

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, ИННОВАЦИЙ И
АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НА ПРАВЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВЕДЕНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ГЕОДЕЗИИ И
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ»**

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
к матрице деформации/трансформации
(пошаговый алгоритм пересчета данных из СК-42 в QazTRF-23)

Версия 1.3

Оглавление

| | |
|---|----------|
| 1 Введение | 2 |
| 2 Общие сведения | 3 |
| 3 Установка сетки в систему | 6 |
| 3.1 Установка сетки для ГИС-приложения QGIS | 6 |
| 3.1.1 Установка сетки в систему Windows | 6 |
| 3.1.2 Установка сетки в систему GNU/Linux | 6 |
| 3.2 Установка сетки для ГИС-приложения ArcMap | 7 |
| 4 Использование сетки | 8 |
| 4.1 Использование сетки в QGIS | 8 |
| 4.1.1 Настройка пользовательской проекции | 8 |
| 4.1.2 Применение пользовательской проекции | 13 |
| 4.1.3 Перепроектирование слоя | 15 |
| 4.2 Использование сетки в ArcMap | 15 |
| 4.2.1 Настройка пользовательской трансформации в географических координатах | 15 |
| 4.2.2 Применение пользовательской трансформации | 17 |
| 4.3 Использование сетки в командной строке | 19 |

1 Введение

В данном документе описывается использование матрицы (далее – «сетка») трансформации для пересчета координат в ГИС-приложениях и стандартном вводе-выводе командной строки.

Сетка трансформации используется для пересчета геодезических координат из одной системы координат в другую. В данном документе описывается использование сетки трансформации для пересчета координат из системы координат СК-42 в систему отсчета QazTRF-23.

2 Общие сведения

В соответствии с Постановлением Правительства Республики Казахстан от 14 марта 2023 года № 208 установленна государственная система отсчета QazTRF-23. Описание государственной системы отсчета QazTRF-23:

1. Казахстанская земная координатная отсчетная основа 2023 года (Qazaqstan Terrestrial Reference Frame 2023, QazTRF-23):
 - (а) Казахстанская земная координатная отсчётная основа 2023 года (Qazaqstan Terrestrial Reference Frame 2023, QazTRF-23) основана на концепциях Международной земной системы координат (International Terrestrial Reference System, ITRS), описанных в Конвенциях Международной службы вращения и систем отсчета 2010 года (International Earth Rotation and Reference Systems Service Conventions 2020, IERS Conventions 2020).
 - (б) QazTRF-23 реализована постояннодействующими пунктами Фундаментальной астрономо-геодезической сети и Высокоточной геодезической сети.
 - (в) Координаты пунктов QazTRF-23 определены на эпоху 2022.328 относительно ITRF2014.
 - (г) QazTRF-23 распространяется на всю территорию Республики Казахстан пунктами Астроном-геодезической сети 1 и 2 классов (АГС 1-2), пунктами Геодезической сети сгущения 3 и 4 классов (ГГС 3-4), пунктами Государственной нивелирной сети III и IV классов (ГНС 3-4).
 - (д) Связь между системой координат 1942 года и QazTRF-23 определяется пунктами АГС 1-2 и ГСС 3-4 класса.
2. Казахстанская высотная отсчетная основа (Qazaqstan Vertical Reference Frame, QazVRF):
 - (а) QazVRF основана на Балтийской системе высот 1977 года.
 - (б) QazVRF реализована пунктами Государственной нивелирной сети I и II классов.
 - (в) QazVRF распространяется на всю территорию Республики Казахстан пунктами Государственной нивелирной сети III и IV классов.
3. Казахстанская гравиметрическая отсчетная основа (Qazaqstan Gravity Reference Frame, QazGRF):
 - (а) QazGRF основана на абсолютных измерениях ускорения силы тяжести в соответствии с соглашениями Международной наземной гравиметрической системой отсчета (International Terrestrial Gravity Reference System, ITGRS).
 - (б) QazGRF реализована и распространена пунктами Государственной фундаментальной гравиметрической сети (ГФГС) и пунктами Государственной гравиметрической сети 1 класса (ГГрС-1).

4. Определение параметров отсчетного эллипсоида и картографической проекции:

- (а) Для геодезических и картографических задач используются эллипсоид Геодезической системы отсчета 1980 года (Geodetic Reference System 1980, GRS80) с следующими параметрами:
- радиус большой полуоси $a = 6378137.0$ м;
 - экваториальное сжатие $f = 1/298.2572221009$;
 - геоцентрическая гравитационная постоянная $GM = 3.986005 \cdot 10^{14} \text{ м}^3\text{s}^{-2}$;
 - угловая скорость вращения $\Omega = 7.292115 \cdot 10^{-5}$ рад \cdot $^{-1}$.
- (б) Координатная сетка для плоских координат определяется картографической проекцией Гаусса-Крюгера.
- (с) Для преобразования данных из системы координат 1942 года в QazTRF-23 используется матрица трансформации (сетка деформаций), представляющая собой регулярную сетку, в узлах которой находятся разности координат широты и долготы (между системы координат 1942 года и QazTRF-23).

Описание матрицы трансформации

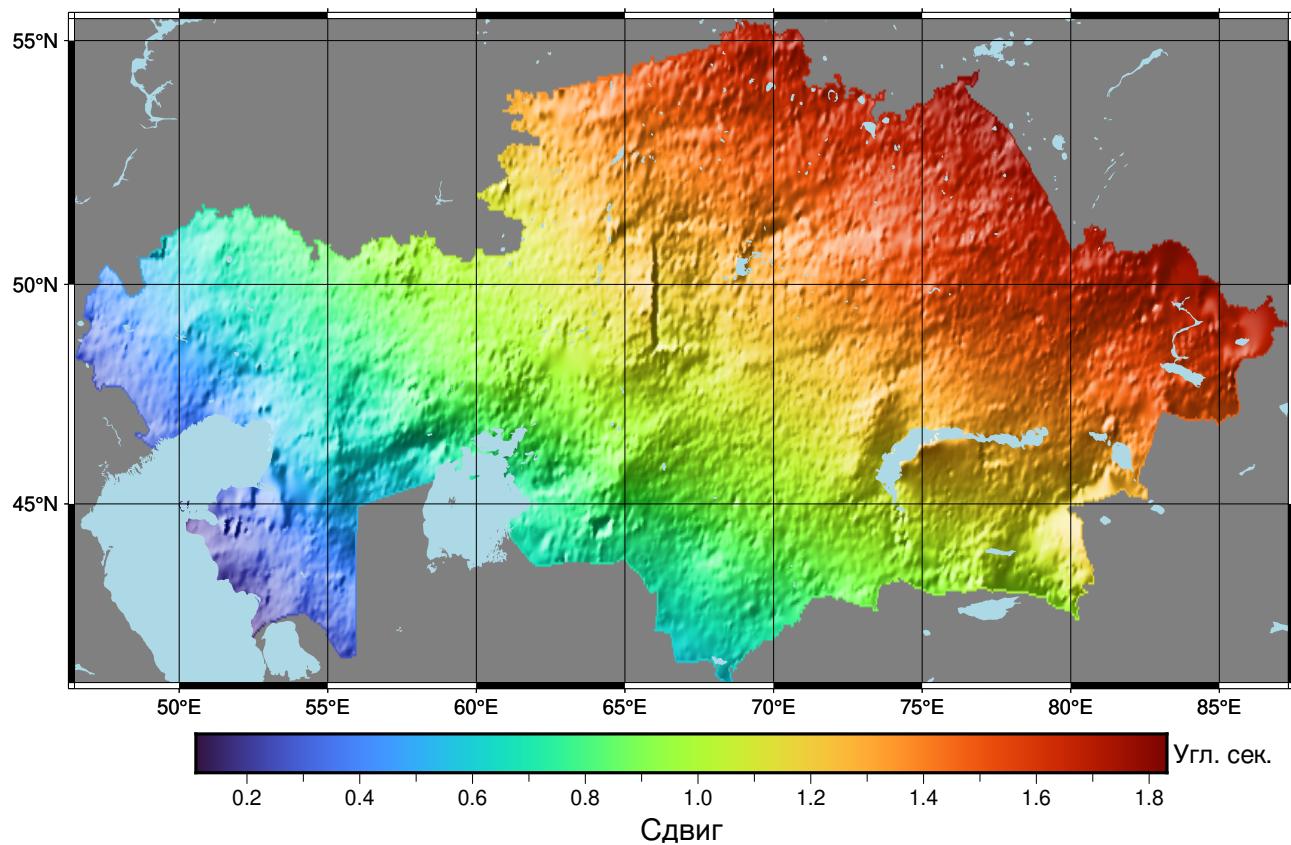
Сетка трансформации представляет собой двухполосную регулярную сетку в формате GeoTIFF, в узлах которой записаны поправки, представляющие собой сдвиг геодезических координат.

