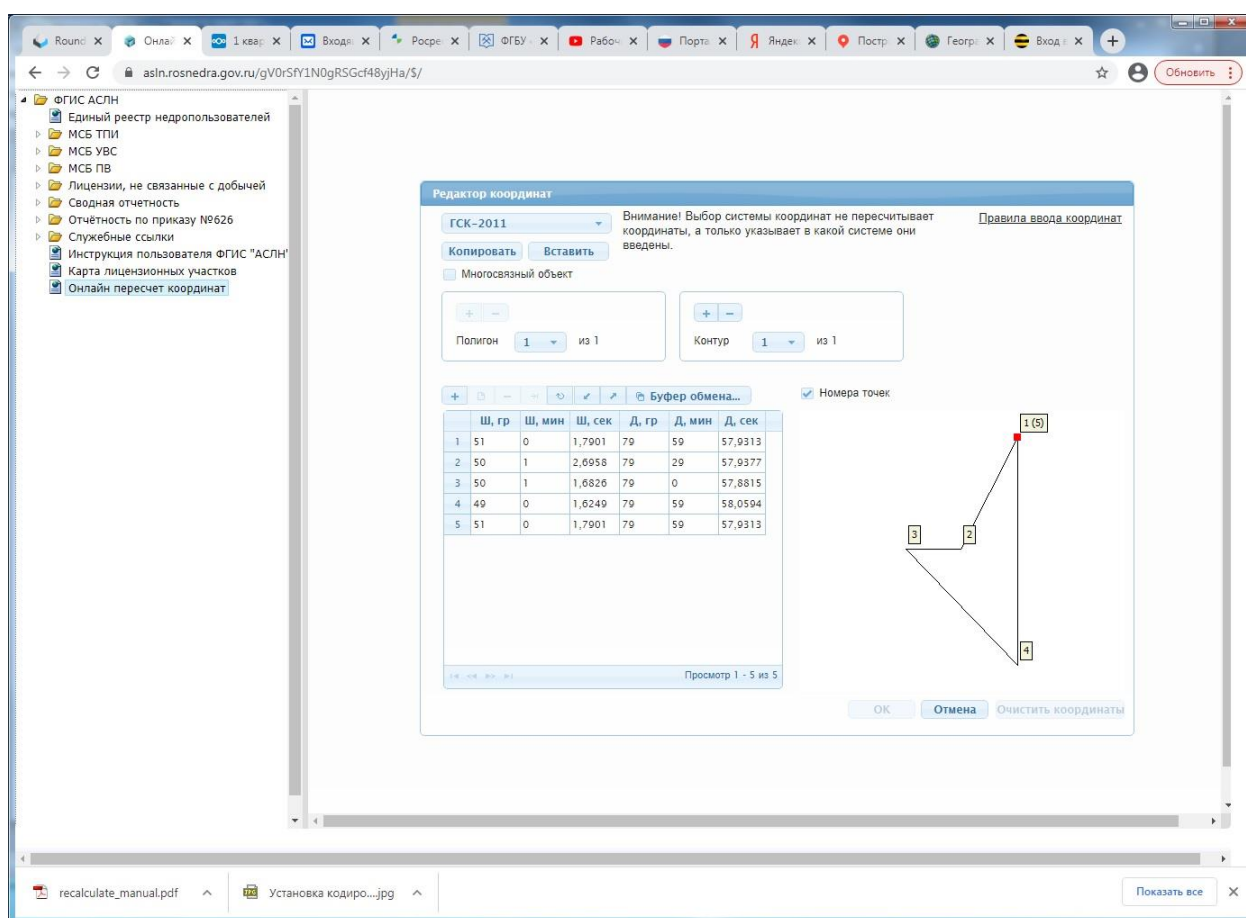


Рисунок 6. Фрагмент интерфейса Онлайн-пересчета координат в ФГИС «АСЛН».

3.3. Работа с пространственными данными в ГИС.

Третье направление работ – основное, самое трудоемкое и наиболее известное авторам. Многие ГИС-системы уже поддерживают ГСК-2011 для отображения в ней слоев пространственных данных (ПД) и пересчетов между другими СК.

Основное требование к ПД - все слои должны иметь пространственную привязку, т.е. приписанную к слою в заголовке или специальном служебном файле информацию о том, в какой системе координат представлены координаты объектов слоя (например, для шейп-файла это файл *.PRJ).

4. Использование ГСК-2011 в ArcGIS.

Рассмотрим применение новой системы координат ГСК-2011 с использованием типичных ГИС-инструментов на примере наиболее распространенной в отрасли программы ArcGIS.

4.1. Настройка ArcGIS для использования системы координат ГСК-2011.

В ArcGIS версий 9.3 и 10.* для поддержки ГСК-2011 необходимо доустановить к стандартной инсталляции программы файлы с описаниями систем координат и географических преобразований (два архивных файла, поставщик – дистрибьютор в России и странах СНГ - ООО ЭСРИ СНГ):

- *CustPrj* – добавляются ГСК-2011 и местные системы координат (МСК).
- *CustomTransformations* – дополняются имеющиеся географические преобразования до полного списка, обеспечив взаимные преобразования между всеми используемыми в настоящее время системами координат на разных эллипсоидах.

Процедура установки дополнительных файлов для версий ArcGIS 9.3 и 10 немного отличается, как и сами файлы. Но сначала общая информация - где ArcGIS берет описание систем координат? Необходимые параметры систем координат (описание датумов, сфероидов, географических преобразований, и др.) ArcGIS сначала ищет в ядре системы, в своих служебных файлах. Это могут быть файлы *.PRJ в папках с системами координат (в 9.3), в избранных (в 10), или в других служебных файлах. Затем ArcGIS обращается в созданную пользователем папку (как правило, C:\custprj) с файлами в специальном формате, содержащими эти дополнительные параметры (если такая папка есть). Эти файлы можно создавать самостоятельно, используя документацию ArcGIS. Но можно использовать уже существующие наработки, напр., архив CustPrj. Путь на эту папку задается соответствующими переменными среды. Имя и значение переменной зависит от версии ArcGIS и операционной системы (см. файл Readme в составе архива). В такой последовательности ArcGIS формирует для предоставления пользователю набор стандартных и добавленных пользователем систем координат, а также и других параметров – датумов, эллипсоидов, географических преобразований между ними, и др.

Далее, если существующих преобразований (но только преобразований!) оказалось недостаточно, или их необходимо уточнить в связи с изменением параметров (новая система координат, изменение параметров системы координат, или другие причины), то их список можно дополнить своими. Создавать их можно соответствующим инструментом из ArcToolBox, или также воспользоваться чужими наработками. Это будут файлы с расширением *.gtf (geographic transformation). Их нужно положить в служебную папку *CustomTransformations* в папке пользователя на системном диске (C:), откуда ArcGIS их и возьмет. Путь на эту папку отличается в разных версиях операционной системы (см. файл Readme в составе архива *CustomTransformations*).

Так как параметры должны быть скопированы на диски ПК в два разных места, то они представлены в двух разных архивных файлах - *CustPrj* и *CustomTransformations* (поставщик – дистрибьютор в России и странах СНГ ООО ЭСРИ СНГ). Описание процесса установки представлено в каждом из этих архивов.

Их доустановка позволит с использованием стандартного функционала ArcGIS (инструмент *Проецировать*) производить пересчеты из СК-42, WGS-84 и других систем координат в ГСК-2011 и обратно.

Никаких технических требований или ограничений к установке ПО ArcGIS или версиям для корректной работы инструментов пересчета проекций и поддержки преобразований не существует. Некоторые преобразования появятся даже после установки одного архива *CustPrj*. Но для всех версий ArcGIS рекомендуется установить оба архива, т.к. это позволит дополнить ограниченный набор преобразований до полного списка, обеспечив взаимные преобразования между всеми используемыми в настоящее время системами координат на разных эллипсоидах. После копирования на диск параметров из этих двух архивов ПО ArcGIS, начиная с версии 10, работает одинаково.

Также здесь необходимо упомянуть о разночтениях (разных именах) в названиях системы координат ГСК-2011 в интерфейсе ArcGIS. Известно, что система координат ГСК-2011 под именем «GSK-2011» была включена в состав стандартных систем координат ядра системы ArcGIS только с версии 10.5.1. Но необходимые географические преобразования для ГСК-2011 между остальными системами координат в ядре отсутствуют до сих пор. Это отдано на откуп пользователя как элемент пользовательской настройки (customization) либо в *CustPrj*, либо в *CustomTransformations*.

Поскольку уже с версии 10.0 необходимо было использовать новые системы координат (в частности, ГСК-2011, местные системы координат МСК, и др.), то файлы с дополнительными настройками были выпущены ООО ЭСРИ СНГ несколько раньше. А в них ГСК-2011 была объявлена с именем «GCS_Russia_2011».

