

# Первичная обработка данных SRTM в ГИС SAGA

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 19

Эта страница опубликована в основном списке статей сайта по адресу <http://gis-lab.info/qa/saga-srtm-preprocessing.html>

Возможная последовательность шагов по подготовке данных SRTM к тематическому анализу в ГИС SAGA.

Глобальная цифровая модель высот Shuttle Radar Topography Mission (далее – ЦМБ SRTM), находящаяся в открытом доступе с 2003 года, — общедоступный набор геоданных, активно применяющийся в прикладных исследованиях различной направленности. Ее популярность обуславливается простотой получения, практически глобальным охватом и соответствием запросам среднемасштабного картографирования. По разным оценкам, <sup>1</sup> детальность рельефа, представленного данными SRTM, в целом соответствует таковой на топографических картах масштабов 1:100 000 — 1:50 000.

Четвертое поколение данных SRTM<sup>2</sup> прошло несколько стадий обработки, позволивших повысить исходное качество. Основной целью этих улучшений было заполнение пробелов, характерных для территорий со сложным рельефом, поверхностей занятых водными объектами и прочих типов местностей, плохо поддающихся радарной съемке (например, пустынь). Для этого применялись несколько интерполяционных алгоритмов, а в роли вспомогательных источников использовались локальные и национальные ЦМР более высокого разрешения.

Однако, чтобы оценить пригодность ЦМБ для целей геоморфометрического анализа, рекомендуется дать ответы на следующие вопросы ([Reuter et al., 2008](#)):

- насколько точно представлены неровности поверхности (микро- и мезорельеф)?
- насколько точно представлена «гидрологическая» форма земной поверхности (вогнутые/ выпуклые формы рельефа, эрозия/ аккумуляция, дивергентность/ конвергентность потока воды)?
- насколько точно могут быть определены реальные тальвеги и водоразделы?
- насколько согласованы измерения высотных отметок по всей территории исследования?

Оценив с таких позиций данные SRTM можно сделать вывод, что их практическое применение все еще усложняется наличием погрешностей, связанных с технологией получения, т.к. обработка не была направлена на их устранение. К таким в первую очередь следует отнести искажения связанные с неоднородностью земного покрова (растительность, застройка), высокочастотный шум (флуктуации отраженного сигнала) и ложные впадины — их совокупное влияние искажает представление о реальном рельефе местности и усложняет моделирование процессов перераспределения вещества и энергии. Поэтому прежде чем приступить к анализу данных SRTM, рекомендуется провести их предварительную обработку, направленную на ([Reuter et al., 2008](#)):

- удаление грубых ошибок и артефактов;
- улучшение аппроксимации рельефа;
- улучшение аппроксимации гидрологических/ экологических процессов (таких как перераспределение поверхностного стока, солнечной радиации, отложений и т.д.).

Рассмотрим более детально одну из возможных последовательностей шагов первичной подготовки данных SRTM в ГИС SAGA. В качестве примера используем фрагмент данных [SRTM 44\\_03](#), полученный из каталога [CGIAR-CSI](#) для листа топокарты масштаба 1:100 000 [M-37-121](#), предварительно прошедшего процедуру [привязки](#).

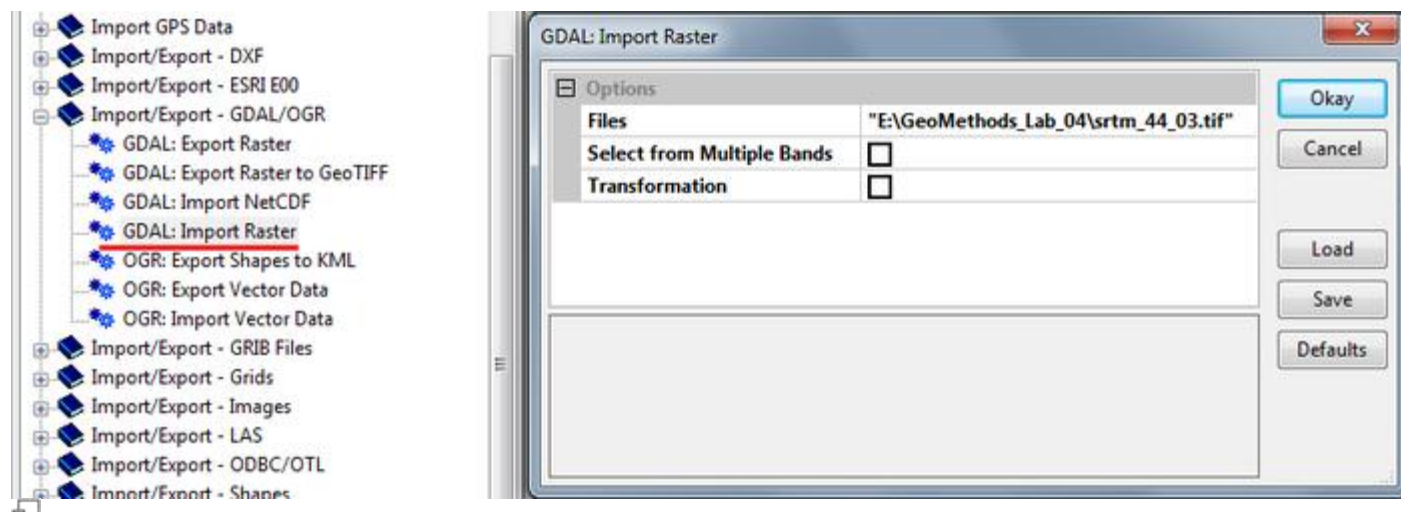
## Содержание

- [1 Импорт данных](#)

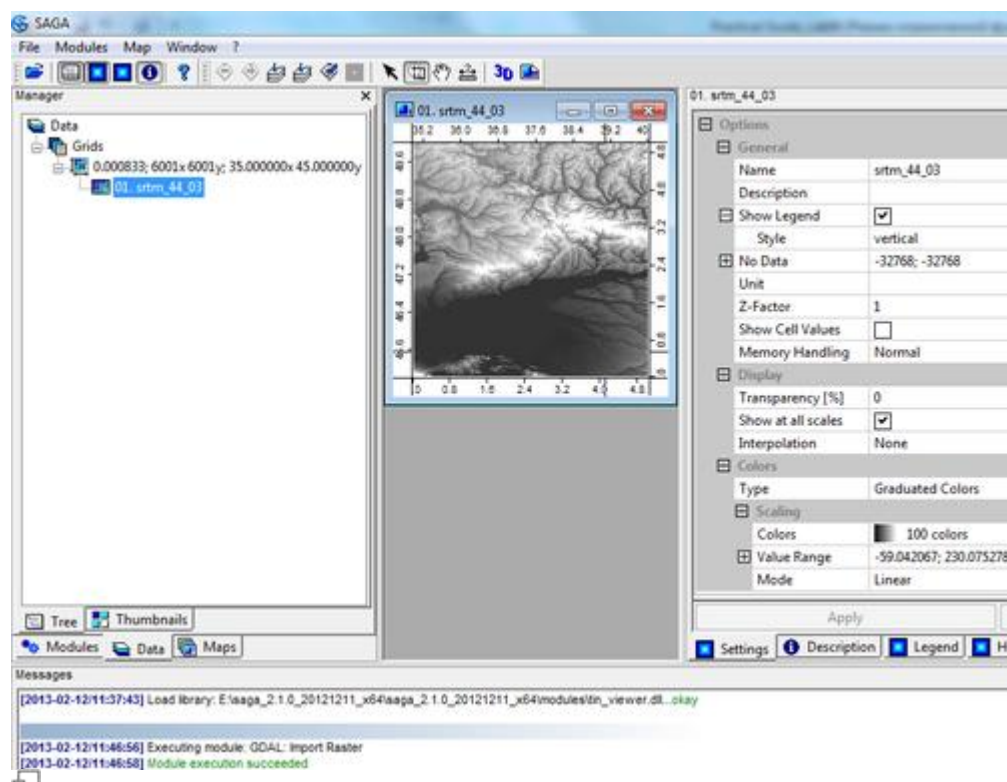
- [2 Обрезка фрагмента](#)
- [3 Перепроецирование и ресэмплинг](#)
- [4 Фильтрация](#)
- [5 Гидрологическая коррекция](#)
- [6 Ссылки по теме](#)