Параметры сетки представлены в табл. 2.1.

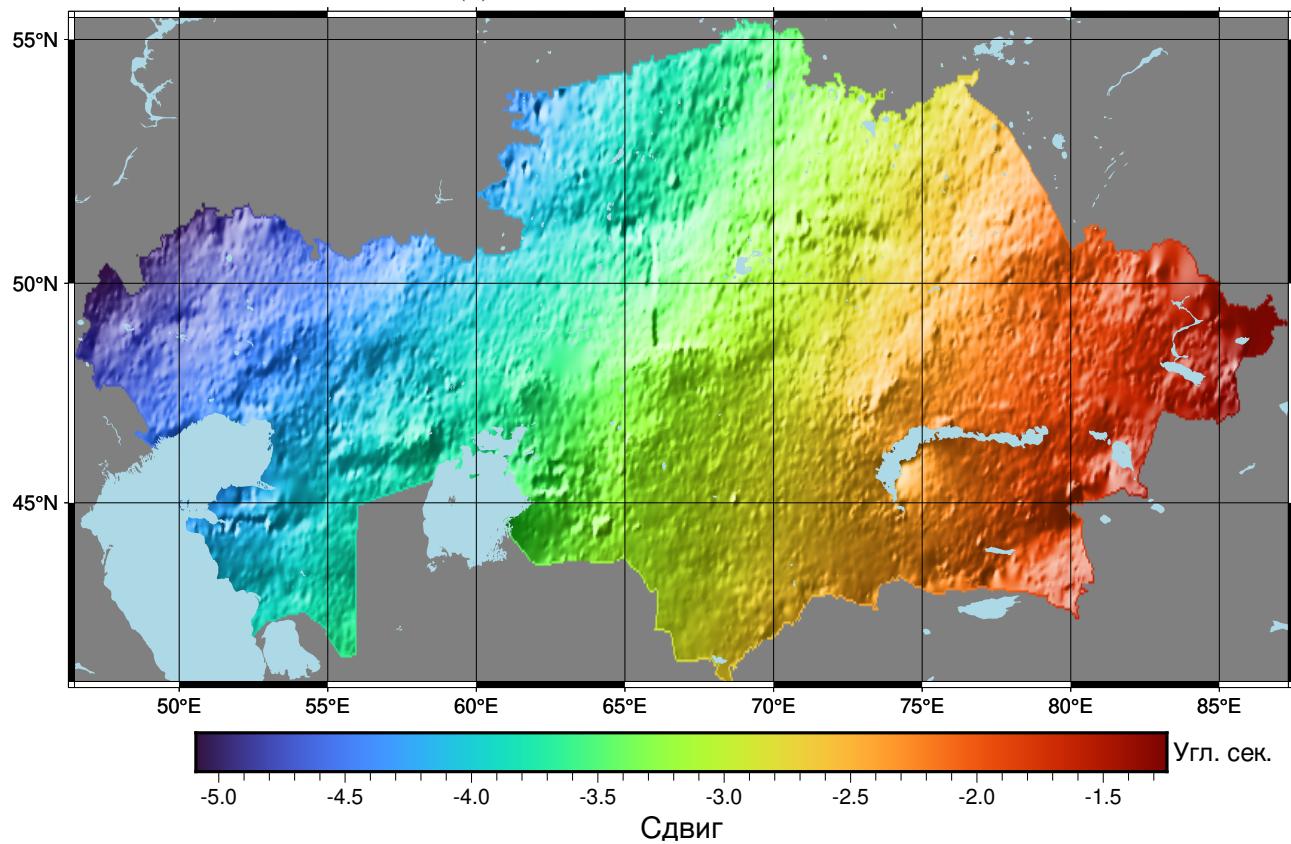
Таблица 2.1: Параметры сетки трансформации

| Параметр | Значение |
|-----------------------------------|---|
| Формат файлов | GeoTIFF, NTv2 |
| Название файлов | qazgrid.tif, qazgrid_kz.gsb |
| Размер ячейки | 0.05° (градусы дуги) |
| Размер сетки | 817×299 |
| Диапазон | 46.475×87.325° в. д. 40.525×55.475° с. ш. |
| Единицы измерения ячеек | " (секунды дуги) |
| Минимальное/максимальное значение | 0.109/1.832 " широты −5.091/−1.248 " долготы |
| Исходная система координат | CK-42 |
| Целевая система координат | QazTRF-23 |

На рис. 2.1 показаны сдвиги геодезических координат между системами координат CK-42 и QazTRF-23.



(a) Полоса 1: сдвиг по широте



(b) Полоса 2: сдвиг по долготе

Рис. 2.1: Сдвиги геодезических координат

3 Установка сетки в систему

Использование сетки трансформации заключается в получение поправок в географические координаты для любой точки, в пределах которой находится сетка. Поправки вычисляются методом интерполяции, основанным на значениях узлов сетки. Как правило, все современные ГИС-приложения, поддерживают такой тип трансформации.

Ниже представлены инструкции по установке сетки трансформации в систему и ее использованию в ГИС-приложении QGIS [4] и ArcMap [2].

3.1 Установка сетки для ГИС-приложения QGIS

Одним из наиболее распространенных способов применения сетки трансформации является использование библиотеки PROJ [3], на основе которой работает популярное ГИС-приложение QGIS.

3.1.1 Установка сетки в систему Windows

Для установки сетки трансформации в систему Windows выполните следующие шаги:

1. Убедитесь, что ГИС-приложение QGIS установлено на вашем компьютере и корректно работает.
2. Скопируйте файл сетки `qazgrid.tif` трансформации в каталог модуля `proj`. В зависимости от версии QGIS и способа установки, путь к каталогу `proj` может отличаться, например:

`C:\Program Files\QGIS 3.xx.x\share\proj\`

или

`C:\OSGeo4W\share\proj\`

3.1.2 Установка сетки в систему GNU/Linux

Для установки сетки трансформации в систему GNU/Linux выполните следующие шаги:

1. Убедитесь, что ГИС-приложение QGIS установлено на вашем компьютере и корректно работает.
2. Скопируйте файл сетки `qazgrid.tif` трансформации в каталог модуля `proj` с правами суперпользователя:

```
1 $ sudo cp qazgrid.tif /usr/share/proj/
```

3.2 Установка сетки для ГИС-приложения ArcMap

В системе ArcMap используется файл сетки трансформации в формате NTv2, который имеет расширение *.gsb. Для установки новой сетки трансформации в ArcMap выполните следующие шаги:

1. По пути указанному ниже создайте новую папку, с названием, характеризующем область или страну, к которой будет применяться трансформация:
 - для ArcMap 10:
`C:\Program Files\ArcGIS\Desktop 10.0\pedata\ntv2`
 - для ArcMap 9.3.1 и предыдущих версий:
`C:\Program Files\ArcGIS\pedata\ntv2`
 - Для 32-битных операционных систем Windows ArcMap установлен в `C:\Program Files (x86)`
2. Скопируйте файл сетки трансформации с формте NTv2 с расширением *.gsb в созданную папку

4 Использование сетки

В данное главе представлены инструкции по созданию пользовательских проекций на основе сетки трансформации и их использованию в ГИС-приложениях QGIS, ArcMap и командной строке.

4.1 Использование сетки в QGIS

4.1.1 Настройка пользовательской проекции

Применение параметров трансформации в ГИС-приложении QGIS выполняется «на лету». Для этого для каждого слоя должны быть заданы параметры проекции, соответствующие координатам его геометрии. Координатной системой назначения является текущая система координат, выбранная для проекта.