В 2021 году специалисты ООО ЭСРИ СНГ попытались унифицировать использование системы ГСК-2011, чтобы использовать только одно имя «GSK-2011», которое было включено в ядро. Для этого во всех версиях с 10.0 исключается использование установки параметров из архива *CustPrj* (и переменной среды соответственно). GSK-2011 добавляется в систему исключительно через «Избранные системы координат». И параметры преобразований для нее устанавливаются в папку *CustomTransformations*. Более подробно об этом можно посмотреть в блоге на сайте ЭСРИ СНГ – <https://blogs.esri-cis.ru/2018/02/14/geo-transformations/>.

Но без *CustPrj* мы лишаемся возможности полноценно работать с полным списком МСК, а также преобразований для GCS_Russia_2011 (если кто-то уже с таким названием, приписанным к своим пространственным данным, работал).

Поэтому, как компромиссное решение, можно оставить установленную переменную среды на папку *custprj* и развернуть этот архив. А в папке *CustomTransformations* оставить только ограниченный набор преобразований для GSK-2011, предложенный в блоге, одновременно оставив себе возможность работы с названием GCS_Russia_2011.

Что касается установки параметров для версии 9.3 (9.3.1), то из архива *CustPrj_93* необходимо скопировать на диск папку *custprj* с параметрами, установить на эту папку переменную среды (см. *Readme*), а также скопировать в установочную папку с ArcGIS (как правило C:\Program Files\ArcGIS) системы координат из папки *Coordinate Systems*. В ArcGIS появится ГСК-2011 под именем GCS_Russia_2011, а также семейство систем координат Гаусса-Крюгера на эллипсоиде ГСК-2011. Эта информация была разработана и предоставлена для использования опытными пользователями отрасли.

4.2. Использование географических преобразований.

При работе с картой в ArcMap существует 2 способа отображения слоев ПД с различной пространственной привязкой, в том числе и в системе координат ГСК-2011:

- Предварительное перепроецирование слоев ПД в ГСК-2011 перед загрузкой в карту.
- В карте с уже настроенной ГСК-2011 отображение слоев ПД с различной приписанной пространственной привязкой на «лету».

Для проецирования/перепроецирования пространственных слоев с целью дальнейшего их отображения и обработки в ArcGIS используются следующие основные техники:

- Использование инструмента *Проецировать (Project)*.
- Создание новой системы координат проекции на основе ГСК-2011. Например, проекция Гаусса-Крюгера на эллипсоиде ГСК-2011, зона 8, средний меридиан 45 градусов в.д. Или целый ряд других типов проекций - и коническая равнопромежуточная, и серия местных систем координат (МСК), и др., но только не на эллипсоиде Красовского, как было привычно до 2021 года, а на эллипсоиде ГСК-2011.
- Использование (или не использование!) географических преобразований при отображении «на лету» слоев ПД с разной пространственной привязкой.

Начинать обсуждение нужно с понимания необходимости использования корректных географических преобразований между эллипсоидами, на основе которых, как правило, построены системы координат, из которых (в которую) и происходит перепроецирование. Варианта в интерфейсе исключительно два – либо преобразования не используются, что происходит довольно часто как по невнимательности, так и по незнанию. И в этом случае происходит смещение объектов в выбранной системе координат относительно их реального положения на местности. Либо эти преобразования используются, и тогда все объекты располагаются корректно, в какой бы системе координат они не отображались.

Рассмотрим два этих варианта на примере одной карты. Карта настроена на отображение в системе ГСК-2011. Отображены слои:

- Реки (источник в СК-42).
- Эти же реки, но предварительно перепроецированные уже в ГСК-2011.

В случае Не использования географических преобразований (Рис.7):

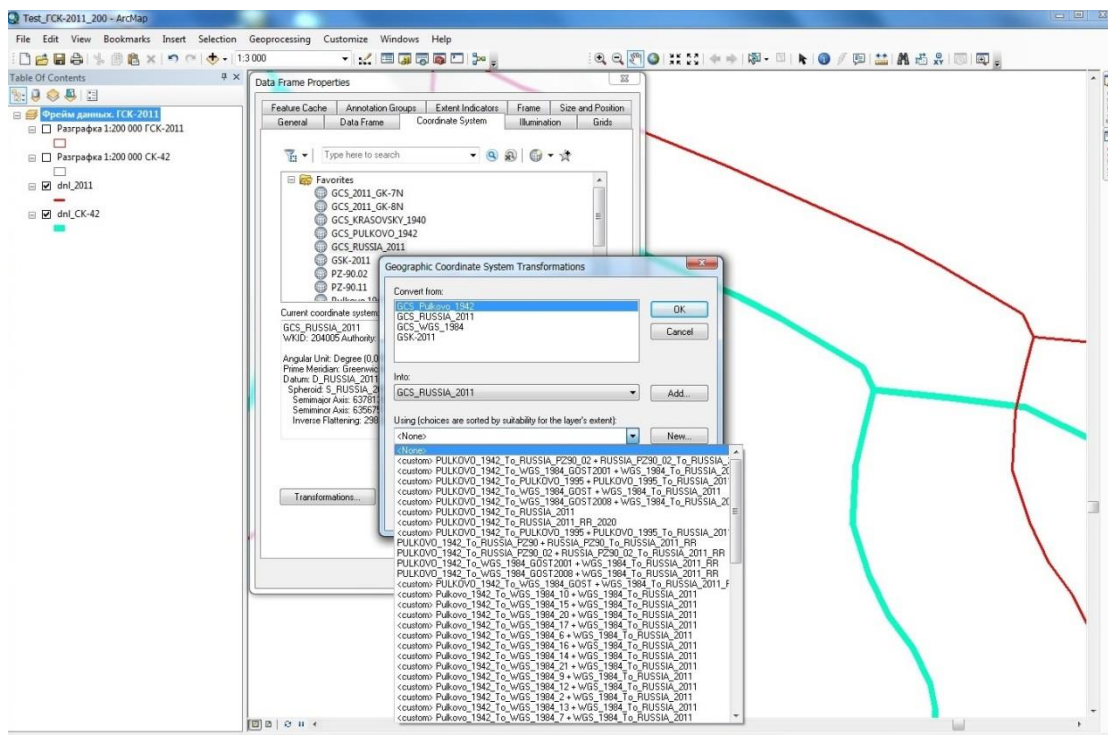


Рисунок 7. В случае *Не использования* географических преобразований.

Как видно, если преобразования между двумя эллипсоидами (в данном примере Красовский и ГСК-2011) не включать – «Нет (None)», то объекты слоев выкладываются на карту как есть, без пересчета. Поэтому объекты одного и того же слоя, представленные в разных системах координат, «разъезжаются».

В случае Использования географических преобразований (Рис.8):

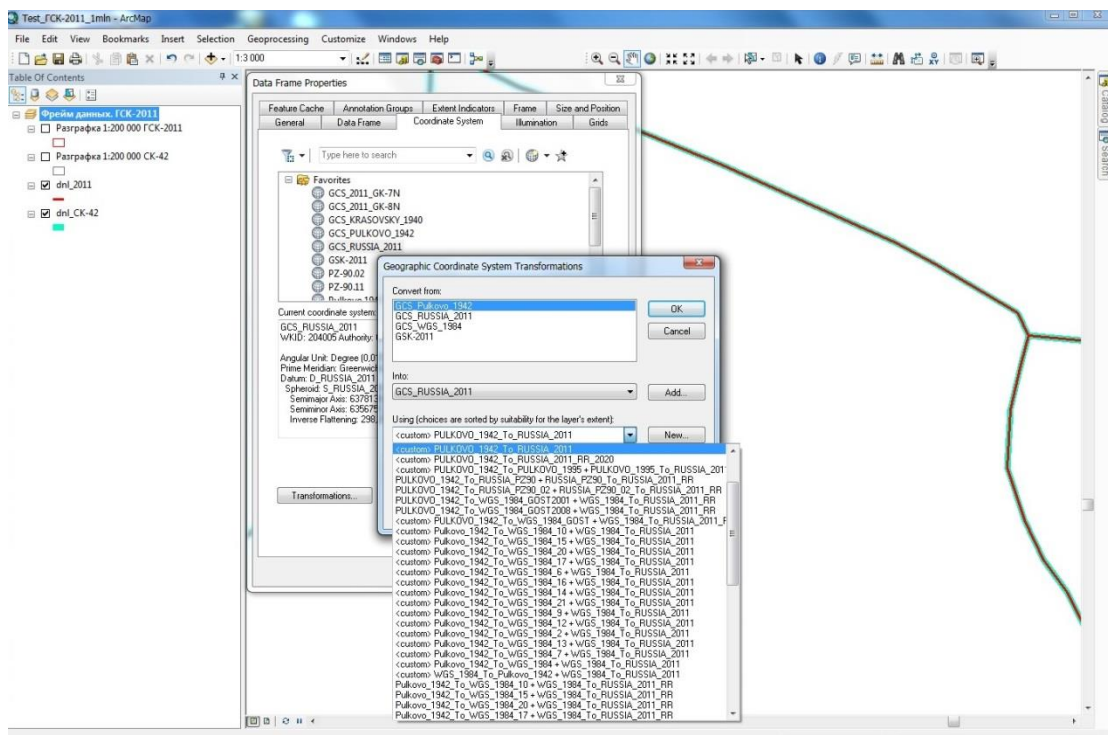


Рисунок 8. *Использование* географических преобразований.