## Импорт данных

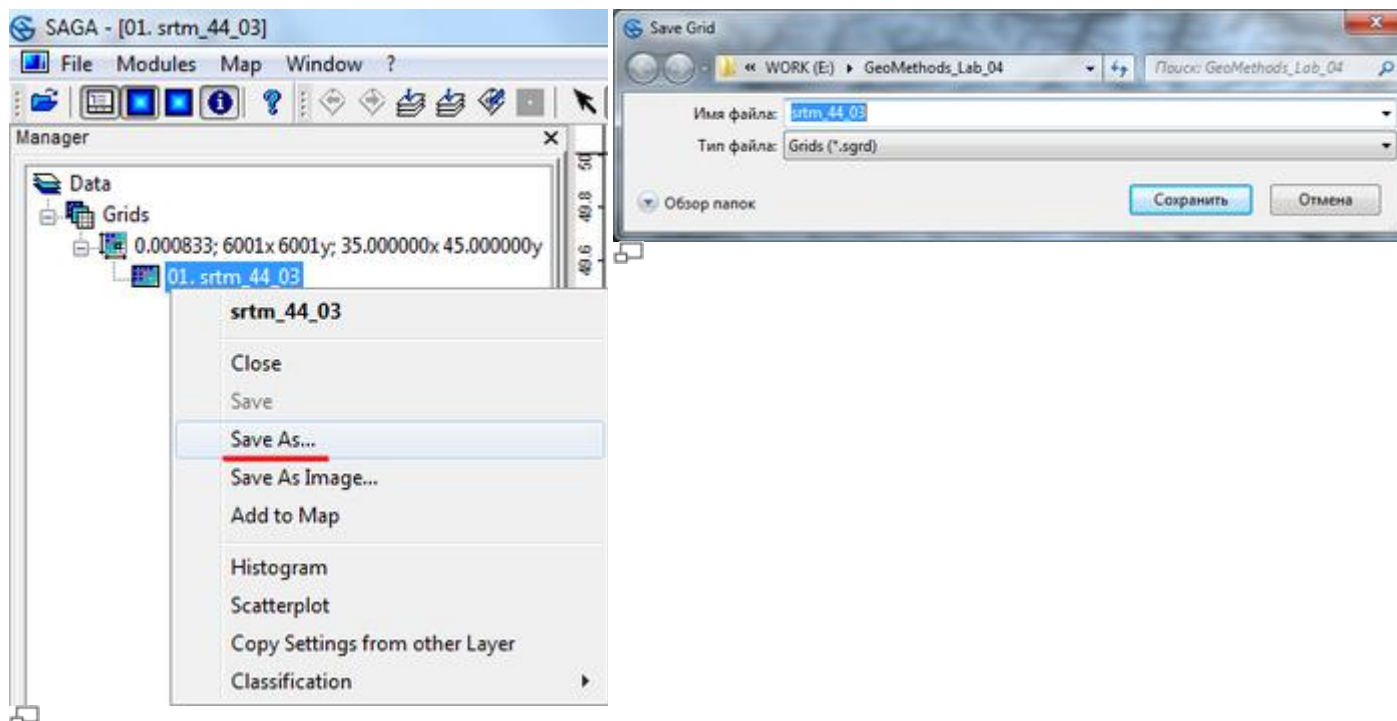
SAGA использует собственный формат растровых данных SAGA Grid – \*.sgrd, поэтому данные GeoTIFF для начала нужно импортировать с помощью модуля Import/ Export – GDAL/ OGR => GDAL: Import Raster. В диалоговом окне укажем путь к основному файлу с расширением \*.tif и нажмем Okay.



По окончании работы модуля на вкладке Data появится новый элемент – откройте его в карте двойным щелчком мыши по имени *srtm\_44\_03*. Обратите внимание на такие свойства раstra как охват по широте/долготе, количество строк и столбцов, значения NoData, минимальные и максимальные отметки высот.

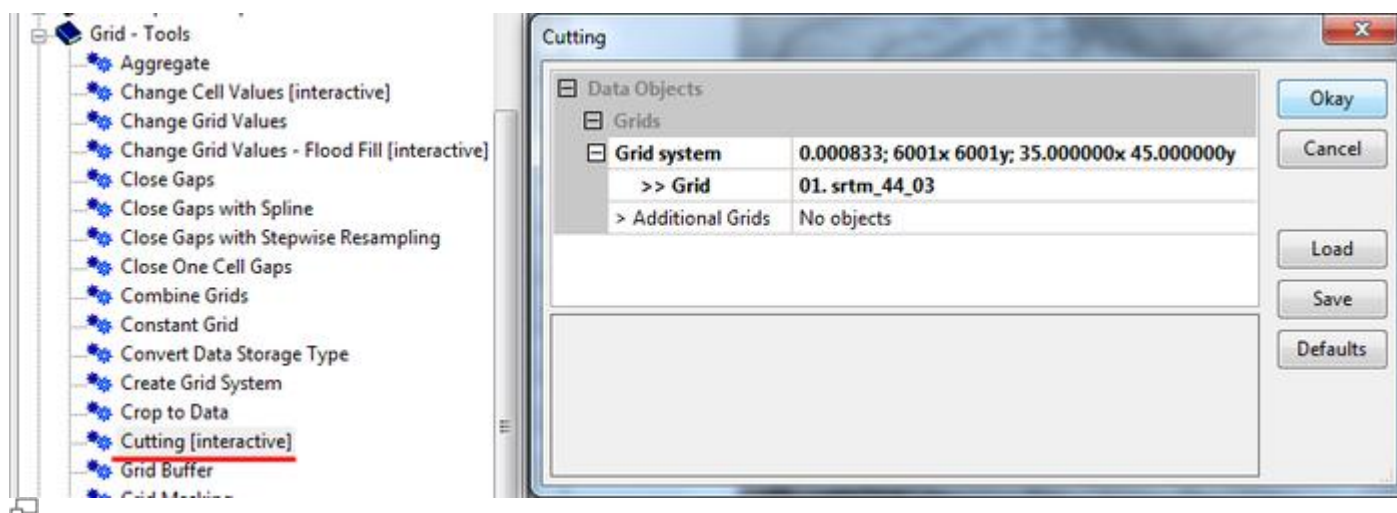



Через контекстное меню слоя сохраните импортированный файл в формате SAGA Grid (\*.sgrd).



## Обрезка фрагмента

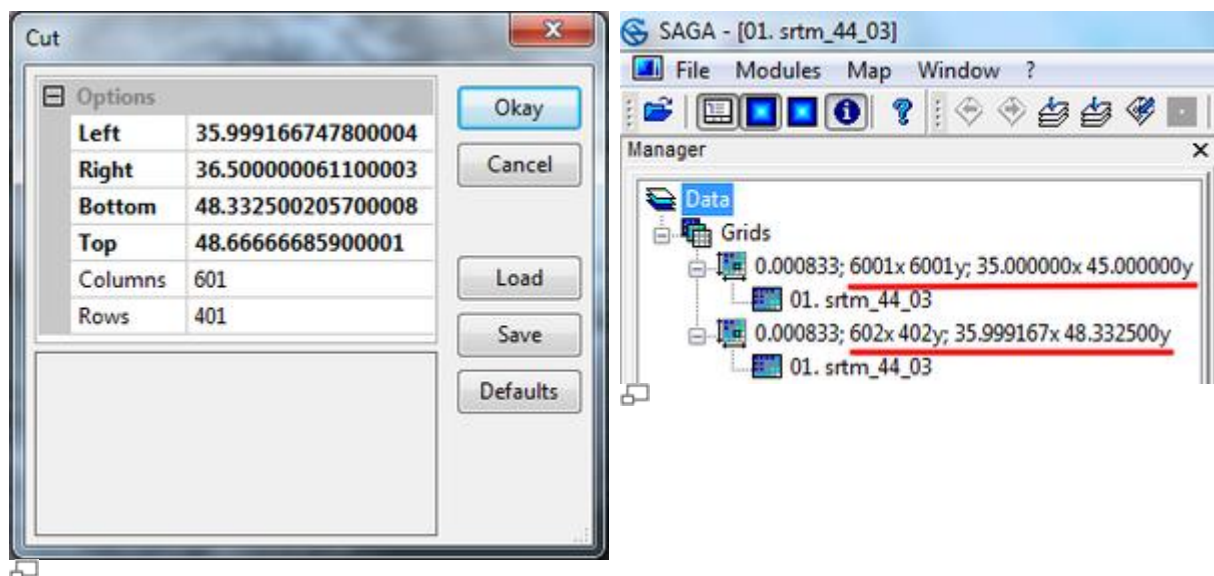
Поскольку область нашего интереса ограничивается одним листом топокарты, который по охвату намного меньше фрагмента ЦМБ SRTM 5°×5°, для удобства дальнейшей работы обрежем его в соответствии с координатами листа. Для этого воспользуемся модулем Grid – Tools => Cutting interactive. Для запуска этого интерактивного модуля в диалоговом окне необходимо указать растр, над которым будут производиться манипуляции.



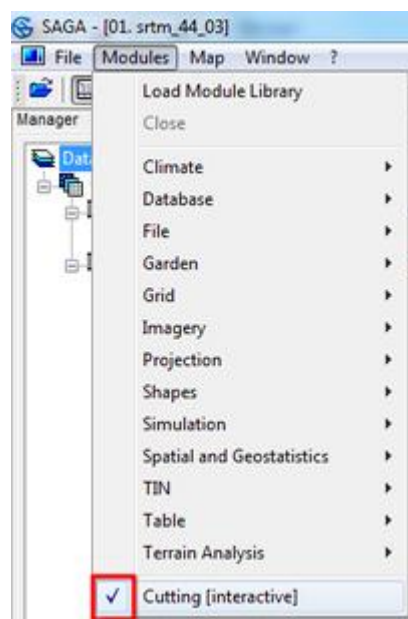
После активации модуля в окне сообщений появится уведомление *Interactive module execution has been started*. Для начала ввода координат инструментом  – Action щелкните в любой точке карты. В появившемся окне можно ввести координаты прямоугольника, охватывающего область интереса, – в нашем случае введем координаты углов листа топокарты в десятичных градусах.