Имейте в виду, что перепроектирование «на лету» относится к проекту, а не к отдельным слоям. Это означает, что слой может иметь систему координат, отличную от проекта, даже если вы видите его в правильном положении. Для сохранения результатов переопределения следует сохранить слой как новый с применением новых параметров, либо использовать специальную функцию перепроектирования слоя.

Для использования сетки трансформации в ГИС-приложении QGIS необходимо создать пользовательскую проекцию. В зависимости от того, в какой системе представлены исходные координаты, настройки будут отличаться.

Географические координаты:

Для настройки пользовательской системы, применяемой для исходных географических координат (широта, долгота) необходимо выполнить следующие шаги:

1. Запустите ГИС-приложение QGIS.
2. Откройте меню «Настройки» и выберите один из пунктов: «Пользовательские проекции» или «Параметры» 4.1.
3. В открывшемся окне выберите пункт «Заданные пользователем СК» во вкладке «Системы координат и преобразования».
4. Нажмите кнопку «Добавить».
5. Введите название системы координат, например, «QazTRF-23».
6. В поле «Параметры» ведите параметры проекции в формате PROJ.4. или WKT (см. рис. 4.2):
 - (a) В формате PROJ.4:
`+proj=longlat +ellps=krass +nadgrids=qazgrid.tif +no_defs +type=crs`

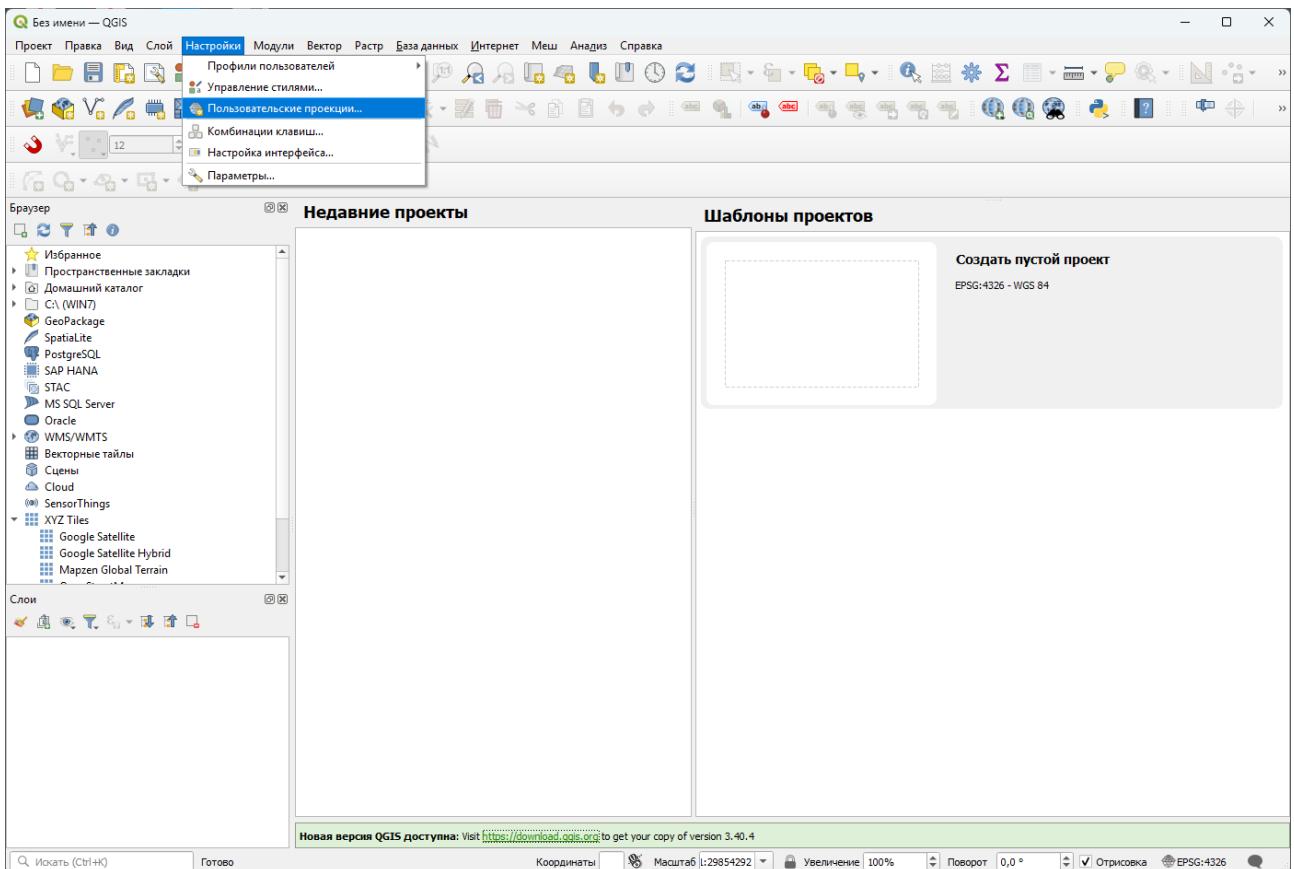


Рис. 4.1: Выбор меню «Пользовательские проекции»