Объекты этих слоев совпали. Почему?

Используя Кнопку *Преобразования (Transformations)*, выбираем преобразование из СК-42 (GCS_Pulkovo_1942) в ГСК-2011 (GCS_RUSSIA_2011).

Прим: В ArcGIS выбранное преобразование работает в обе стороны!

4.2.1. Использование *разных* преобразований.

При операциях отображения или проецирования в интерфейсе ArcGIS на выбранную пару систем координат с разными параметрами эллипсоидов может быть предложено для выбора не одно, а несколько преобразований. Эти преобразования появляются в связи с периодическим уточнением этих параметров геодезическими службами. После чего они оформляются как служебные файлы с новыми параметрами географических преобразований и добавляются в интерфейс программ. Так было с системой координат WGS-84. Эти параметры закреплялись в описаниях Министерства обороны США (которая контролирует систему координат WGS-84). И, соответственно, впоследствии в нескольких отечественных ГОСТах (2001, 2008 годов). Несмотря на очень короткий период использования ГСК-2011, но и с ней связаны уже 2 разных преобразования (об этом позже).

После установки дополнительных файлов из архивов *CustPrj* и *CustomTransformations* в ArcGIS для пересчетов из СК-42 в ГСК-2011 появляется ряд возможных вариантов для выбора географических преобразований между системами координат GCS_Pulkovo_1942 и GCS_Russia_2011 (с версии 10.5.1 для ГСК-2011 появится еще и название GSK-2011).

До начала 2021 года использовались исторически накопленные из разных источников (в основном – ЭСРП СНГ) преобразования с названиями: PULKOVO_1942_To_RUSSIA_2011 и PULKOVO_1942_To_RUSSIA_2011_RR (см. рис.1, 2). (*Прим.:* RR – Росреестр). Значения параметров в них абсолютно одинаковы, и соответствуют приведенным в п. 3 приложения к приказу Росреестра от 23 марта 2016 г. № П/0134 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года» (Рис.9).

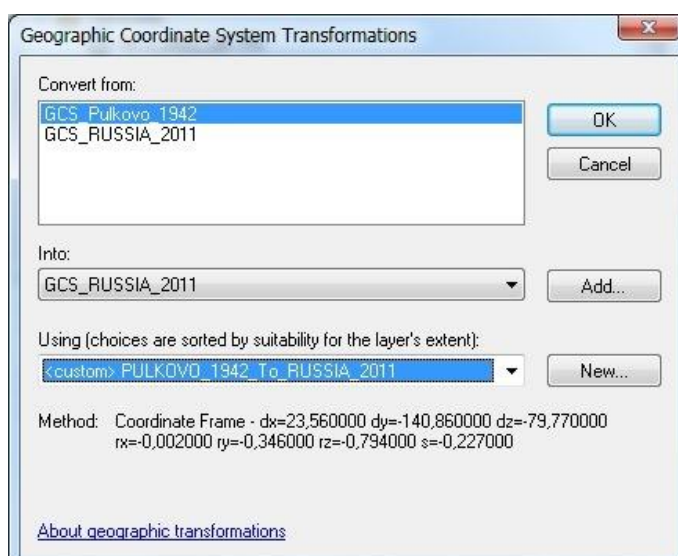


Рисунок 9. Преобразование PULKOVO_1942_To_RUSSIA_2011.

Позднее, в соответствии с п. 7 постановления Правительства РФ от 24.11.2016 № 1240, Росреестр разместил на своем официальном сайте в сети «Интернет» «параметры перехода между геодезической системой координат 2011 года (ГСК-2011) и международными системами координат» (датой создания доступного в настоящее время для скачивания файла с этими параметрами значится 01.12.2020). В файл с этими параметрами, однако, наряду с параметрами перехода между ГСК-2011 и международными системами координат, включены и параметры перехода между ГСК-2011 и другими отечественными системами координат, в т. ч. и СК-42. Для всех трех угловых элементов трансформирования между ГСК-2011 и СК-42 здесь даются значения четвертого – шестого знаков после запятой, а для масштабного элемента трансформирования – значение четвертого знака после запятой, чего не было в приказе № П/0134 (все три линейных элемента трансформирования между ГСК-2011 и СК-42 приводятся без изменений по сравнению с указанным приказом). По ним нами построено преобразование: PULKOVO_1942_To_RUSSIA_2011_RR_2020 (Рис.10).

Все значения коэффициентов этих двух преобразований (и их отличия) видны в нижней части окон.

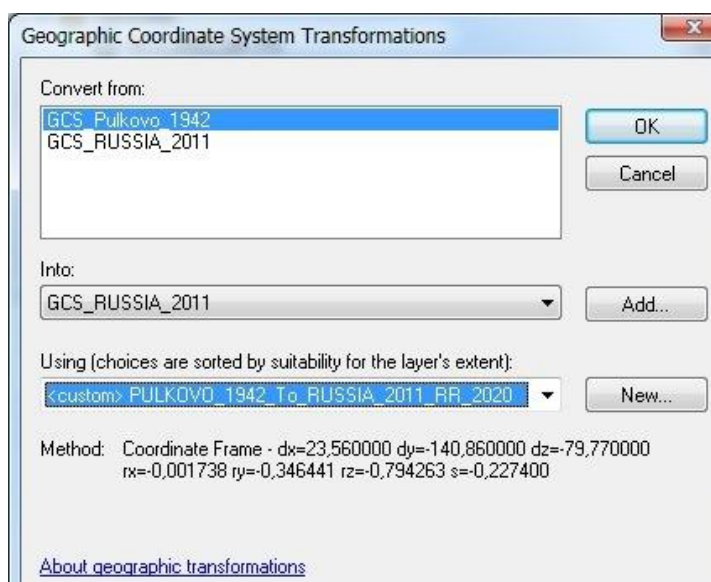


Рисунок 10. Преобразование PULKOVO_1942_To_RUSSIA_2011_RR_2020.

Разница в значениях координат при использовании этих преобразований невелика – на тестовом номенклатурном листе она составила 16 мм (1,6 см). Но она есть!

В пользу первого географического преобразования выступает то, что оно создано согласно официально опубликованному приказу Росреестра, в то время как параметры связи второго варианта, размещенные на сайте Росреестра, предоставляются «как есть» без каких-либо комментариев.

В пользу второго географического преобразования говорит то, что его параметры размещены на официальном сайте Росреестра и при этом их размещение на этом сайте предусмотрено постановлением Правительства РФ. При этом название страницы сайта Росреестра, где они размещены, является точной цитатой соответствующего места из этого постановления (хотя ни сама эта страница, ни доступный для скачивания по ссылке с нее файл с параметрами и не содержат каких-либо упоминаний об этом постановлении).

Для использования географических преобразований с параметрами связи 2020 года они были включены в состав файла *geogtran.gtf* из папки *custprj*. Если они в ArcGIS не будут видны при нажатии кнопки *Transformations*, то необходимо положить файлы PULKOVO_1942_To_RUSSIA_2011_RR_2020.GTF и PULKOVO_1942_To_GSK-2011_RR_2020.GTF в папку *CustomTransformations*. И они будут доступны в списке преобразований.

Прим: Причем в более поздних версиях ArcGIS в случае добавления преобразований в папку *CustomTransformations* имя преобразования из этой папки будет предварять ключевое слово *<настраиваемое>* (*<custom>*).

4.2.2. Соображения (и рекомендации) по использованию разных преобразований.

- Если преобразования при перепроецировании или отображении «на лету» не использовать, то ПД с разными эллипсоидами (в т.ч. СК-42 и ГСК-2011) будут не согласованы по расположению объектов, т.е. «разъедутся» от 90 до 160 м.
- Если использовать разные преобразования при перепроецировании ПД, то это тоже приводит к расхождениям. Правильней было бы при перепроецировании в ту же ГСК-2011 и использовании того или другого преобразования называть новую систему координат по другому, как бы уточняя отличающиеся параметры системы координат (напр., приписывая к названию год), образуя таким образом новый «клон» системы координат. Так уже делается с системой координат WGS-84. По крайней мере это даст объяснение тому факту, что будут расхождения с оригинальной версией системы координат.
- Наличие же разных (отличающихся) преобразований просто необходимо:
 - ✓ Регулярное изменение (уточнение) параметров Земли (поэтому между эллипсоидами Красовского и ГСК-2011 уже 2 преобразования – 2016 и 2020 гг.).
 - ✓ Для WGS-84 уже десяток подобных изменений (фиксируется новая эпоха, что и учитывали разные ГОСТы ...).
- При сборке в проекте ArcMap слоев с различной пространственной привязкой необходимо придерживаться следующего железного правила - карту следует собирать с использованием одного преобразования, или предварительно перепроецировать все ее слои с использованием одного преобразования.
- Рекомендации авторов - использовать преобразование с последними уточненными параметрами. По возможности уточняя это в названии системы координат (см. выше). В этом контексте специально не уточняется последнее преобразование (с параметрами 2020 года), поскольку не исключается возможность изменения параметров связи, например, в 2022 году.
- В ArcGIS назначенные на пару систем координат преобразования работают в обе стороны.
- Наблюдение: Введение ГСК-2011 дало многим ГИС-специалистам толчок в понимании необходимости использования корректных географических преобразований между ГСК-2011, СК-42, WGS-84 и др.