**NB** По мере ввода значения координат автоматически корректируются программой в соответствии с разрешением (рядами и колонками) растра. Также нужный участок можно выделить, щелкнув и протянув по нужной области мышью.

Нажав Okay, вы увидите, что на вкладке Data появился новый растр – обратите внимание, как отличаются его координаты, число рядов и колонок от исходного.



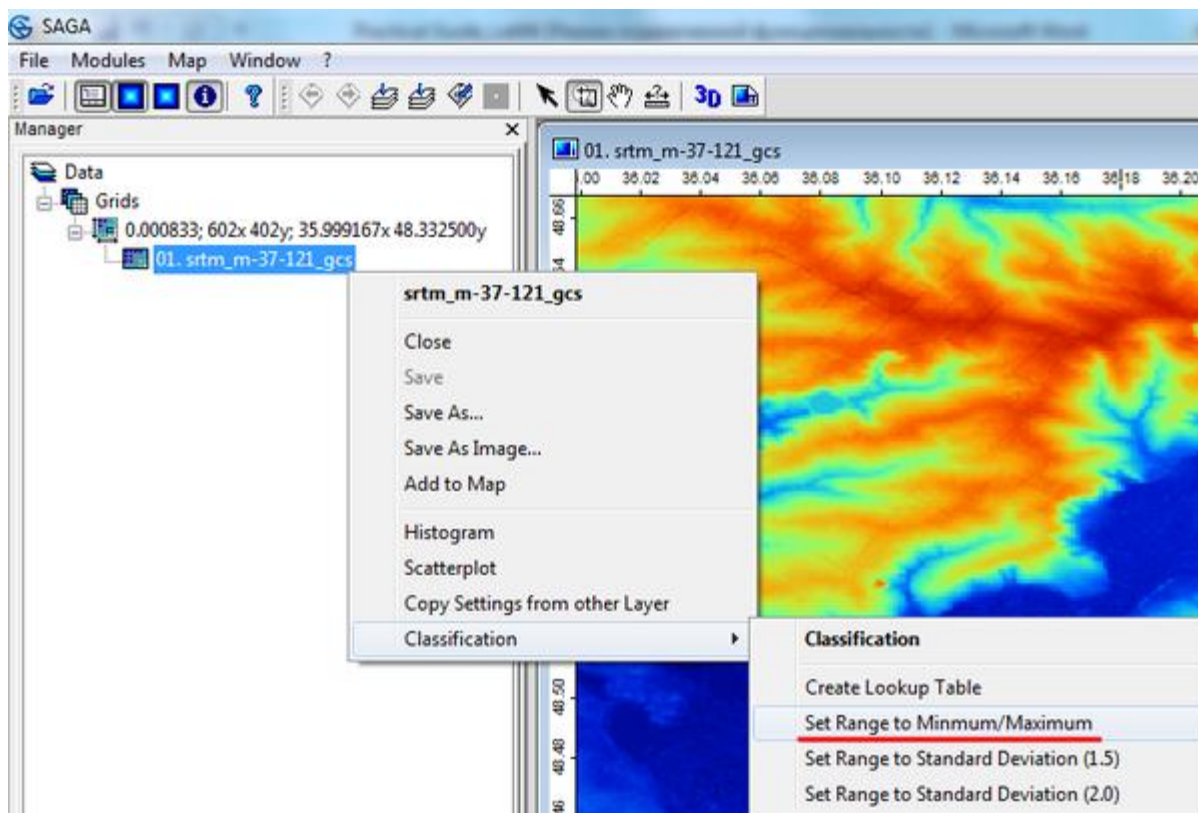
Теперь остановите работу модуля, убрав галочку в пункте меню Modules => Cutting interactive. Согласившись с окончанием работы модуля, вы получите уведомление *Interactive module execution has been stopped*.



Сохраните новый растр через контекстное меню слоя Save As... под удобным именем, например *srtm\_m-37-121\_gcs.sgrd*. Исходный фрагмент теперь можно закрыть, воспользовавшись контекстным меню Close.

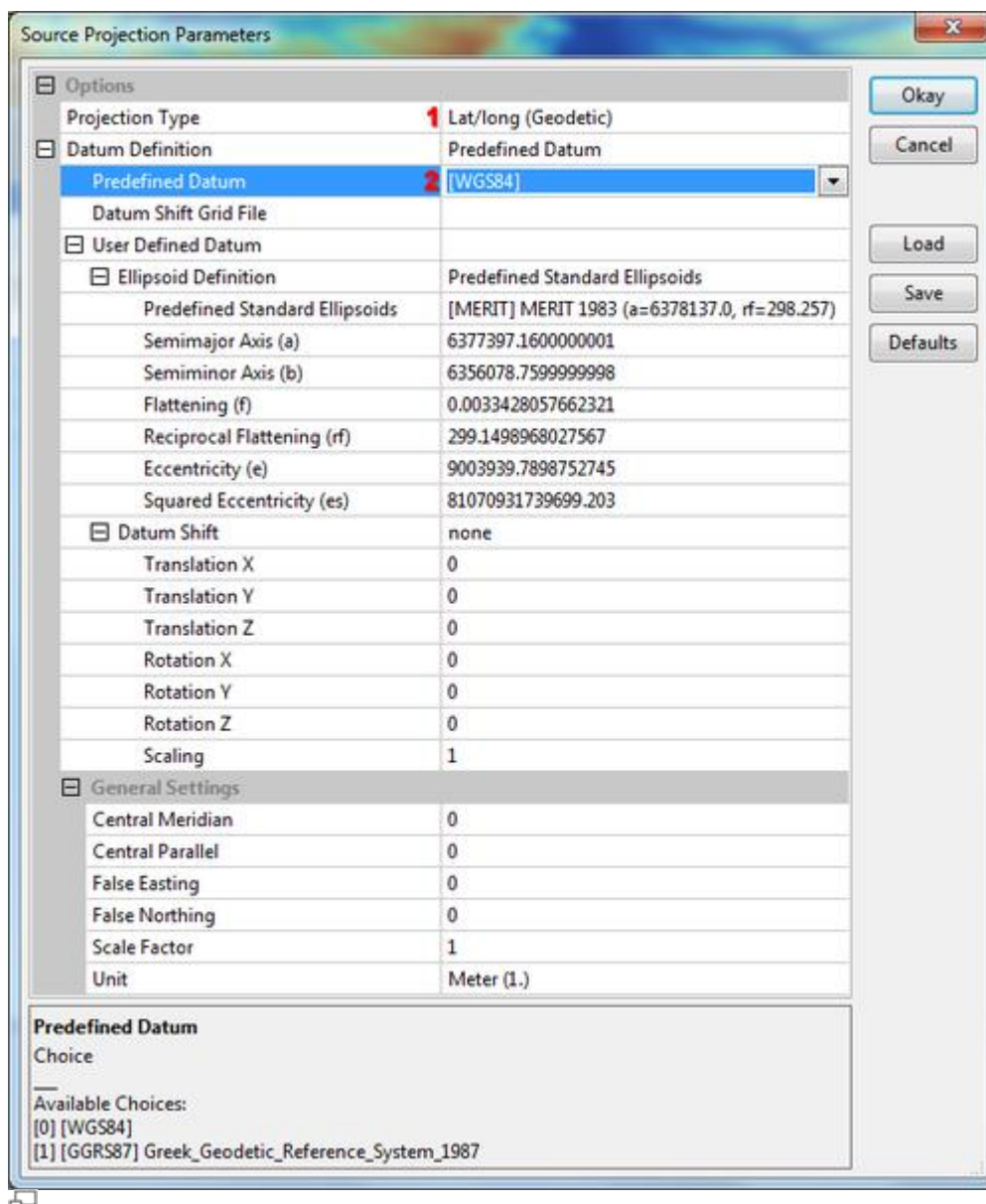
Двойным щелчком откроем новый растр: чтобы отрегулировать цветовую шкалу изображения в соответствии с диапазоном значений слоя выберите из контекстного меню пункт Classification => Set Range to Minimum/Maximum.