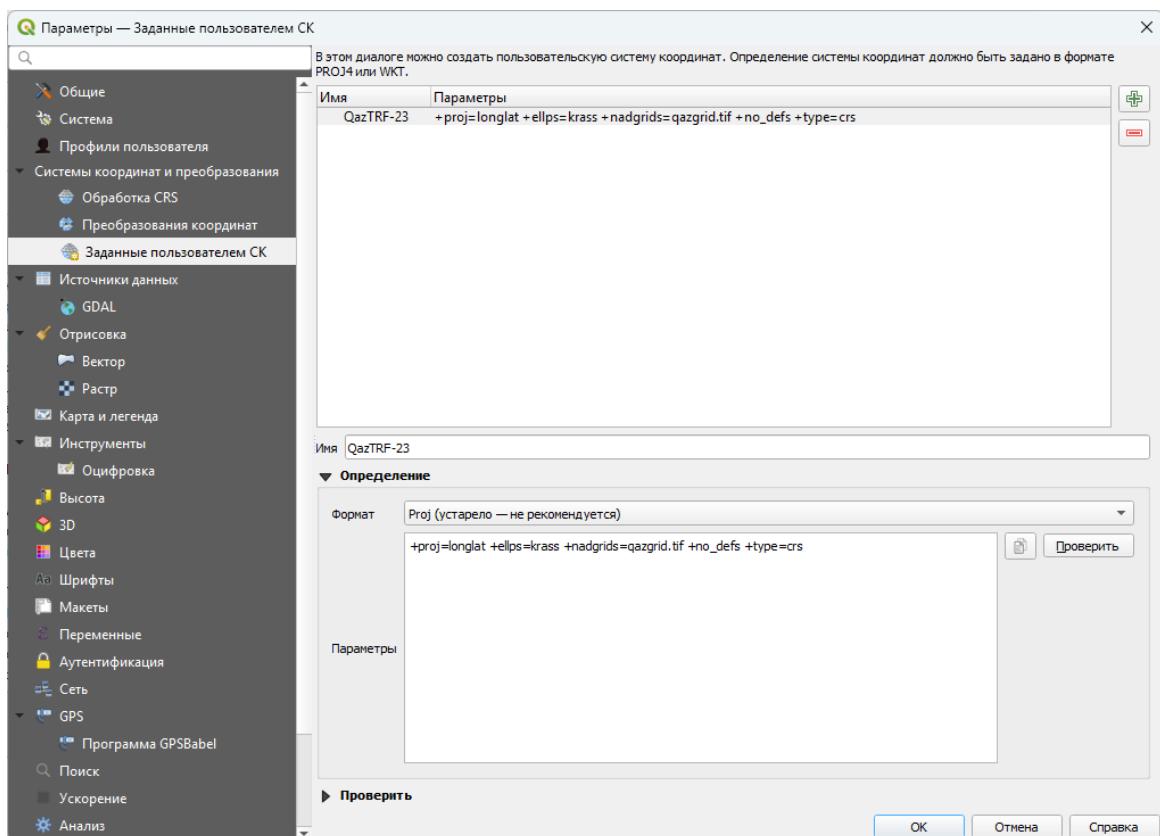


Рис. 4.2: Задание пользовательской системы координат

(b) В формате WKT:

```
1 BOUNDCRS [
2     SOURCECRS [
3         GEOGCRS ["unknown",
4             DATUM ["Unknown based on Krassovsky, 1942 ellipsoid using
5                 nadgrids=qazgrid.tif",
6                 ELLIPSOID ["Krassovsky, 1942", 6378245, 298.3,
7                     LENGTHUNIT ["metre", 1,
8                         ID ["EPSG", 9001]]],
9                 PRIMEM ["Greenwich", 0,
10                     ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433],
11                     ID ["EPSG", 8901]],
12                 CS [ellipsoidal, 2],
13                     AXIS ["longitude", east,
14                         ORDER [1],
15                         ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433,
16                             ID ["EPSG", 9122]]],
17                     AXIS ["latitude", north,
18                         ORDER [2],
19                         ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433,
20                             ID ["EPSG", 9122]]],
21             TARGETCRS [
22                 GEOGCRS ["WGS 84",
23                     DATUM ["World Geodetic System 1984",
24                         ELLIPSOID ["WGS 84", 6378137, 298.257223563,
25                             LENGTHUNIT ["metre", 1]]],
26                     PRIMEM ["Greenwich", 0,
27                         ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433]],
28                     CS [ellipsoidal, 2],
29                         AXIS ["latitude", north,
30                             ORDER [1],
31                             ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433]],
32                         AXIS ["longitude", east,
33                             ORDER [2],
34                             ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433],
35                             ID ["EPSG", 4326]]],
36                 ABRIDGEDTRANSFORMATION ["unknown to WGS84",
37                     METHOD ["NTv2",
38                         ID ["EPSG", 9615]],
39                     PARAMETERFILE ["Latitude and longitude difference file",
40                         "qazgrid.tif",
41                         ID ["EPSG", 8656]]]]]
```

7. Для проверки корректности введенного кода нажмите «Проверить». При отсутствии ошибок выйдет сообщение «Описание проекции в формате Proj корректно.» (см. рис. 4.3).

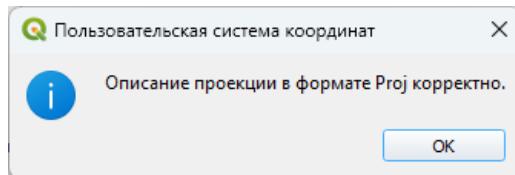


Рис. 4.3: Проверка кода

8. Для проверки корректности работы параметров проекции, раскройте вкладку «Проверить» и введите координаты в соответствующие поля «широта» и «долгота» (см. рис. 4.4).

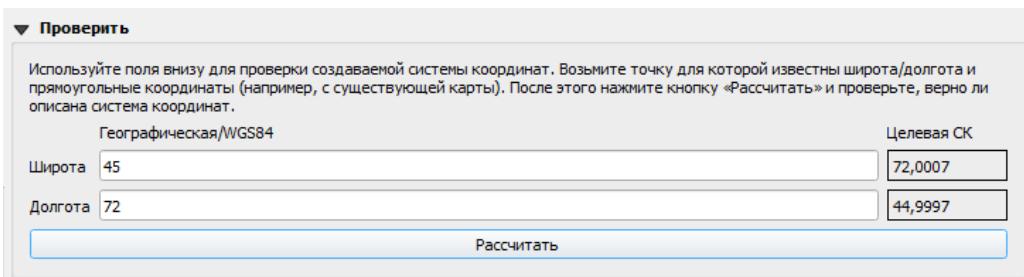


Рис. 4.4: Проверка параметров проекции

Координаты в проекции Гаусса-Крюгера:

Для настройки пользовательской системы, применяемой для исходных координат в проекции Гаусса-Крюгера необходимо выполнить следующие шаги:

1. Запустите ГИС-приложение QGIS.
2. Откройте меню «Настройки» и выберите один из пунктов: «Пользовательские проекции» или «Параметры».
3. В открывшемся окне вкладке «Системы координат и преобразования» выберите пункт «Заданные пользователем СК» (см. рис. 4.5).

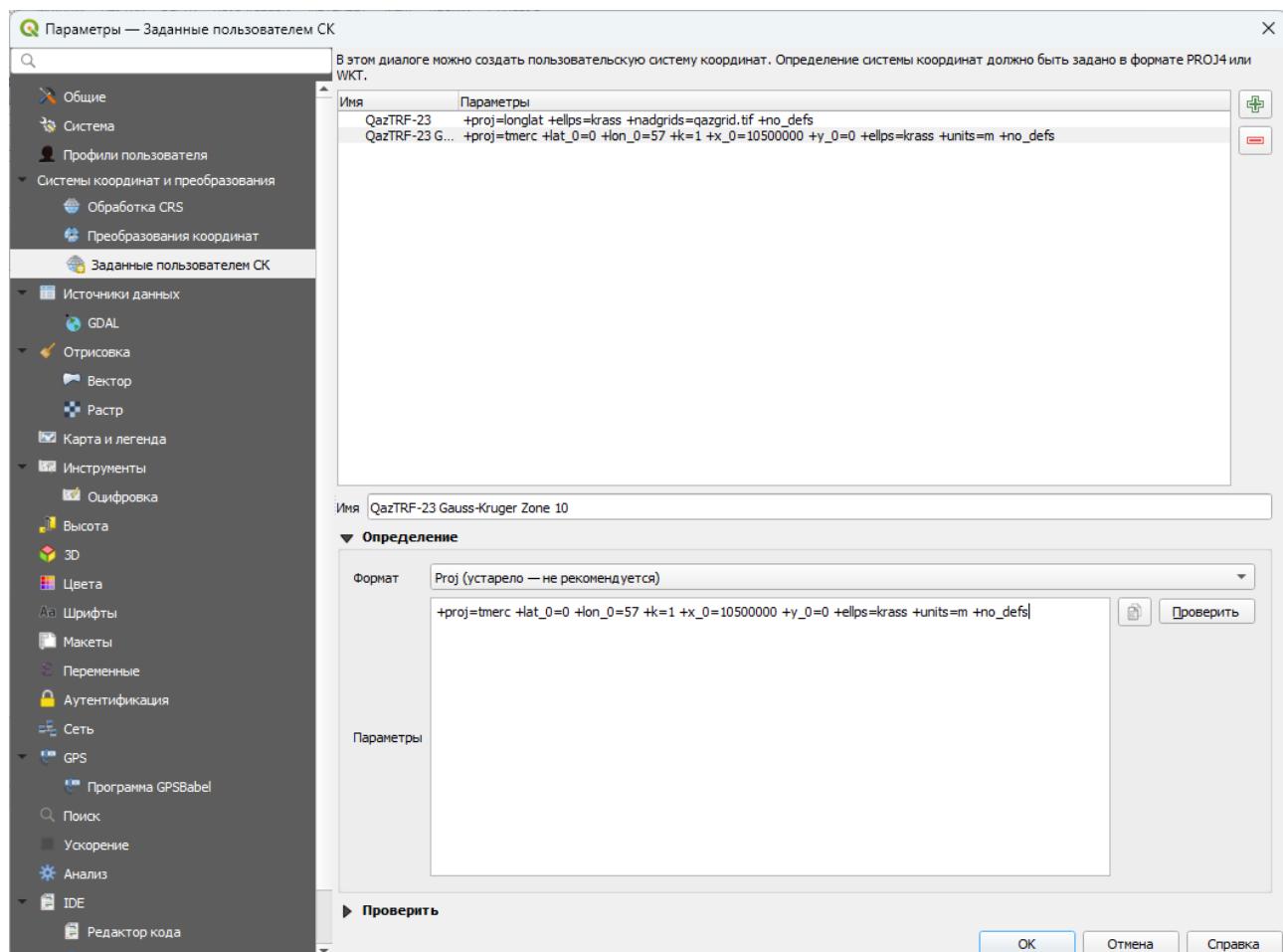


Рис. 4.5: Задание пользовательской системы координат в проекции Гаусса-Крюгера

4. Нажмите кнопку «Добавить».