4.3. Использование инструмента *Проецировать* в ArcGIS.

В случае необходимости произвести непосредственное (физическое) перепроецирование данных в другую систему координат (например, в ГСК-2011) следует использовать инструмент *Проецировать* из состава *ArcToolBox* (Рис. 11).

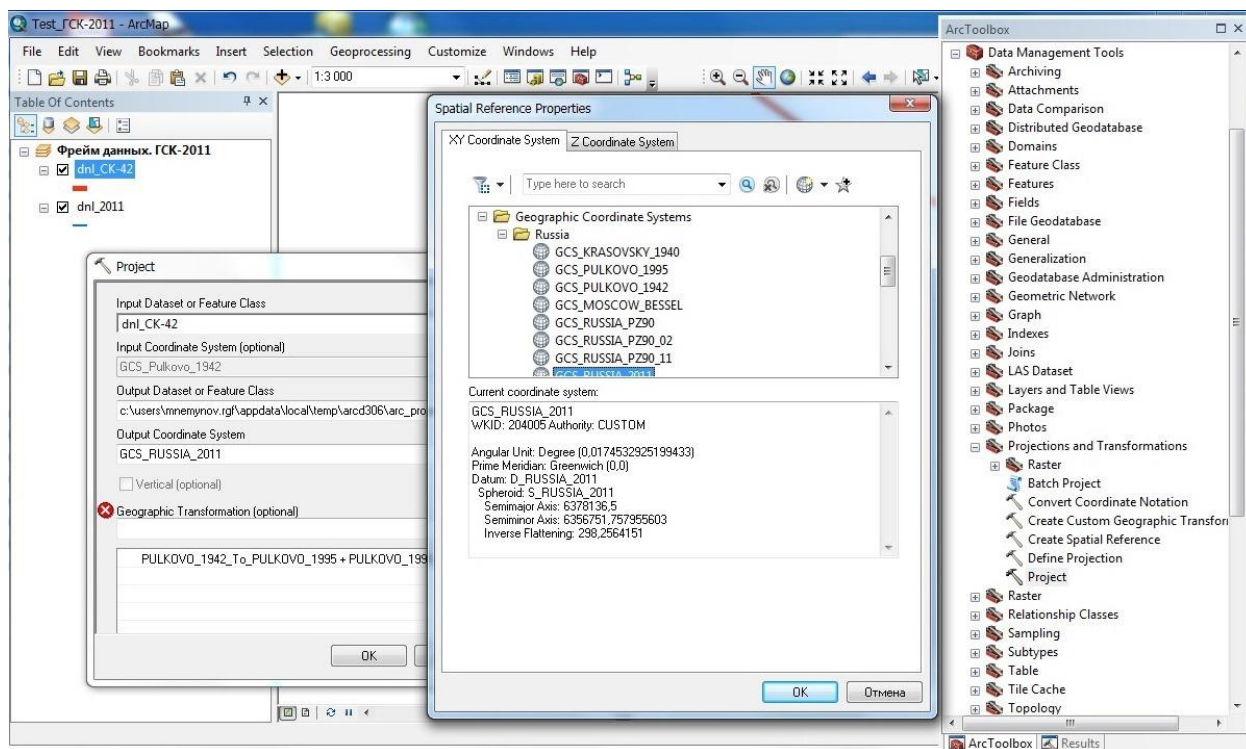


Рисунок 11. Инструмент *Проецировать* из состава *ToolBox*.

Между системами координат в соответствии с их эллипсоидами необходимо выбрать географическое преобразование из имеющихся в интерфейсе для этих эллипсоидов (предустановленных заранее) (Рис.12).

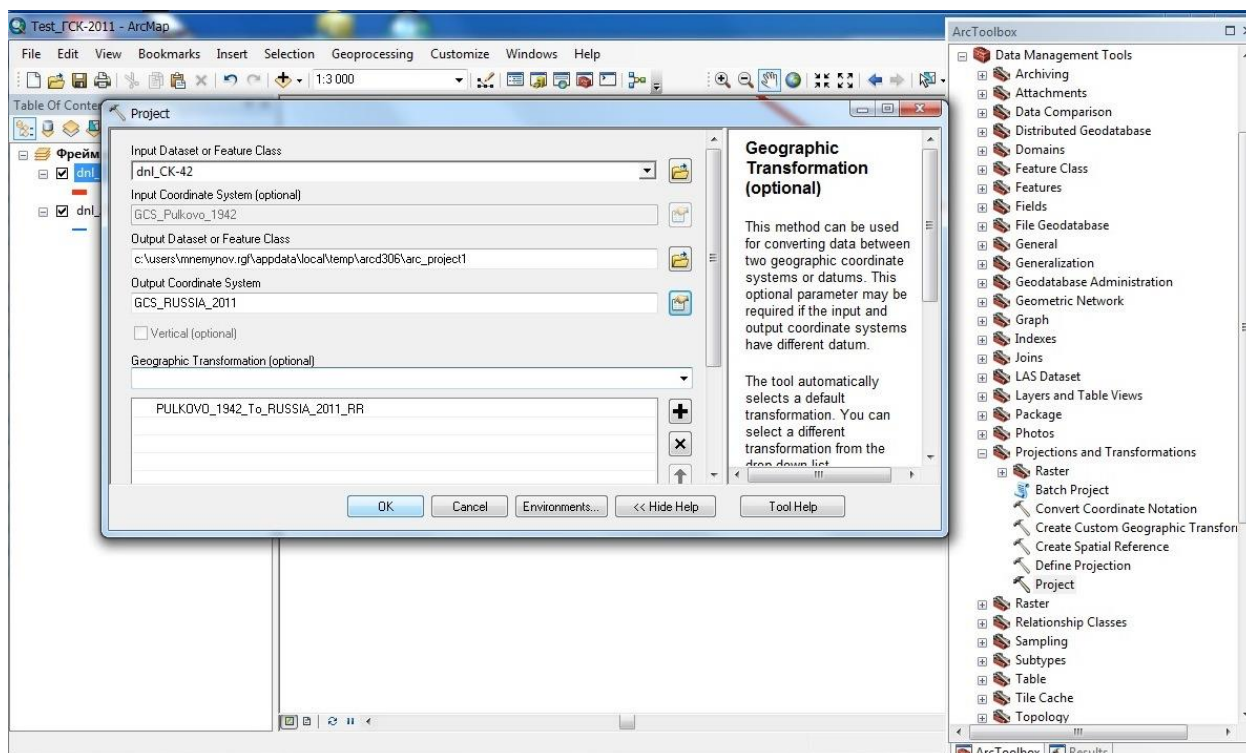


Рисунок 12. Выбор географического преобразования, кнопка *Преобразования (Transformations)*.

4.4. Создание новой системы координат проекции в ArcGIS.

Для отображения в ГИС-проекте слоев пространственных данных, представленных в разных системах координат, в системе координат ГСК-2011, необходимо в свойствах фрейма данных проекта изменить систему координат на ГСК-2011.

Если работа с ГИС-проектом предполагается непосредственно в географической системе координат, достаточно выбрать в свойствах фрейма данных во вкладке «*Система координат (Coordinate System)*»: *Географические системы координат (Geographic Coordinate Systems) > Russia > GCS_Russia_2011* (далее используется интерфейс ArcGIS v.10).

Если же работа с ГИС-проектом предполагается в проекции (напр., в одной из зон проекции Гаусса-Крюгера), то ее нужно выбрать в меню *Системы координат проекции (Projection Coordinate System)*. Если такой еще нет, то в первый раз нужно использовать инструмент создания новой проекции. Он вызывается из этой же вкладки из выпадающего списка (стрелка вниз справа от значка глобуса). Нужно выбрать *Создание системы координат проекции (Projection Coordinate System)* (Рис.13 - 16). В открывшемся окне в выпадающем списке с названиями проекций выбрать *Gauss_Kruger*. В таблице ниже приписать для параметра *False_Easting* значение 500000 (смещение в метрах), а для параметра *Central_Meridian* долготу среднего меридиана зоны (в градусах).