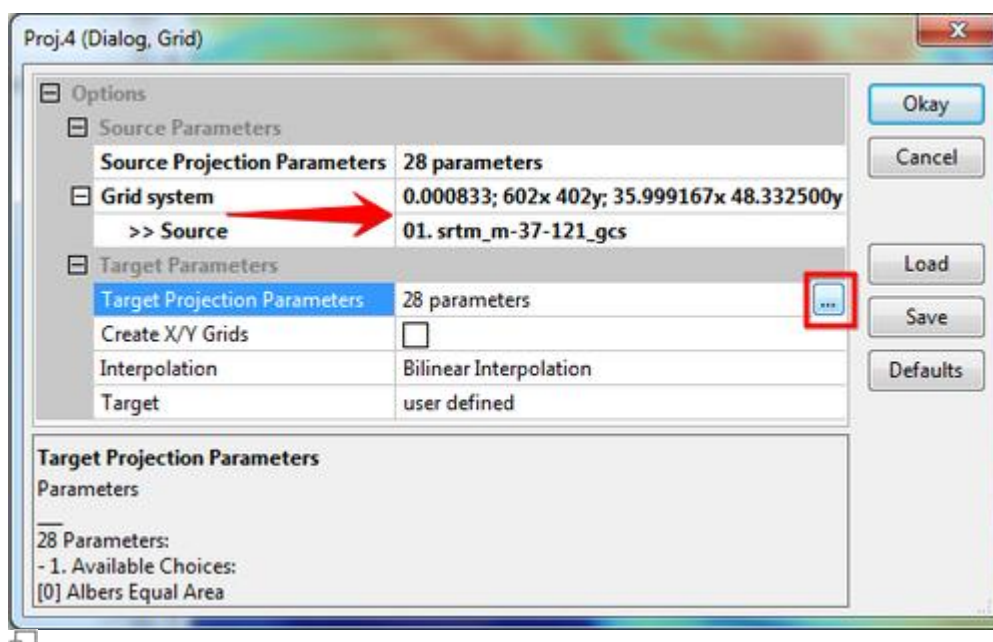


## Перепроецирование и ресэмплинг

Данные SRTM распространяются в географической СК на основе эллипсоида WGS-84, поэтому для дальнейшего анализа их необходимо перевести в спроецированную СК. Для этого воспользуемся уже знакомым по привязке топокарт модулем Projection – Proj.4 => Proj.4 (Dialog, Grid). В его диалоговом окне сначала введем параметры исходной проекции Source Projection Parameters: выберем географическую СК и датум WGS-84, оставив без изменений прочее.



В качестве исходного растра выберем *srtm\_m-37-121\_gcs* и перейдем к диалогу параметров результирующей проекции.



В нем стандартными средствами опишем соответствующую зону проекции UTM по аналогии с тем, как это делалось во время привязки листа топокарты.

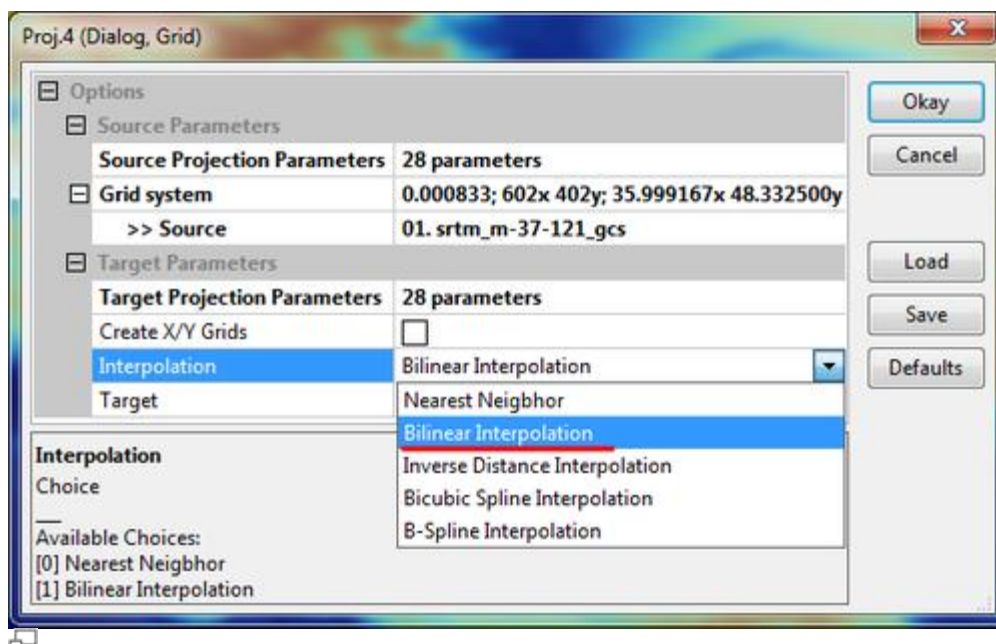
Target Projection Parameters

Options	
Projection Type	1 Universal Transverse Mercator (UTM)
Datum Definition	
Predefined Datum	2 [WGS84]
Datum Shift Grid File	
User Defined Datum	
Ellipsoid Definition	Predefined Standard Ellipsoids
Predefined Standard Ellipsoids	[MERIT] MERIT 1983 (a=6378137.0, rf=298.257)
Semimajor Axis (a)	6377397.1600000001
Semiminor Axis (b)	6356078.7599999998
Flattening (f)	0.0033428057662321
Reciprocal Flattening (rf)	299.1498968027567
Eccentricity (e)	9003939.7898752745
Squared Eccentricity (es)	81070931739699.203
Datum Shift	none
Translation X	0
Translation Y	0
Translation Z	0
Rotation X	0
Rotation Y	0
Rotation Z	0
Scaling	1
General Settings	
Central Meridian	3 39
Central Parallel	0
False Easting	4 500000
False Northing	0
Scale Factor	5 0.9996
Unit	Meter (1.)

**Scale Factor**  
Floating point  
Minimum: 0.000000

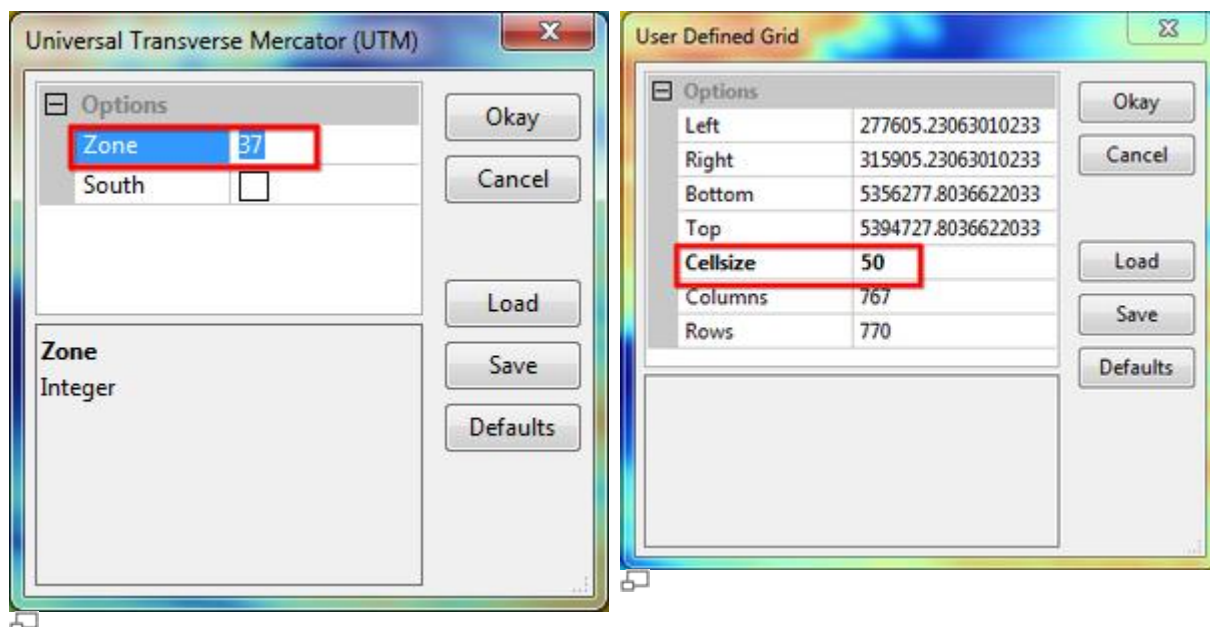
Buttons: Okay, Cancel, Load, Save, Defaults

После нажатия Ока, мы вернемся в основной диалог, где в качестве метода передискретации значений выберем билинейную интерполяцию. Данный способ хорошо подходит для континуальных данных (в каковом относится и поле высот), поскольку определяет новое значение ячейки на основе средневзвешенного расстояния от центров 4-х ближайших исходных ячеек, что, в свою очередь, приводит к незначительному сглаживанию данных.



В результате перед вами появится окно, в котором нужно будет ввести номер зоны UTM, а после — окно с параметрами раstra в новой СК (охват, пространственное разрешение, соответствующее количество строк и столбцов матрицы). При этом по умолчанию предлагается размер ячейки  $\approx 90$  м, как это и заявлено для данных SRTM. Но для дальнейшего анализа такое пространственное разрешение не очень удобно, поэтому воспользуемся диалогом для его изменения.

Один из простых способов определить с размером ячейки рассмотрен в статье [Hengl, 2006](#). Согласно предложенному правилу, размер ячейки должен быть равен 0,5 мм аналоговой карты в масштабе исследования. Т.е., если в качестве рабочего масштаба мы выберем масштаб топокарты 1:100 000 (кроме того, именно этому масштабу согласно большинству выводов соответствуют данные SRTM), размер ячейки раstra составит 50 м. Обратите внимание, что при вводе числа автоматически пересчитываются и другие значения.