5. Введите название системы координат, например, «QazTRF-23 Gauss-Kruger Zone ZZ», где ZZ – номер зоны, который определяется по первым цифрам горизонтальных координат точки.
6. В поле «Параметры» ведите параметры проекции в формате PROJ.4. или WKT, например:

(a) В формате PROJ.4:

```
+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=XX +k=1 +x_0=ZZ500000 +y_0=0 +ellps=krass
+nadgrids=qazgrid.tif +units=m +no_defs +type=crs
```

где XX – осевой меридиан, вычисляемый по формуле $XX = ZZ \cdot 6 - 3$, а $+x_0=ZZ500000$ – сдвиг 500 км на запад от осевого меридиана для данной зоны. Например, для зоны ZZ = 10 осевой меридиан $+lon_0=57$, а сдвиг $+x_0=10500000$.

(b) В формате WKT:

```

1  BOUNDCRS [
2      SOURCECRS [
3          PROJCRS ["unknown",
4              BASEGEOGCRS ["unknown",
5                  DATUM ["Unknown based on Krassovsky, 1942 ellipsoid
using nadgrids=qazgrid.tif",
6                      ELLIPSOID ["Krassovsky, 1942", 6378245, 298.3,
7                          LENGTHUNIT ["metre", 1,
8                              ID ["EPSG", 9001]]],
9                      PRIMEM ["Greenwich", 0,
10                         ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433],
11                             ID ["EPSG", 8901]]],
12                      CONVERSION ["unknown",
13                          METHOD ["Transverse Mercator",
14                              ID ["EPSG", 9807]],
15                          PARAMETER ["Latitude of natural origin", 0,
16                              ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433],
17                              ID ["EPSG", 8801]],
18                          PARAMETER ["Longitude of natural origin", 57,
19                              ANGLEUNIT ["degree", 0.0174532925199433],
20                              ID ["EPSG", 8802]],
21                          PARAMETER ["Scale factor at natural origin", 1,
22                              SCALEUNIT ["unity", 1],
23                              ID ["EPSG", 8805]],
24                          PARAMETER ["False easting", 10500000,
25                              LENGTHUNIT ["metre", 1],
26                              ID ["EPSG", 8806]],
27                          PARAMETER ["False northing", 0,
28                              LENGTHUNIT ["metre", 1],
29                              ID ["EPSG", 8807]]],
30                      CS [Cartesian, 2],
31                          AXIS [(E), east,
32                              ORDER [1],
33                              LENGTHUNIT ["metre", 1,
34                                  ID ["EPSG", 9001]]],
35                          AXIS [(N), north,
36                              ORDER [2],
37                              LENGTHUNIT ["metre", 1,
38                                  ID ["EPSG", 9001]]]]],
39      TARGETCRS [
40          GEOGCRS ["WGS 84",
41              DATUM ["World Geodetic System 1984",
42                  ELLIPSOID ["WGS 84", 6378137, 298.257223563,
43                      LENGTHUNIT ["metre", 1]]]]]
```

```

44      PRIMEM ["Greenwich",0,
45          ANGLEUNIT ["degree",0.0174532925199433]],
46          CS [ellipsoidal,2],
47              AXIS ["latitude",north,
48                  ORDER [1],
49                      ANGLEUNIT ["degree",0.0174532925199433]],
50              AXIS ["longitude",east,
51                  ORDER [2],
52                      ANGLEUNIT ["degree",0.0174532925199433]],
53                  ID ["EPSG",4326]],
54          ABRIDGEDTRANSFORMATION ["unknown to WGS84",
55              METHOD ["NTv2",
56                  ID ["EPSG",9615]],
57              PARAMETERFILE ["Latitude and longitude difference file",
58                  "qazgrid.tif",
59                  ID ["EPSG",8656]]]

```

7. Для проверки корректности введенного кода нажмите «Проверить». При отсутствии ошибок выйдет сообщение «Описание проекции в формате ProJ корректно».
8. Для проверки корректности работы параметров проекции, раскройте вкладку «Проверить» и введите координаты в соответствующие поля «Широта» и «Долгота». В полях «Целевая СК» должны появиться координаты в проекции Гаусса-Крюгера.

4.1.2 Применение пользовательской проекции

При загрузке данных из меню «Добавить слой», исходная система координат либо определяется самостоятельно (например, при загрузке из файла формата GeoJSON или Shapefile), либо задается вручную (например, при загрузке данных из файла формата CSV).

Для применения пользовательских параметров проекции с использованием сетки (см. разд. 4.1.1) необходимо выбрать при загрузке созданную систему координат, соответствующую координатам загружаемых данных.

Для этого в меню «Выбор системы координат» должен быть активен пункт «Предустановленные СК», а в разделе «Предопределенные системы координат» в списке «Пользовательская» должна быть выбрана созданная система координат (см. рис. 4.6).

Например, при загрузке данных из CSV-файла с координатами в проекции Гаусса-Крюгера попадающими в зону 10, необходимо выбрать созданную систему координат QazTRF-23 Gauss-Kruger Zone 10.

При необходимости пересчета координат в другую систему уже загруженного слоя, необходимо изменить систему координат слоя. Для этого из контекстного меню слоя необходимо выбрать пункт «Система координат слоя», далее «Изменить систему координат слоя» (см. рис. 4.7). В открывшемся окне выбрать созданную систему координат (см. рис. 4.6).