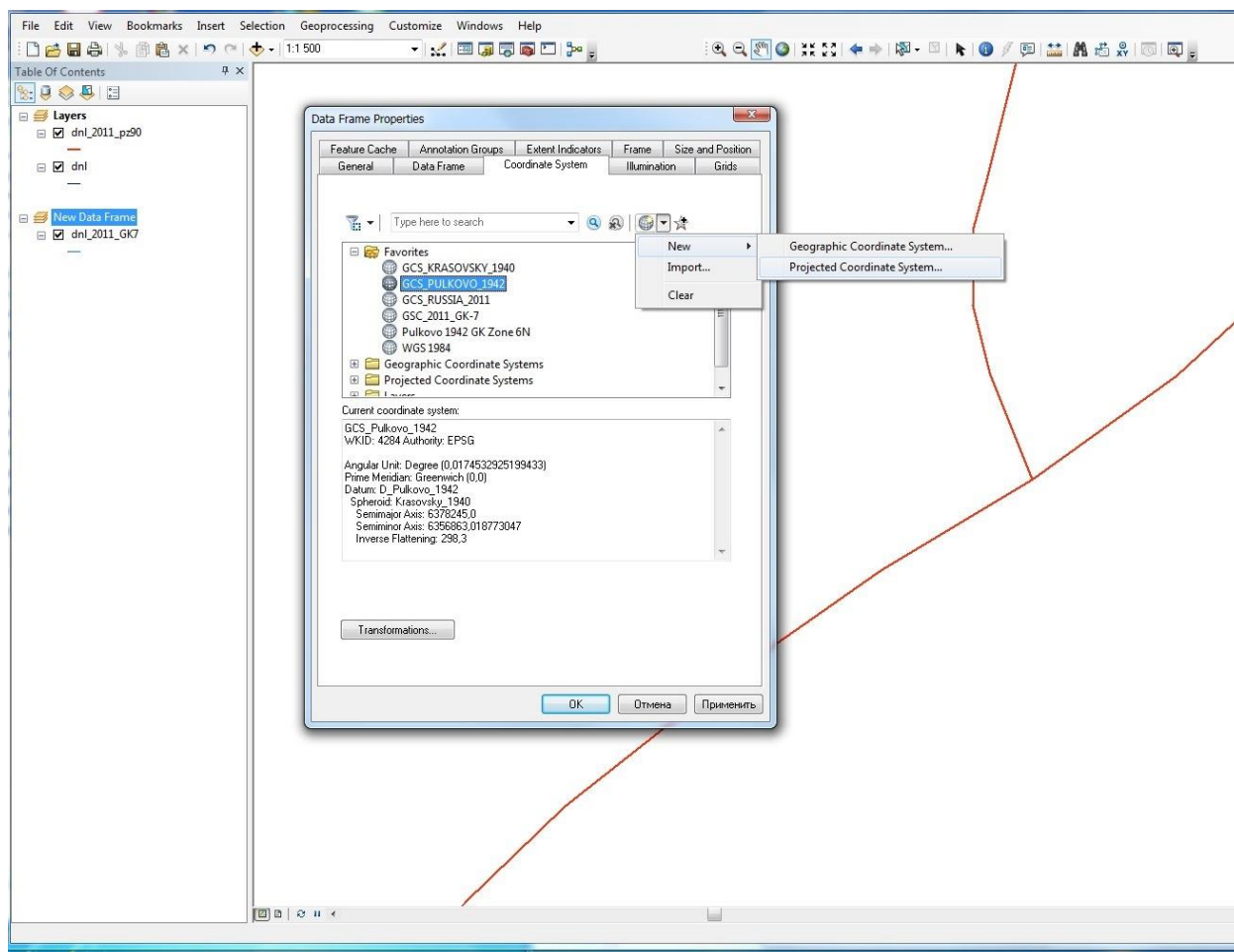


Рисунок 13. Создание новой системы координат.

Рекомендуется также заменить название создаваемой проекции, предлагаемое по умолчанию, на более понятное по ее свойствам (например, проекция Гаусса-Крюгера для зоны 8 может быть названа «GCS_2011_GK-8»).

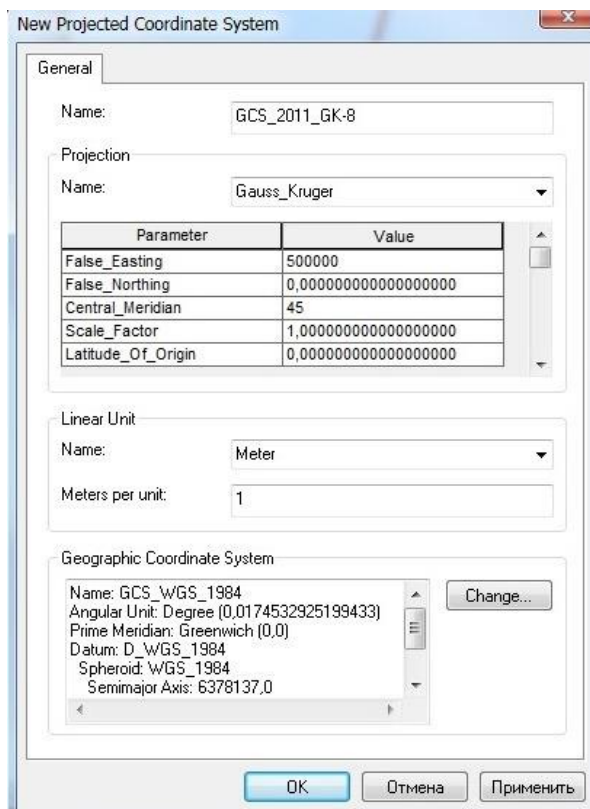


Рисунок 14. Создание новой системы координат: ввод названия и параметров.

Далее необходимо поменять параметры эллипсоида (датум, сфероид). Для этого в нижней части окна нажать кнопку *Изменить (Change)* и выбрать географическую систему координат ГСК-2011 (*GCS_Russia_2011*) либо из Избранных, либо из списка поддерживаемых географических систем.

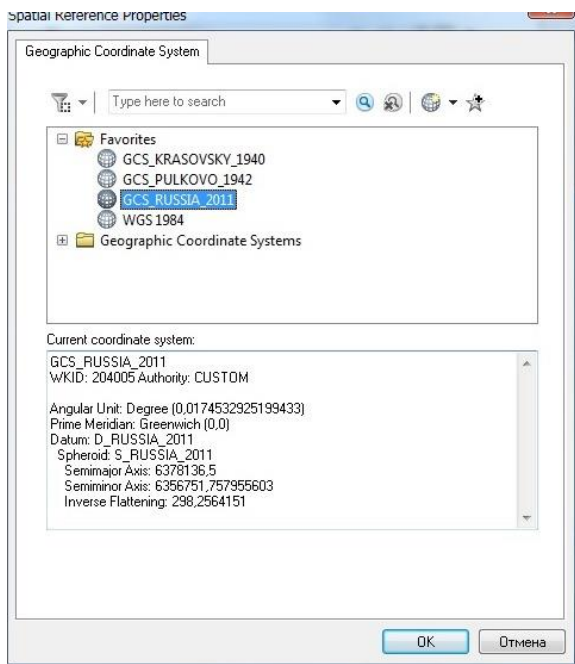


Рисунок 15. Выбор эллипсоида ГСК-2011 вместо предлагаемого по умолчанию WGS-84.

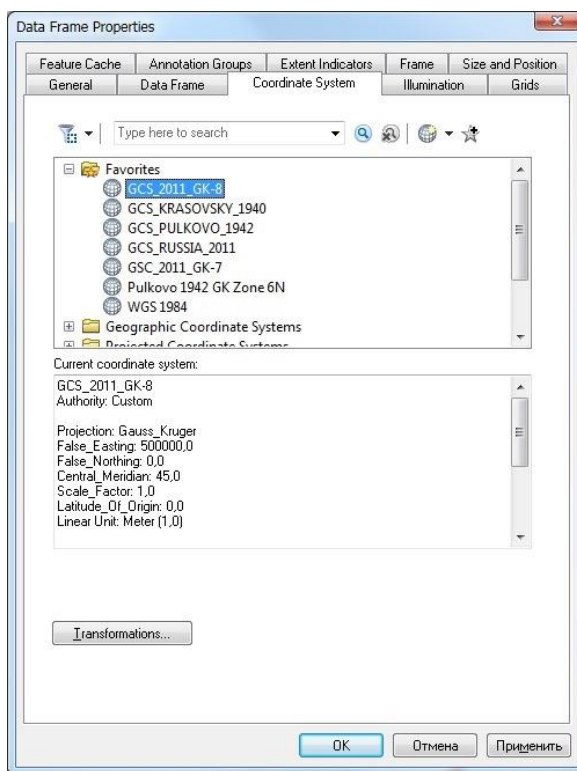


Рисунок 16. Кнопка (*) – занести в список в Избранное.

Как географическую систему координат ГСК-2011, так и созданную пользователем систему координат проекции рекомендуется для ускорения дальнейшего доступа к ним (минуя подпапки) добавить в *Избранное (Favorites)* (выделить их и щелкнуть по значку звездочки с плюсиком). Также можно сохранить описание новой проекции на диск в виде файла пространственной привязки (.PRJ), нажав правой кнопкой на название проекции и выбрав *Сохранить как (Save as)*. В дальнейшем это описание можно использовать в инструменте *Проецировать*, выбирая пункт меню *Импорт (Import)* при определении системы координат, в которую нужно проецировать.