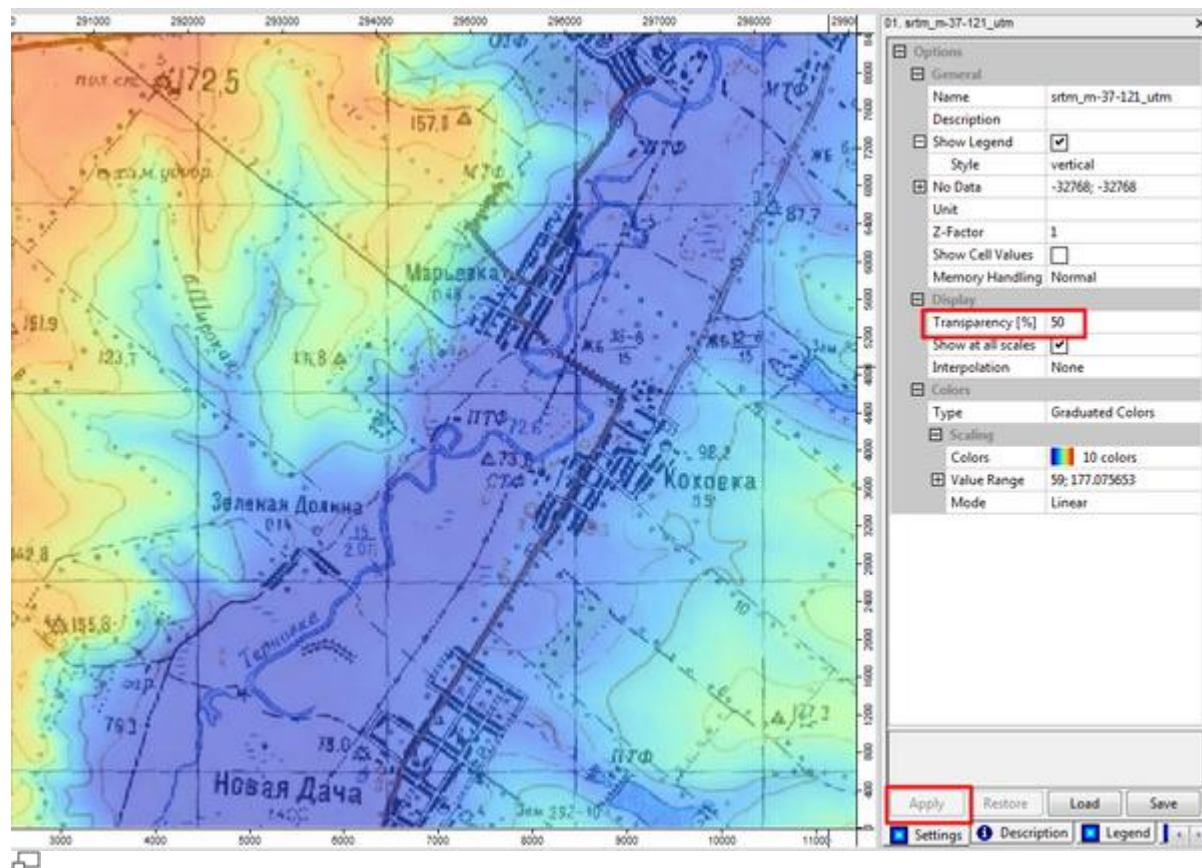


После сообщения *Module execution succeeded* на вкладке Data появится новый элемент, который через контекстное меню слоя Save As... следует сохранить в рабочую папку проекта под именем *srtm\_m-37-121\_utm.sgrd*. Исходный растр *srtm\_m-37-121\_gcs* теперь можно закрыть через контекстное меню слоя Close.

Для проверки результатов, загрузите рабочий лист топографической карты М-37-121 в проекции UTM и двойным щелчком откройте его в новом окне, в качестве параметра цветового отображения в свойствах объекта установите Type: RGB. В этой же карте откройте слой *srtm\_m-37-121\_utm*. Если все сделано верно, то благодаря тому, что лист топокарты и растр ЦМВ имеют общую проекцию и отвечают одной и той же территории, слои наложатся. На вкладке свойств объекта (справа) в разделе Display установите значение



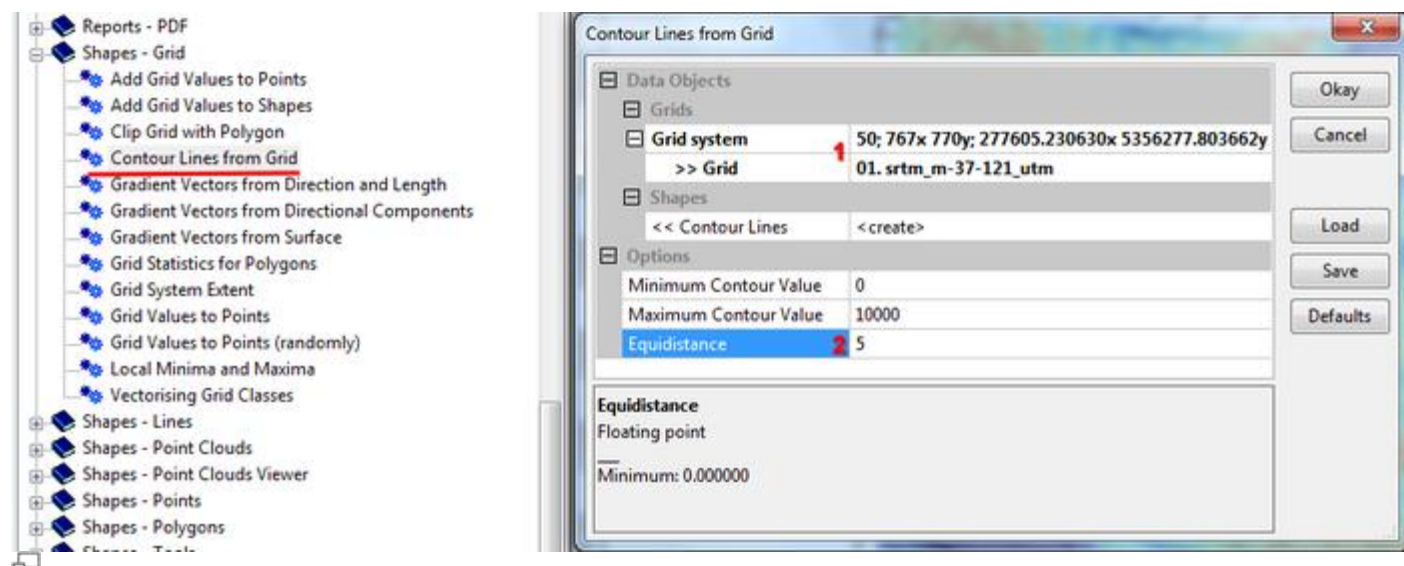
Transparency %: 50, нажмите Apply – это сделает слой ЦМБ наполовину прозрачным и вы сможете лучше оценить взаимное соответствие топокарты и данных SRTM.



Для удобства дальнейшей работы можно объединить данные в проект, воспользовавшись меню File => Project => Save Project As....

## Фильтрация

Для начала с помощью модуля Shapes – Grid => Contour Lines from Grid построим изолинии на основе ЦМБ. В диалоговом окне модуля выберем соответствующую систему координат и растр ЦМБ, а также укажем высоту сечения рельефа – 5 м.



После сообщения *Module execution succeeded* на вкладке Data появится новый элемент – полилинейный шейп-файл: сохраните его в рабочую папку проекта через контекстное меню слоя Save As... под именем *srtm\_5m\_pln*, а после этого двойным щелчком добавьте в окно карты. Для смены цвета изолиний на более привычный в свойствах объекта установите Color: Maroon и нажмите Apply.