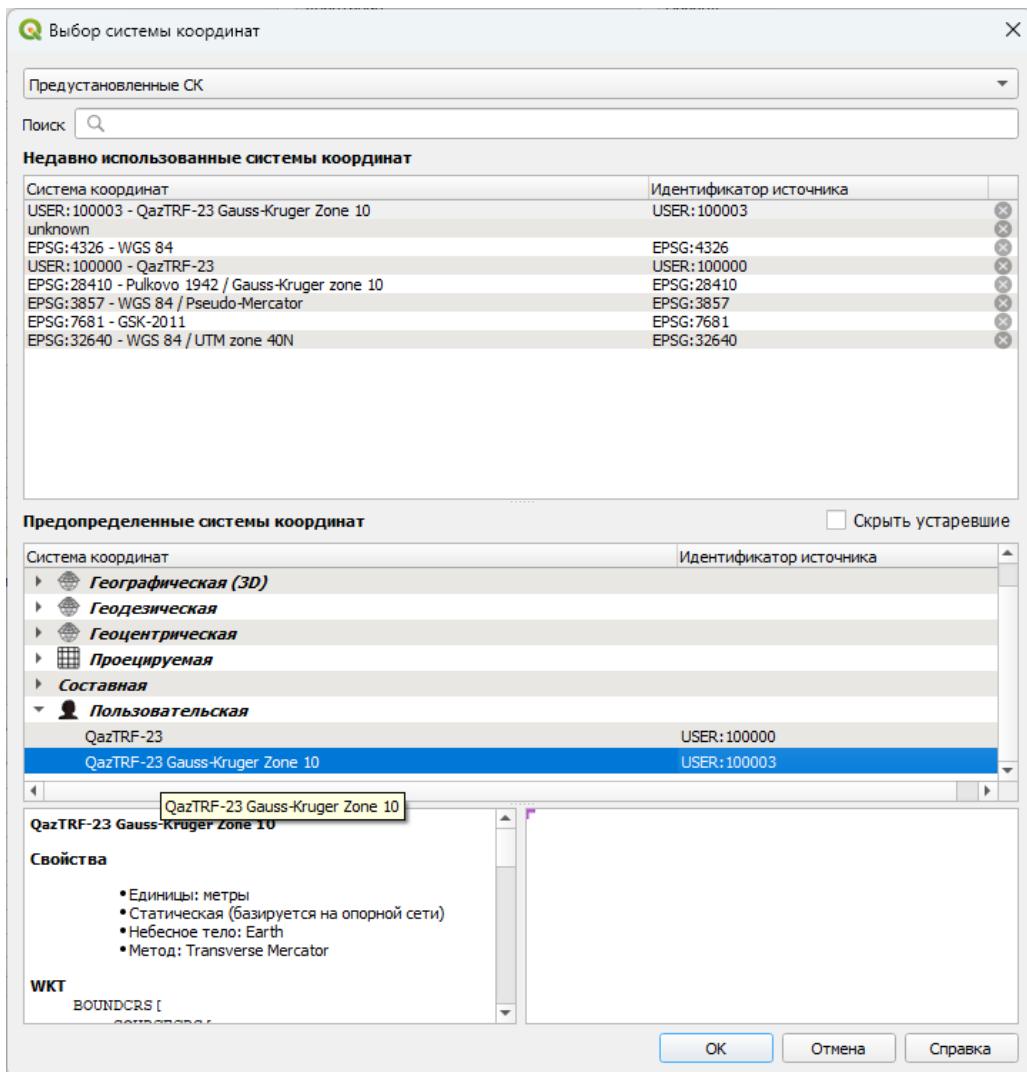


Рис. 4.6: Выбор пользовательской системы координат

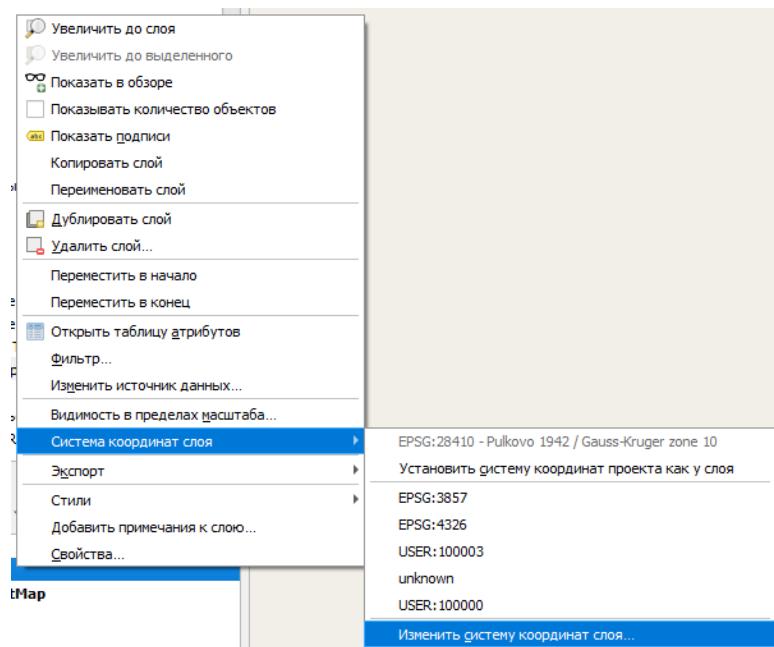
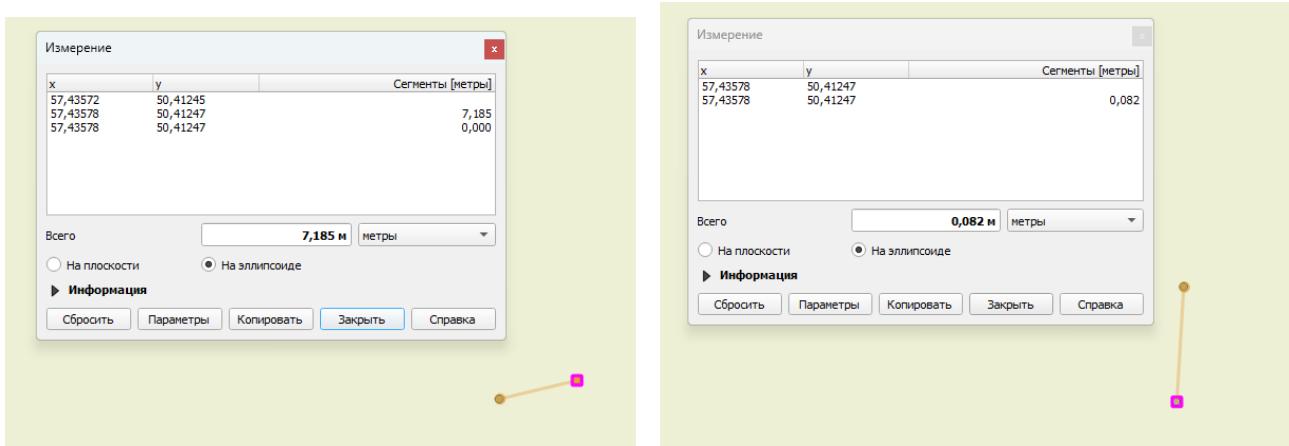


Рис. 4.7: Изменение системы координат слоя

Например, если изначально слой точек в проекции Гаусса-Крюгера и зоной 10 был загружен со стандартными параметрами EPSG:28410 -- Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 10, соответствующими ГОСТ 32453-2017 [1], то их разность с фактическими координатами, измеренными в QazTRF-23, будет составлять несколько метров (см. рис. 4.8а). После применения пользовательской проекции QazTRF-23 Gauss-Kruger Zone 10 расхождение между точками будет в пределах 10 см (см. рис. 4.8б).



(а) Стандартная проекция: разность между точками ≈ 7.2 м
 (б) Пользовательская проекция: разность между точками ≈ 0.1 м

Рис. 4.8: Сравнение координат точек в разных системах координат

4.1.3 Перепроектирование слоя

Вышеописанные операции позволяют применить параметры проекции индивидуально для каждого слоя. Результат перепроектирования будет относится к проекту в целом, но системы координат каждого слоя останутся прежними. Для перепроектирования слоя следует использовать функцию «Перепроектировать слой». Для этого необходимо в меню «Анализ» активировать «Панель инструментов» (**Ctrl+Alt+T**). В появившемся меню необходимо в разделе «Общие инструменты векторных данных» выбрать функцию «Перепроектировать слой». В открывшемся окне необходимо выбрать исходный слой для перепроектирования и целевую систему координат (см. рис. 4.13). По-умолчанию результат предлагается сохранить во временный слой, но при желании можно сразу указать имя выходного файла.

4.2 Использование сетки в ArcMap

4.2.1 Настройка пользовательской трансформации в географических координатах

В системе ArcMap используется файл сетки трансформации в формате NTv2, который должен иметь расширение *.gsb и находится в соответствующей системной папке (см. разд. 3.2). Для настройки пользовательской проекции необходимо выполнить следующие шаги:

1. Откройте **ArcToolbox** → **Data Management Tools** → **Projections and Transformations** → **Create Custom Geographic Transformation** (см. рис. 4.9)
2. В поле **Geographic Transformation Name** введите название трансформации. Название трансформации не должно содержать пробелы. Например, название трансформации может быть записано в следующем формате: **QazTRF_2023**

3. Для выбора **Input Geographic Coordinate System** нажмите кнопку **Browse**, выберите папку **Geographic Coordinate Systems** и укажите существующую географическую систему координат, соответствующую сетке трансформации в формате NTv2 (например, GCS_Pulkovo_1942, соответствующую отсчетному эллипсоиду Красовского в системе координат СК-42)
4. Для выбора **Output Geographic Coordinate System** нажмите кнопку **Browse**, выберите папку **Geographic Coordinate Systems** и укажите желаемую географическую систему координат для сетки NTv2 (например, GCS_WGS_1984, соответствующую отсчетному эллипсоиду GRS80 в системе координат WGS84)
5. В раскрывающемся списке **Method** выберите **NTv2**
6. В разделе **Parameters** в поле **Value** укажите название новой папки, поставьте косую черту (\) и добавьте имя файла *.gsb. Например, для файла новой трансформации Казахстана с именем qazgrid_kz.gsb поле **Value** будет заполнено как:
kazakhstan/qazgrid_kz.gsb.