Следует отметить, что создать новую проекцию можно не только с использованием инструмента *Новая*. Можно и на основе уже существующей, встав в списке проекций на нее мышкой и выбрав *Изменить*, поменять в ее свойствах лишь некоторые параметры. Например, заменить эллипсоид Красовского на ГСК-2011.

5. Использование в ГСК-2011 ЦТО, созданной в СК-42.

Что касается применения цифровой топоосновы, созданной ранее в системе координат СК-42 (т.е. по соответствующим исходным тиражным оттискам, и с приписанной пространственной привязкой *Pulkovo_1942*), то, как и обычные слои пространственных данных, после перехода на ГСК-2011 ее слои могут быть использованы при создании новых карт в ArcGIS. Также, как и при добавлении их в созданные ранее ГИС-проекты.

Нужно быть готовым к нюансам при отображении пространственных слоев из СК-42 совместно с номенклатурной разграфкой (сеткой), собранной в ГСК-2011:

- При полистном отображении слоев из СК-42 на соответствующую номенклатуру в ГСК-2011 (напр., гидрография на лист О-36-I) в противоположных углах рамки появятся полосы либо с «пропусками», либо с наложениями на смежные листы.
- При использовании «сшитых» по листам слоев отображение будет сплошное, без пропусков и наложений.
- Для масштаба 1:1000 000 (и мельче) это может быть не критично – 100 метров (0.1 мм карты) в этом масштабе не различимы. По крайней мере при формировании макетов карт и печати. Хотя, конечно, это будет все равно видно при работе в среде ГИС-проектов при сильном увеличении.
- Использование отсканированных карт (например, тиражных оттисков топоосновы), созданных в разграфке СК-42, на эллипсоиде Красовского, возможно в двух вариантах.
 - Если потребуется подгрузить в проект в качестве подложки сканы исходных тиражных оттисков топоосновы, то и они будут перепроецированы, если были предварительно привязаны к своей рамке в СК-42. Это, естественно, приведет к их незначительному искажению, и, возможно, изменению привычной цветовой палитры.
 - Если же они еще не были привязаны, то их привязку можно сделать и в фрейме с настроенной системой координат ГСК-2011 (естественно, в проекции, в которой был источник, но с измененным эллипсоидом на ГСК-2011). Но трапецию нужно привязывать к рамке (сетке) СК-42, перепроецированной в ГСК-2011.
- И в том, и в другом случае в свойствах фрейма данных должны быть настроены соответствующие преобразования. Если это не скан тиражного оттиска, а произвольная карта, не имеющая какой-либо разграфки, то привязывать можно по характерным точкам (топоосновы или имеющихся общих объектов на привязываемом растре и в карте).
- Рамки номенклатурных листов в разграфке ГСК-2011.

В Росгеолфонде в настоящее время созданы шейп-файлы теоретических рамок номенклатурных листов в ГСК-2011 на все основные масштабы, используемые в отрасли (1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000). Их следует подгружать в ГИС-проекты, настроенные для отображения карт в ГСК-2011. Это обеспечит привычные значения координат в узлах рамок («целые градусы»). Необходимо также понимать, что при добавлении в проект с настроенной ГСК-2011 используемых ранее рамок в СК-42 они будут отображаться со смещением относительно рамок ГСК-2011 (даже при корректном использовании соответствующих преобразований). Это смещение составит в среднем 90-160 метров, и координаты узлов рамок СК-42 в координатах ГСК-2011 не будут целыми.

6. Применение ГСК-2011 в работах по созданию ГГК-200.

При выполнении работ по созданию комплектов Государственной Геологической Карты масштабов 1:1000 000 и 1:200 000 на каждый номенклатурный лист с 01.01.2021 года может поменяться технология подготовки материалов. Как цифровой топографической основы, так и используемых на эти номенклатурные листы созданных ранее цифровых моделей карт геологического содержания. Это связано с особенностью новой номенклатурной разграфки ГСК-2011, поскольку она смещена по отношению к используемой ранее многие

десятилетия разграфкой СК-42. В этой ситуации при выборе территории для работ по конкретному номенклатурному листу возможны два подхода.

Первый – остаться в территориальных пределах старой разграфки СК-42. Работы в пределах этой разграфки ведутся уже более 2-х десятилетий и уже не всегда на новые, удаленные от изученных, территории. Но достаточно большая часть номенклатур является смежными с уже законченными листами. И чтобы не допустить наложения или пропусков по границам уже готовых и находящихся в работе листов при их совмещении (как в пазл), оставаться при выборе площади листа нужно в старой разграфке. А в какой системе координат представлять объекты карты это уже второй, и не основной вопрос. Можно как в системе координат ГСК-2011, перепроецировав в нее все слои карты. Либо держать по старой и доброй традиции в СК-42 (памятуя об истинной системе координат исходной топоосновы), но в проектах «на лету» перепроецировать в любую систему. В том числе и в ГСК-2011. Здесь авторы имеют ввиду, что не исключена возможность появления очередной, более точной, системы координат (например, ГСК-2023!). Склониться к этому варианту позволяет еще и тот факт, что в нормативных документах, как правительственных, так и ведомственных, нигде не регламентируется территориальная нарезка объектов при проведении работ. Тем более, что решения по выполнению работ и технология создания ГТК базовых масштабов отрасли принимались 3 десятилетия назад. Только нужно иметь в виду, что стороны рамки НЛ, построенных в ГСК-2011, но с использованием старой разграфки СК-42, будут иметь нецелые значения (например, северо-западный («левый верхний») угол показанного на рисунке НЛ О-36-I будет иметь в этом случае координаты не $60^{\circ}00'$, $30^{\circ}00'$, а $59^{\circ}59'59,89''$, $29^{\circ}59'51,86''$).

Второй вариант развития событий – выбирать для разграфки новых листов новую рамку. А это значит вносить изменения в технологии создания под новую рамку и ЦТО, и привлекаемые цифровые геологические карты, созданные в старой разграфке (Рис. 17).

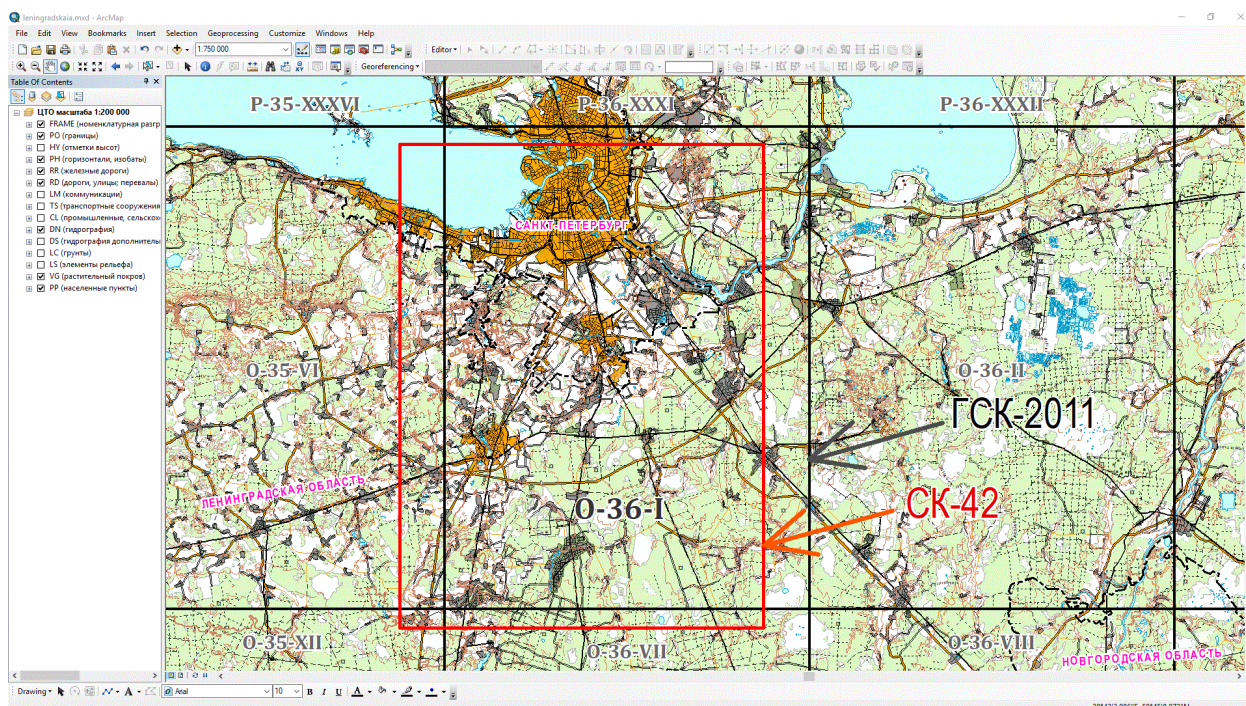


Рисунок 17. Смещение рамки листа О-36-I в разграфке ГСК-2011 от рамки в СК-42 (показано с преувеличением!).