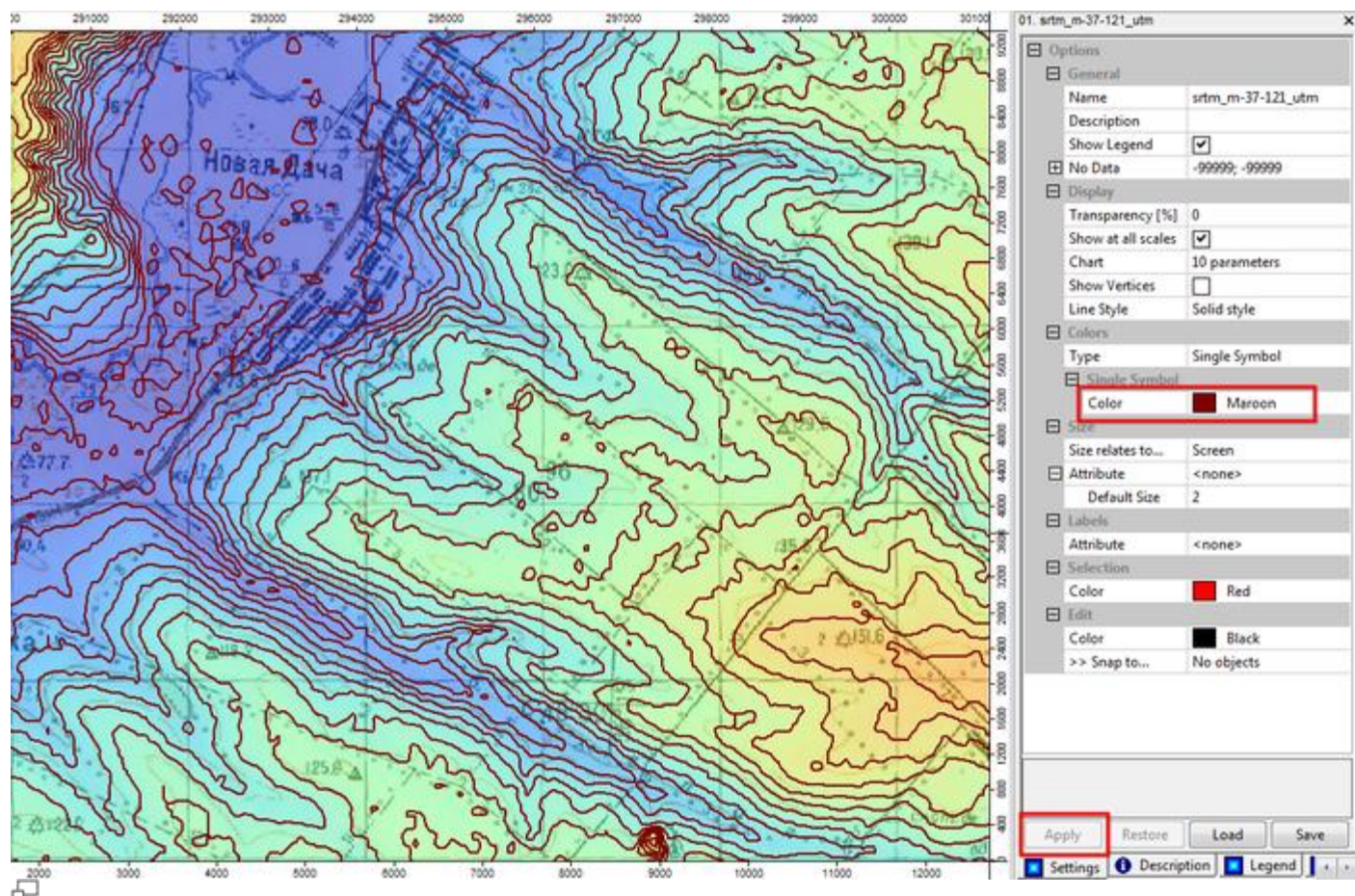


Рисунок изолиний хорошо передает общие черты рельефа, даже в сравнении с топографической картой, но он содержит много мелких неровностей. Они как раз и являются шумовой компонентой, речь о которой шла ранее. Прежде чем проводить анализ ЦМБ, шум необходимо устранить с помощью фильтрации. Из-за сложности характера распределения полностью избавиться от шума не удастся, поэтому главная задача фильтрации – максимальная элиминация шумовой компоненты без утраты характерных черт рельефа местности.

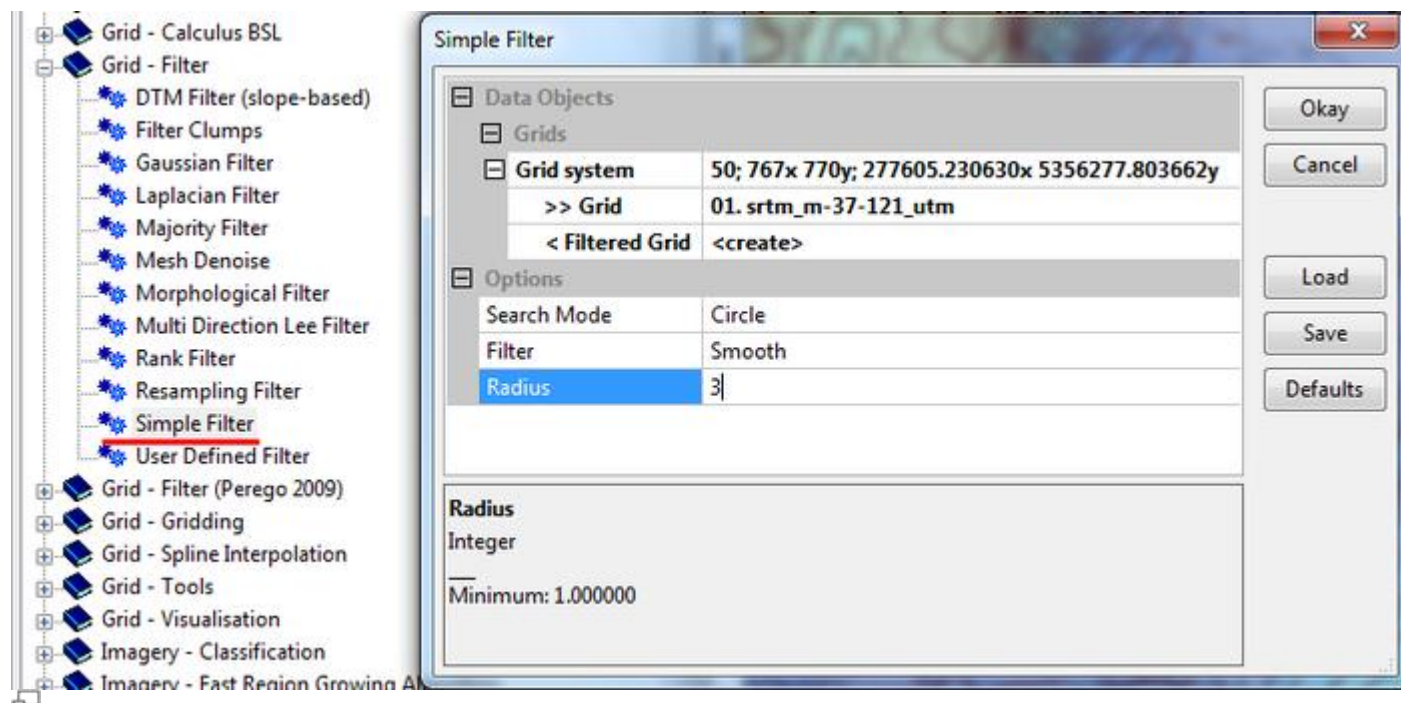
Воспользуемся простым однородным фильтром Grid – Filter => Simple Filter. Суть работы фильтра состоит в следующем: он получает новые значения ячеек раstra в соответствии с некоторым математическим выражением, т.е. пересчитывает значения центральной ячейки на основе значений ее соседей. Результат фильтрации зависит от параметров скользящего окна, представленных в группе Options пунктами Search Mode, Filter и Radius. Search Mode и Radius совместно контролируют число соседних ячеек раstra, которые будут учитываться при расчете нового значения центральной ячейки.

Пункт меню группы Options	Что определяет	Варианты	Что означает
Search Mode	окно поиска – форма матрицы для пересчета значений центральной ячейки	Circle	сферическая матрица
		Square	квадратная матрица
Filter	тип фильтра, который будет применяться для пересчета значений	Smooth	сглаживание – усреднит разницу между центральной ячейкой и ее окружением; новое значение рассчитывается по формуле $z' = \bar{z}$ , где $\bar{z}$ – среднее арифметическое значение в окне анализа
		Sharpen	заострение – имеет противоположный по сравнению с предыдущим эффект, поскольку усиливает различия в значениях ячеек; новое значение рассчитывается по формуле $z' = 2z - \bar{z}$
		Edge	усиление кромок – выделение линий с высокой

вариативность значений (например, линий перегиба рельефа); новое значение рассчитывается по формуле  $z' = z - \bar{z}$

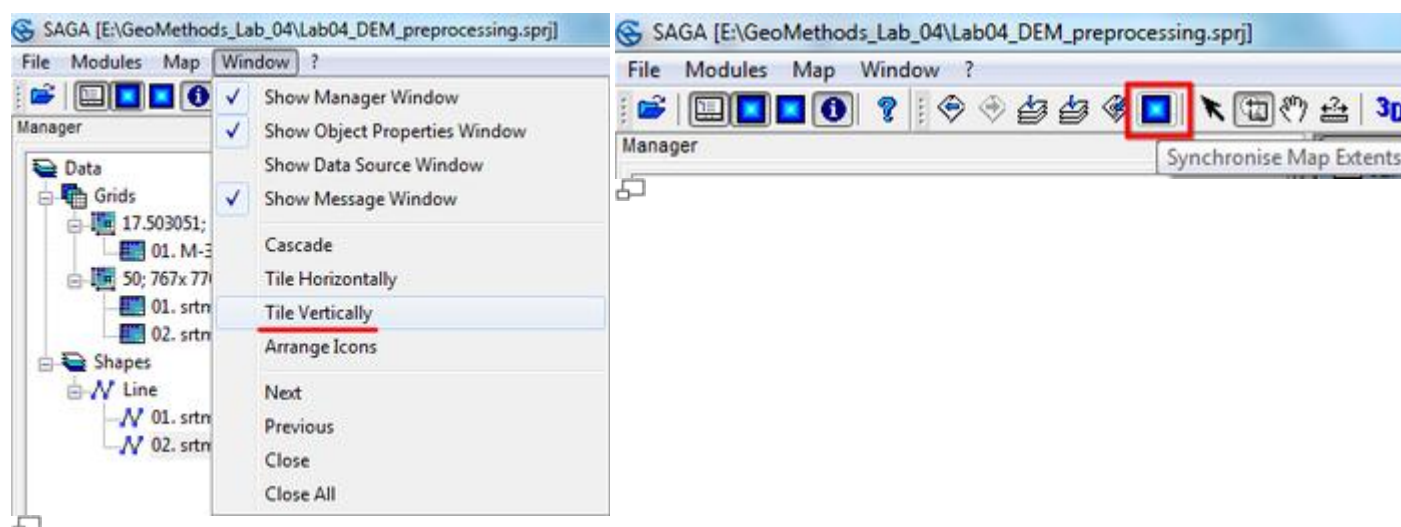
Radius      размер матрицы, которая      количество      чем больше значение – тем сильнее выражен эффект  
будет использована для      ячеек      выбранного фильтра  
пересчета значений