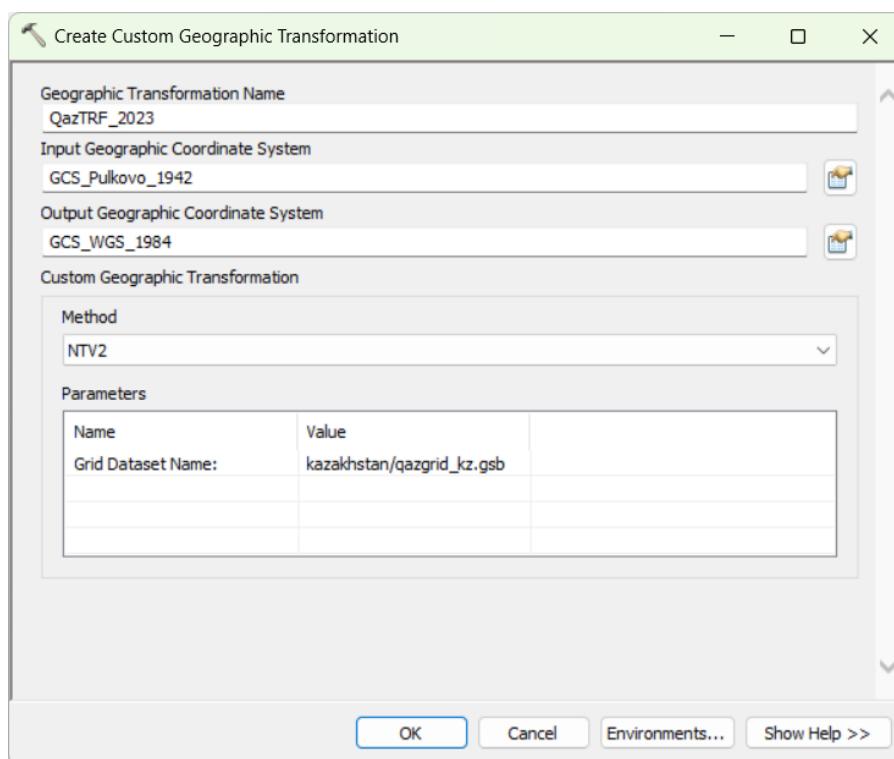


Рис. 4.9: Создание пользовательской трансформации на основе сетки NTv2

7. В диалоговом окне **Create Custom Geographic Transformation** нажмите **OK**
 - в версии 10.0 файл пользовательской трансформации будет создан в папке:
`%User_Profile%\Application Data\ESRI\Desktop10.0\ArcToolbox\Custom Transformations`
 - В версии 9.3.1 и более ранних файл пользовательской трансформации создаётся в папке:
`%User_Profile%\Application Data\ESRI\ArcToolbox\Custom Transformations`
Файл будет иметь имя, указанное на шаге 1, с расширением *.gtf. Новая трансформация будет доступна для использования в инструменте Project

в ArcToolbox, а также в диалоговом окне Geographic Coordinate System Transformation в ArcMap.

8. Перезапустите ArcMap
9. Чтобы установить пользовательскую географическую трансформацию на другой компьютер, скопируйте файл *.gtf на этот компьютер по тому же пути в каталоге профиля пользователя, а также установите файл трансформационной сетки *.gsb на этом компьютере, как описано в шагах 1 и 2.
10. После создания новой географической трансформации механизм проекции в ArcMap выполняет трансформацию в любом направлении – так же, как и для трансформаций, установленных вместе с программой.

4.2.2 Применение пользовательской трансформации

Для применения созданной пользовательской трансформации к слою необходимо:

1. Загрузить слой в исходной системе координат;
2. Из контекстного меню слоя выбрать пункт **Properties**, в открывшемся диалоговом окне выбрать вкладку **Coordinate Systems** (см. рис. 4.10)

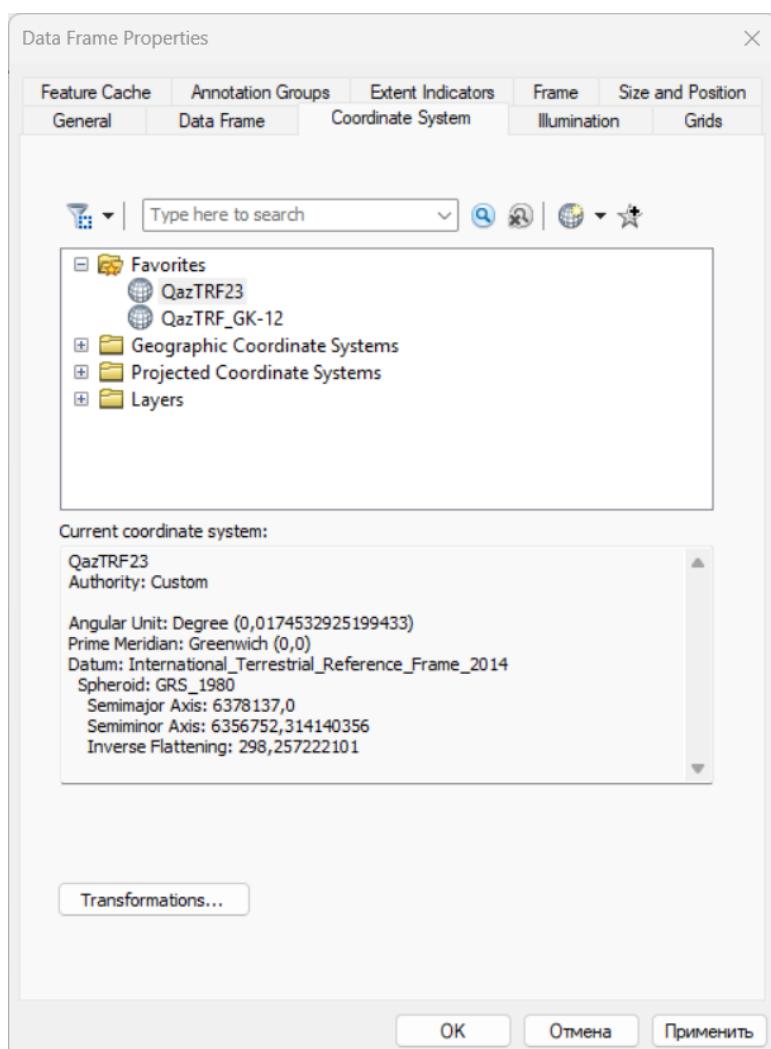


Рис. 4.10: Свойства слоя

3. Нажать кнопку **Transformations**, чтобы открыть диалоговое окно **Geographic Coordinate System Transformation** (см. рис. 4.11)

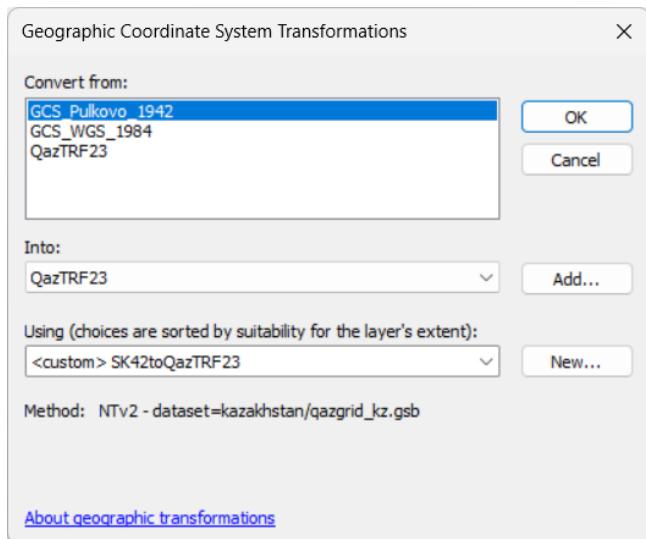


Рис. 4.11: Диалоговое окно Geographic Coordinate System Transformation

- В этом диалоговом окне в разделе **Convert from** в раскрывающемся списке выберите исходную систему координат
- В разделе **Into** выберите целевую систему координат
- В разделе **Using** выберите ранее созданную трансформацию
- Нажмите кнопку **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно **Layer Properties**

4. Выберите из контекстного меню **Data → Export Data**, чтобы открыть диалоговое окно **Export Data**
5. После этого диалоговом окне **Export Data** необходимо установить флажок **Use the same coordinate system as:** в положение **the data frame**

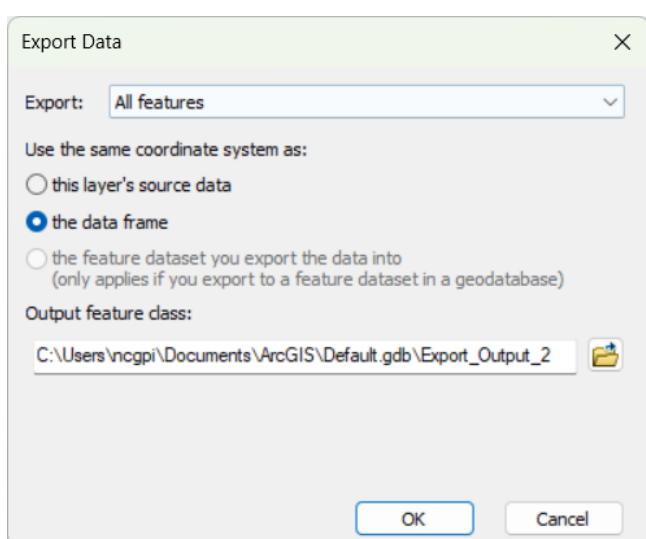


Рис. 4.12: Экспорт данных

6. Выбрать путь для сохранений в разделе **Output feature class** и нажмите кнопку **OK**

4.3 Использование сетки в командной строке

Для использования сетки трансформации в командной строке необходимо установить пакет PROJ. При установке QGIS этот пакет будет установлен автоматически.