Что касается использования созданной в СК-42 ЦТО масштаба 1:200 000 для покрытия ею новой территории в пределах новой рамки номенклатурного листа, то здесь возможны две ситуации:

- Если покрытие сплошное, т. е. объекты были предварительно сведены по границам и сшиты (например, на территорию субъекта РФ или по регионам), то новая ЦТО получается вырезанием новой рамкой ГСК-2011 (например, рамкой листа О-36-I).
- Если работа по созданию ЦТО начинается с полистной ЦТО, то технология существенно усложняется. (справочно: в настоящее время ЦТО на более чем 2 000 НЛ из фонда РГФ еще не сведено по границам листов!). В перечень работ добавляются этапы:
 - ✓ Самое простое будет обрезать новой рамкой «лишние» 2 полосы.
 - ✓ Самое трудозатратное - «добор» двух полосок и уголка со смежных листов (а это 3 дополнительных НЛ в работе – 3 ЦТО и 3 отсканированных тиражных... В нашем примере это листы Р-36-XXXI, О-36-II и уголок с листа Р-36-XXXII).
 - ✓ Далее согласование (выравнивание) объектов по границам, сшивка, обрезание новой рамкой....
 - ✓ Кстати, если один НЛ из них из другой зоны, то используется стандартная технология по сшивке объектов по границам листов, предварительно перепроецировав смежные листы в географическую систему координат (градусы).

Мнение авторов пособия – использовать разграфку СК-42. Но все-таки, вероятнее всего, для решения этого вопроса потребуется экспертное заключение специалистов НРС, и принятие его на уровне Роснедр.

7. Вопросы (и факты) при применении ГСК-2011.

В первые месяцы перехода на новую систему координат появился целый ряд вопросов по применению ГСК-2011. В большей степени эти вопросы возникли не от необходимости применения конкретно системы координат ГСК-2011, а от неожиданного и массового осознания специалистами того факта, что накопленный объем пространственных данных может быть (был, и будет!) представлен в разных системах координат. И ранее используемые методы пересчетов из разных использованных систем координат, при достаточно непрофессиональном, даже пренебрежительном к таким пересчетам отношении, не могут уже удовлетворить точность и корректность нынешнего перехода на ГСК-2011. Вот лишь некоторые из этих вопросов.

1. Пересчитывать ли все накопленные пространственные данные из СК-42 (WGS-84) в ГСК-2011?
2. Сколько десятичных знаков в секундах широты/долготы хранить? (И это не вопрос только к ГСК-2011!).
3. Какими способами пересчета пользоваться?
4. Что делать при наложении контуров участков?
5. И некоторые другие ...

1). Пересчитывать ли все пространственные данные из СК-42 в ГСК-2011?

Не имеет смысла тратить время и ресурсы на пересчет всего накопленного объема ПД в новую систему координат.

- При наличии таблиц с координатами угловых точек возможен оперативный Он-лайн пересчет. Например, в ФГИС «АСЛН».
- При работе в ГИС все слои ПД доступны для отображения «на лету» в любой СК.

Так, собственно, в последние годы в ГИС-проектах и использовались для отображения и формирования макетов карт как СК-42 (Пулково), так и WGS-84, и другие системы координат, в зависимости от потребности и картографической корректности отображения этих карт. Теперь добавится для активного использования и ГСК-2011.

Преобразования всех эллипсоидов для взаимных пересчетов есть. Конечно, в случае использования пространственных данных с разными системами координат при формировании макетов карт в ГСК-2011, их предварительно можно физически перепроецировать в ГСК-2011. Этим самым добившись оптимизации при создании электронных макетов карт.

Также не исключено, что могут измениться методы и параметры пересчета, и возникнет необходимость регулярных пересчетов в ГСК-2011, но уже с более новыми параметрами связи между эллипсоидами (т.е. другими географическими преобразованиями). Или в очередную новую систему координат.

Тем более не разумно одновременно хранить значения координат объектов в различных базах данных с дублированием в разных системах координат. Помимо выше упомянутых веских причин против этого несколько дополнительных доводов:

- Уже введенный признак принадлежности к СК однозначно определяет ее для координат объекта. При уже существующей возможности оперативного пересчета и выдачи результата в любой нужной СК из хранящихся в базе координат объектов их хранение в одном экземпляре достаточно.
- Пересчет координат всех объектов для их хранения во втором экземпляре потребует не только время, но и необходимость увеличения объема базы данных для хранения и новых координат, и дополнительного признака к ним, в какую СК пересчитали.
- Почему только в двух СК, и каких конкретно? СК-42 и ГСК-2011? А почему еще и не в третью, например, международную СК - WGS-84? Ведь в ней поставляются все пространственные данные для публикации в интернете картографическими сервисами...

2). Сколько десятичных знаков в секундах хранить?

Пример значения одной из географических координат: 56° 17' 30,494" N.

- Секунда географических координат в линейном измерении может достигать приблизительно до 30 м. Единица первого знака - до 3-х метров. 2-го - до 30 см. 3-го – до 3 см.
- Для разных типов данных могут (и должны быть) свои требования...
- Необходимо разумно выбирать количество значащих цифр:
 - Если на входе секунды целые, то на выходе обеспечивать 3-4 десятичных знака бессмысленно. Точность координат этим не улучшается. Максимум 1 десятичный знак.
 - На входе 2 знака – в результате – 2-3 знака.

3). В ФГБУ «Росгеолфонд» используется 2 способа пересчета списков координат угловых точек из системы координат СК-42 в ГСК-2011:

- Пересчет с использованием технологии построения шейп-файлов из списков координат с их последующим перепроецированием ГИС-инструментами (ArcGIS) и формированием таблиц с координатами угловых точек (январь-март 2021г., в связи с отсутствием на тот момент других инструментов пересчета).
- «Онлайн пересчет координат» ФГИС «АСЛН» (с апреля 2021 г. и по настоящее время) для пересчета географических координат угловых точек объектов. Перечень систем координат расширен до СК-42, СК-95, WGS-84 и ГСК-2011.

В настоящее время разница в значениях координат при пересчете из системы координат СК-42 в ГСК-2011 в разделе «Онлайн пересчет координат» ФГИС «АСЛН», доступном любому пользователю сайта Росгеолфонда, и пересчете с использованием технологии построения шейп-файлов с их последующим перепроецированием ГИС-инструментами ПО ArcGIS и построением таблиц с координатами угловых точек, не превышает нескольких единиц в четвертом десятичном знаке секунд по широте и долготе. Это соответствует расхождению не более 3 сантиметров.

Для тестирования были использованы координаты геодезического пункта, которые приводятся для проверки функции преобразования координат специализированного программного обеспечения в стандарте АО «Роскартография» - <https://www.roscartography.ru/wp-content/uploads/2020/12/sto-3.5-2020-metody-preobrazovaniya-koordinat-i-vysot.pdf>, с. 29, Прил. Ж. (Рис. 18-19).

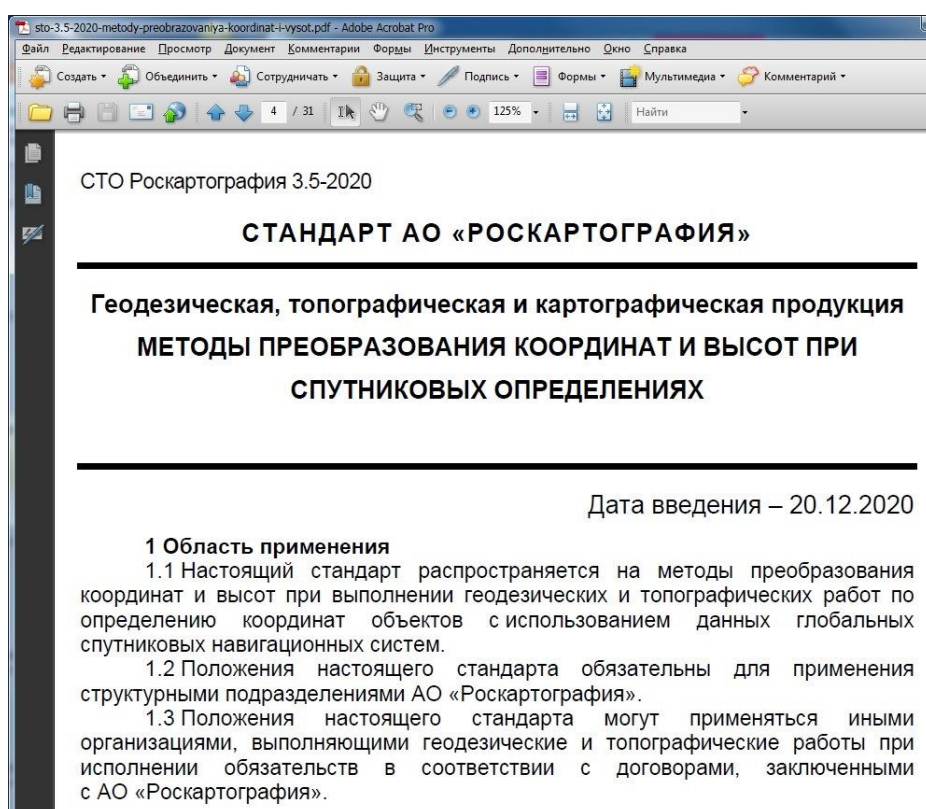


Рисунок 18. Методические материалы АО «Роскартография».

sto-3.5-2020-metody-preobrazovaniya-koordinat-i-vysot.pdf - Adobe Acrobat Pro

СТО Роскартография 3.5-2020

**Приложение Ж
(справочное)**
Пример преобразования координат

Т а б л и ц а Ж.1 – Набор значений преобразованных координат геодезического пункта, предназначенный для проверки функции преобразования координат СПО.