Установим параметры фильтрации в окне модуля следующим образом:



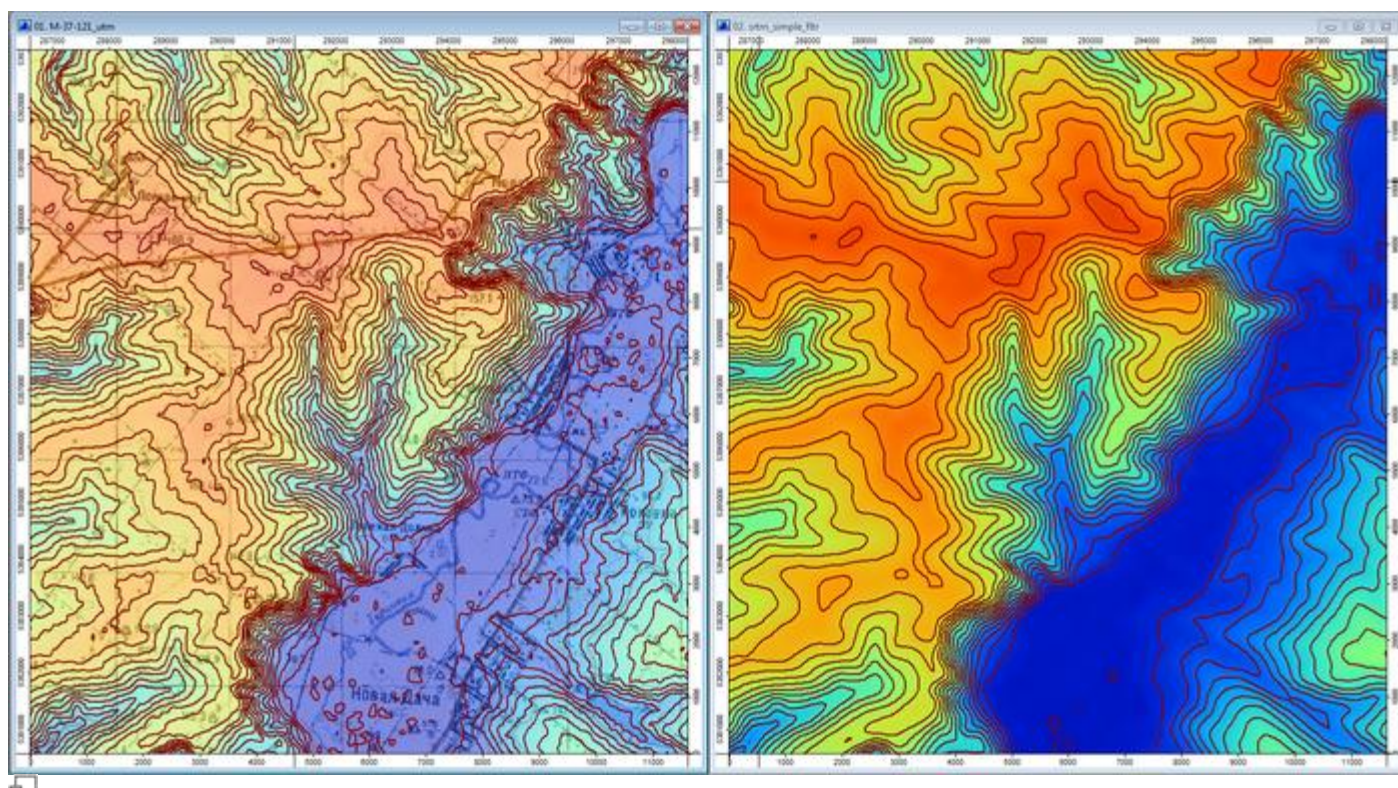
После завершения работы модуля и появления сообщения *Module execution succeeded* на вкладке Data появится новый элемент. Через контекстное меню слоя Save As... сохраните его в рабочую папку проекта под именем *srtm\_simple\_fltr.sgrd* и двойным щелчком откройте в окно новой карты.

Для оценки полученного результата уже известным способом с помощью модуля Shapes – Grid => Contour Lines from Grid построим изолинии для раstra *srtm\_simple\_fltr*. Через меню Save As... сохраним векторный слой изолиний в рабочую папку проекта под именем *srtm\_simple\_fltr\_5m\_pln.shp* и двойным щелчком откроем в окно карты с профильтрованной ЦМБ. Чтобы визуальное сопоставление результатов было более удобным, поместим карты рядом с помощью пункта меню Window – Tile Vertically и синхронизируем их с помощью инструмента панели меню Synchronise Map Extents.



В результате мы можем изменять масштаб отображения и перемещая карту в одном окне, получать идентичное изображение в другом.





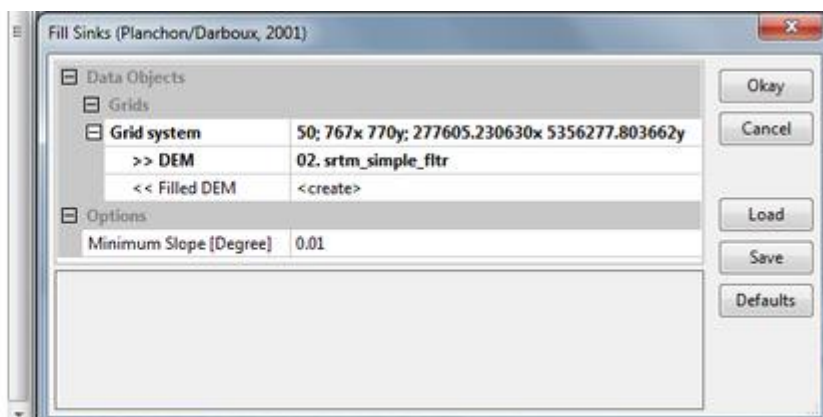
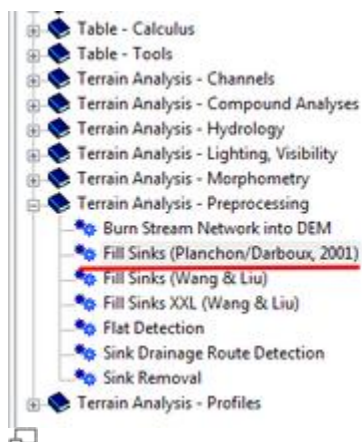
Данные SRTM до и после обработки простым фильтром

Поскольку в данном случае нам удалось получить удовлетворительный для учебных целей результат с первого раза, дальнейшая фильтрация проводиться не будет. В более сложных случаях допускается многократное использование фильтраций, когда в качестве исходного на каждом последующем этапе используется слой, полученный на предыдущем.

Кроме того, мы использовали самый простой вариант фильтра, но библиотеки SAGA Grid – Filter и Grid – Filter (Perego 2009) содержат 20 различных модулей фильтров, которые могут использоваться как по отдельности, так и совместно в зависимости от особенностей распределения шумовой компоненты, типов артефактов, характера рельефа и т.д. <sup>3</sup>

## Гидрологическая коррекция

Модули гидрологической коррекции объединены библиотекой Terrain Analysis – Preprocessing, которая содержит различные инструменты для заполнения локальных впадин (sinks) для облегчения дальнейшего гидрологического анализа. Воспользуемся модулем Terrain Analysis – Preprocessing => Fill Sinks (Planchon/Darboux, 2001)<sup>4</sup>. Принцип его действия состоит в следующем: вместо постепенного заполнения локальных понижений, вся поверхность сначала «заливается» слоем воды, а после ее излишек удаляется, оставляя после себя заполненные понижения. Гибкости алгоритму дает возможность заполнять впадины как до горизонтальной поверхности, так и с сохранением незначительного уклона (например, 0,01°). Первый вариант удобен в том случае, если нужно оценить объем впадины, второй – для оконтуривания дренажной сети. Если в дальнейшем планируется проводить гидрологический анализ ЦМР, то следует выбрать второй вариант.