Для примера рассмотрим пересчет координат точки из СК-42 в QazTRF-23 в системе Windows. Например, исходные координаты точек записаны в текстовые файлы `input_lonlat.txt` и `input_tmerc.txt` в форматах «Долгота Широта Название» и «Восток Север Название», соответственно¹:

```
1 57.289727100 50.450048896 Station_1
2 57.358348157 50.178332040 Station_2
3 57.578366195 50.195457018 Station_3
```

Листинг 4.1: Содержание файла `input_lonlat.txt` в географических координатах

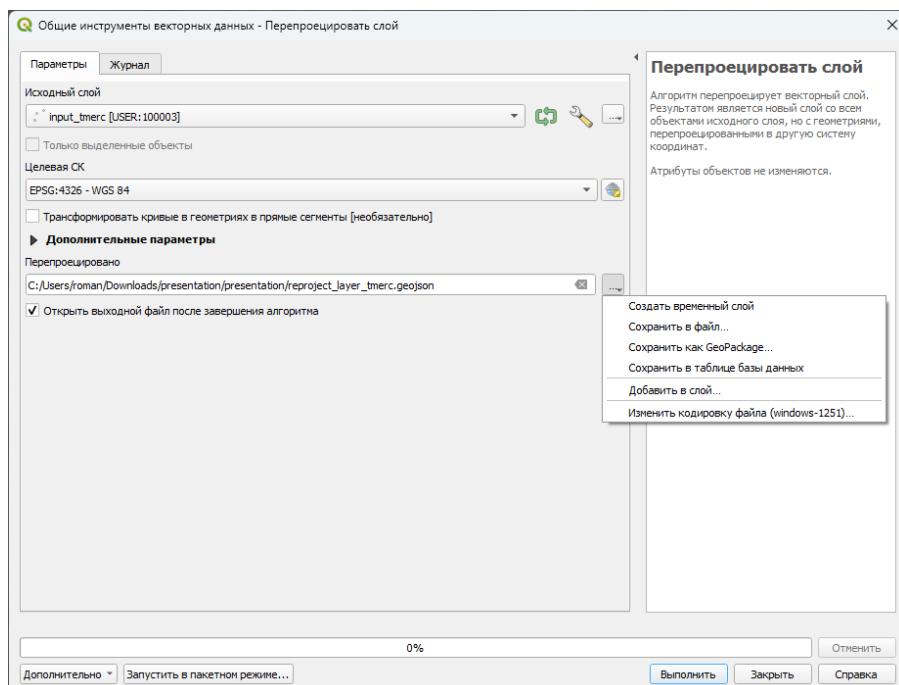


Рис. 4.13: Использование функции «Перепроецировать слой»

```
1 10520577.975 5591045.906 Station_1
2 10525597.277 5560842.298 Station_2
3 10541298.605 5562845.842 Station_3
```

Листинг 4.2: Содержание файла `input_tmerc.txt` в координатах проекции Гаусса-Крюгера

Для пересчета координат с использованием сетки трансформации выполните следующие шаги:

1. Убедитесь, что сетка трансформации `qazgrid.tif` установлена в систему (см. разд. 3).
2. Откройте командную строку OSGeo4W. Для этого нажмите «Пуск», далее в меню «Приложения» в папке «OSGeo4W» выберите «OSGeo4W Shell». Откроется терминал «OSGeo4W».
3. Для пересчета из координат в проекции Гаусса-Крюгера в СК-42 в координаты в проекции Гаусса-Крюгера в QazTRF-23 используйте следующую команду:

¹ В данном примере приводятся координаты смоделированных (несуществующих) пунктов

```

1 cs2cs -f "%.3f" +proj=tmerc +ellps=krass +lon_0=57 +x_0=10500000 +
    nadgrids=qazgrid.tif +to +proj=tmerc +ellps=GRS80 +lon_0=57 +x_0
    =10500000 +datum=WGS84 input_tmerc.txt > output.txt

```

здесь `-f "%.3f"` – формат выходных значений координат (3 знака после запятой), `input_tmerc.txt` – путь к входному файлу с координатами в проекции Гаусса-Крюгера в СК-42, `> output.txt` – перенаправление вывода результата в файл `output.txt` (по умолчанию вывод в стандартный вывод).

В нашем случае мы получим следующий результат:

```

1 10520492.208 5590977.072 0.000 Station_1
2 10525511.957 5560773.276 0.000 Station_2
3 10541213.480 5562777.012 0.000 Station_3

```

Листинг 4.3: Результат вычисления координат QazTRF-23 в проекции Гаусса-Крюгера

Измеренные значения координат QazTRF-23 в проекции Гаусса-Крюгера имеют следующие значения:

```

1 10520492.310 5590977.013 Station_1
2 10525511.915 5560773.307 Station_2
3 10541213.376 5562776.960 Station_3

```

Листинг 4.4: Измеренные значения координаты QazTRF-23 в проекции Гаусса-Крюгера

- Для пересчета из географических координат СК-42 в координаты QazTRF-23 в проекции Гаусса-Крюгера используйте следующую команду:

```

1 cs2cs -f "%.3f" +proj=longlat +ellps=krass +nadgrids=qazgrid.tif +to +
    proj=tmerc +ellps=GRS80 +lon_0=57 +x_0=10500000 +datum=WGS84
    input_lonlat.txt > output.txt

```

После выполнения данной команды мы получим результат, аналогичный тому, который приведен в листинге 4.3

- Для пересчета из географических координат СК-42 в географические координаты QazTRF-23 используйте следующую команду:

```

1 cs2cs -f "%.8f" +proj=longlat +ellps=krass +nadgrids=qazgrid.tif +to +
    proj=longlat +ellps=GRS80 +datum=WGS84 input_lonlat.txt > output.txt

```

Результат выполнения данной команды будет следующим:

```

1 57.28852597 50.45031660 0.00000000 Station_1
2 57.35716162 50.17859410 0.00000000 Station_2
3 57.57718687 50.19572333 0.00000000 Station_3

```

Листинг 4.5: Результат вычисления географических координат QazTRF-23

Измеренные значения географических координат QazTRF-23 имеют следующие значения:

```

1 57.288517229 50.449432580 Station_1
2 57.357148535 50.177715503 Station_2
3 57.577165208 50.194843739 Station_3

```

Листинг 4.6: Измеренные значения географических координат QazTRF-23

- Для пересчета из координат СК-42 в проекции Гаусса-Крюгера в географические координаты QazTRF-23 используйте следующую команду:

```
1 cs2cs -f "%.8f" +proj=tmerc +ellps=krass +lon_0=57 +x_0=10500000 +
      nadgrids=qazgrid.tif +to +proj=longlat +ellps=GRS80 +datum=WGS84
      input_tmerc.txt > output.txt
```

Результат данного вычисления будет аналогичным, приведенному в листинге 4.5.

Литература

- [1] Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. Межгосударственный стандарт ГОСТ 32453-2017, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации, Москва, 2017.
- [2] ESRI 2011. *ArcGIS Desktop*. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, 2011.
- [3] Gerald I. Evenden, Even Rouault, Frank Warmerdam, Kristian Evers, Thomas Knudsen, Howard Butler, Mike W. Taves, Kurt Schwehr, Elliott Sales de Andrade, Charles Karney, Sebastiaan Couwenberg, Nyall Dawson, Alan D. Snow, and Javier Jimenez Shaw. PROJ, September 2024.
- [4] QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association, 2025.