№ п/п	Система координат	Прямоугольные пространственные координаты X, Y, Z (м)	Геодезические координаты B, L, H (м)	Плоские прямоугольные координаты x, y (м)	
1	WGS-84 (G1150)	2 550 716,394 2 466 143,068 5 282 690,714	56° 17' 30,494" N 44° 02' 03,154" E 178,58	6 238 976,47 440 221,47	Проекция UTM38N
2	ГСК-2011	2 550 716,220 2 466 143,150 5 282 690,770	56° 17' 30,498" N 44° 02' 03,164" E 179,12	6 241 472,64 8 440 197,74	Проекция Гаусса-Крюгера
3	ПЗ-90.11	2 550 716,238 2 466 143,165 5 282 690,803	56° 17' 30,495" N 44° 02' 03,164" E 179,59	-	-
4	СК-95	2 550 693,534 2 466 272,405 5 282 772,391	56° 17' 29,903" N 44° 02' 09,483" E 177,42	6 241 562,57 8 440 305,17	Проекция Гаусса-Крюгера
5	СК-42	2 550 693,362 2 466 274,303 5 282 774,958	56° 17' 29,917" N 44° 02' 09,569" E 180,22	6 241 562,98 8 440 306,66	Проекция Гаусса-Крюгера

Примечание - Реализация WGS-84 (G1150) относится к эпохе 2011 года.
Координаты вычислены с помощью СПО Leica Infinity 3.0 и Trimble Business Center 5.1

210 x 297 мм

Рисунок 19. Приложение Ж стандарта АО «Роскартография».

4). Наложение угловых точек объектов (как правило, при добавлении новых полигонов) на смежные объекты (Рис.20 – 21).

И это тоже вопрос не только к ГСК-2011! Эта ситуация могла быть и при использовании любой другой системы координат (СК-42, WGS-84). Причем не только в результате пересчета координат угловых точек в ГСК-2011 из-за возможных погрешностей пересчета координат или неправильно выбранных преобразований, но и при использовании той же системы координат. Необходимо понимать (и учитывать), с какой точностью снимались координаты нового и предыдущих объектов, какими инструментами, правильно ли были приписаны системы координат. Если использовались бытовые GPS-приемники, то их точность м.б. более 3 метров.

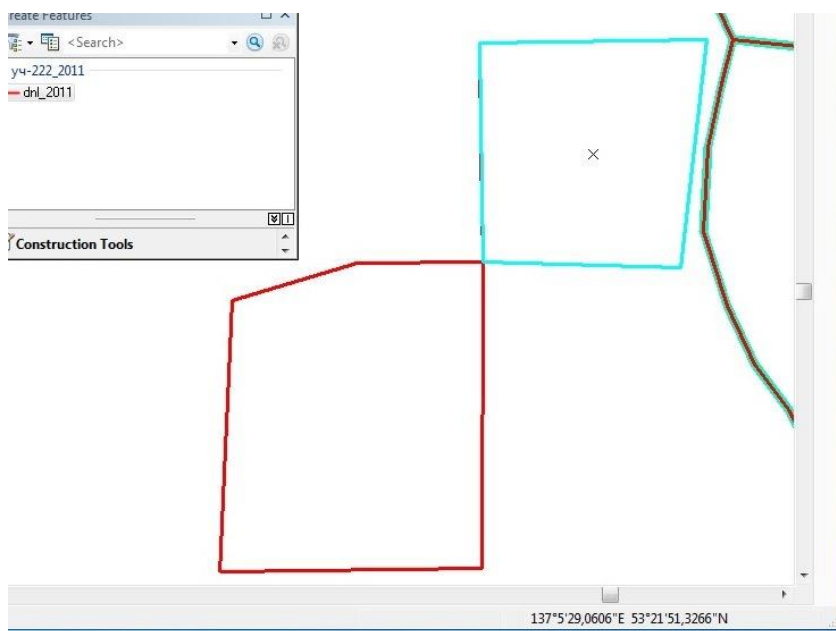


Рисунок 20. Наложение угловых точек объектов.

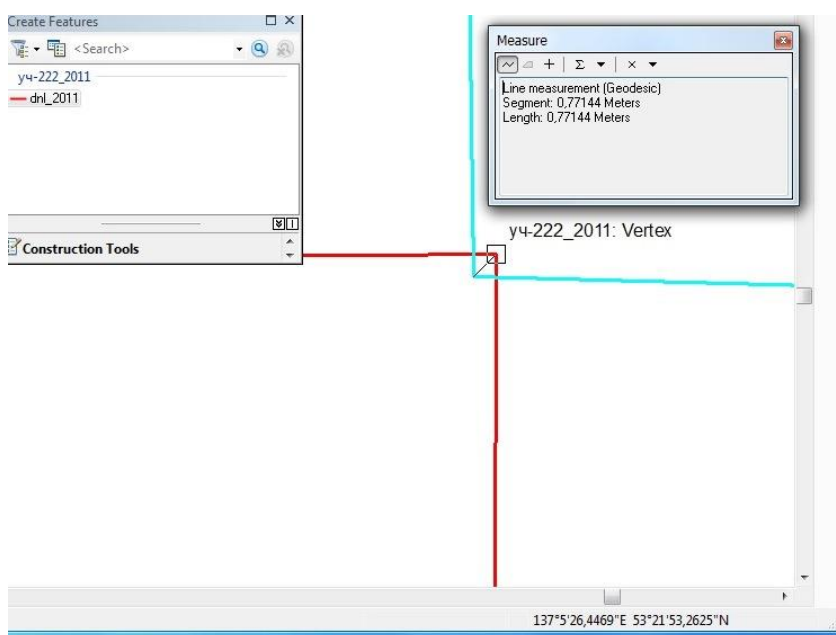


Рисунок 21. Наложение угловых точек объектов (при увеличении).

Возможные решения в таких ситуациях: приводить значения к совпадению координат «лучшего» объекта, снятого с большей точностью, или более нового. Или ограничиться погрешностью, в пределах которой такие ситуации допустимы (напр., 3 метра). Но без административного решения в таких ситуациях не обойтись.

8. Дополнительные материалы по ГСК-2011.

В период с января по апрель 2021 года, когда наиболее интенсивно обсуждалась тема перехода на ГСК-2011, создавались новые материалы. Подбирались уже существующие документы и дополнительные справочные данные по этому вопросу. Часть из них (ссылки) представлена ниже.

- Росгеолфонд:
 - ✓ Инструмент пересчета координат (в ФГИС АСЛН): <https://rfgf.ru/info-resursy/fgis-asln>.
 - ✓ ГСК-2011. Нормативная база. Особенности применения.
 - ✓ ГСК-2011. Инструкция для ArcGIS v.9,10.
 - ✓ Архив Setki.rar с номенклатурной разграфкой для масштабов 1:1000 000 – 1:50 000 в ГСК-2011.
 - ✓ Файлы с параметрами ГСК-2011 для установки в ArcGIS: Custprj, CustomTransformations.
 - ✓ Файлы с описанием проекций Гаусса-Крюгера на ГСК-2011.
- ЭСРИ СНГ:
 - ✓ О географических преобразованиях - <https://blogs.esri-cis.ru/2018/02/14/geo-transformations/>.
 - ✓ Подробнее о инструментах проецирования в ArcGIS – презентации с конференций: <https://blogs.esri-cis.ru/2016/02/05/arcgis-msk/> , <https://www.youtube.com/watch?v=-tUWPhG8F-M> .
- ГСК-2011 в геологии, ЦНИГРИ, Вахрушев, Муравьев. Ссылка на статью 2019г.: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ispolzovaniya-gosudarstvennoy-sistemy-koordinat-gsk-2011-pri-rabotah-geologicheskoy-otrasli-formirovanii-edinogo/viewer>
- ВСЕГЕИ:
 - ✓ Методическое пособие по использованию систем спутниковой навигации при производстве ГСР-200 и работах по созданию Госгеолкарты-1000/3. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014.