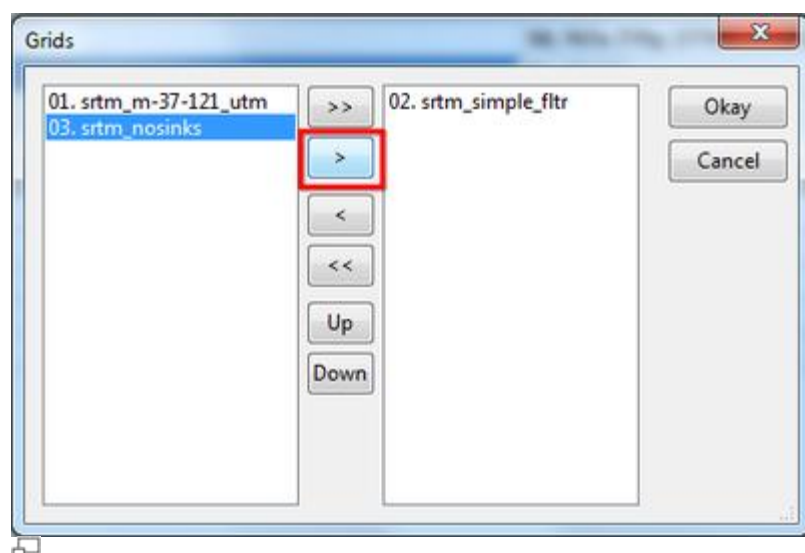




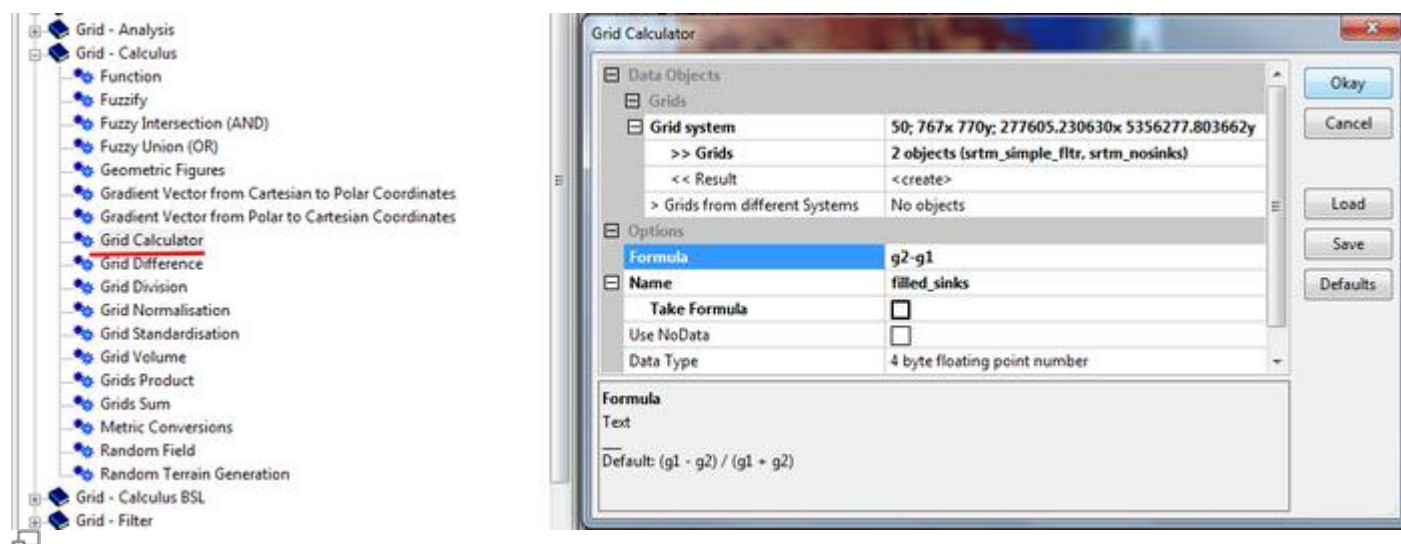
После завершения работы модуля и сообщения *Module execution succeeded* во вкладке Data появится новый элемент *srtm\_simple\_fldr no sinks*, который следует через контекстное меню слоя Save As... следует сохранить в рабочую папку проекта под именем *srtm\_nosinks.sgrd*. Двойным щелчком по имени слоя откройте его в новую карту.

Для оценки полученного результата уже известным способом с помощью модуля Shapes – Grid => Contour Lines from Grid построим изолинии для растра *srtm\_nosinks*. Через меню Save As... сохраним векторный слой изолиний в рабочую папку проекта под именем *srtm\_nosinks\_5m\_pln.shp*, после чего двойным щелчком откроем в окно карты с гидрологически откорректированной ЦМБ.

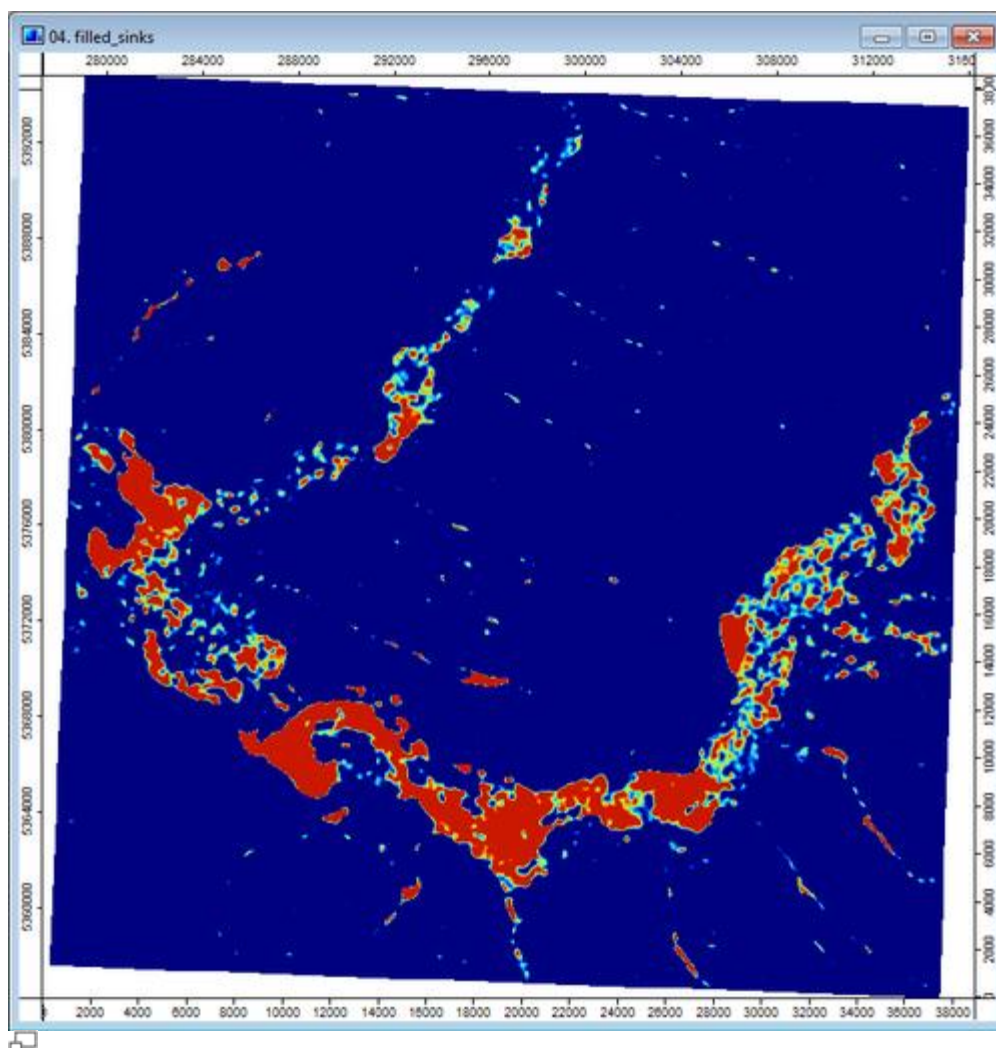
Еще один способ оценить и визуализировать результаты гидрологической коррекции – провести количественную оценку отличий между ЦМБ до и после нее. Для этого воспользуемся калькулятором растров Grid – Calculus => Grid Calculator. Для начала в его диалоговом окне из выпадающего списка Grid System выберем систему координат растров для которых будут проводиться расчеты. После этого в поле >>Grids нужно указать те растровые слои, которые войдут в формулу (в нашем случае *srtm\_simple\_fldr* и *srtm\_nosinks*).



Вернувшись в основное окно модуля, вводим формулу. Чтобы узнать, где именно расположены заполненные впадины, следует просто отнять от *srtm\_nosinks* (растр g2) слой *srtm\_simple\_fldr* (растр g1), т.е. формула будет выглядеть как  $g2 - g1$ . Для присвоения новому растру удобного содержательного имени (а не формулы, как предлагается по умолчанию), вводим название *filled\_sinks* в поле Name и убираем галочку в поле Take Formula.

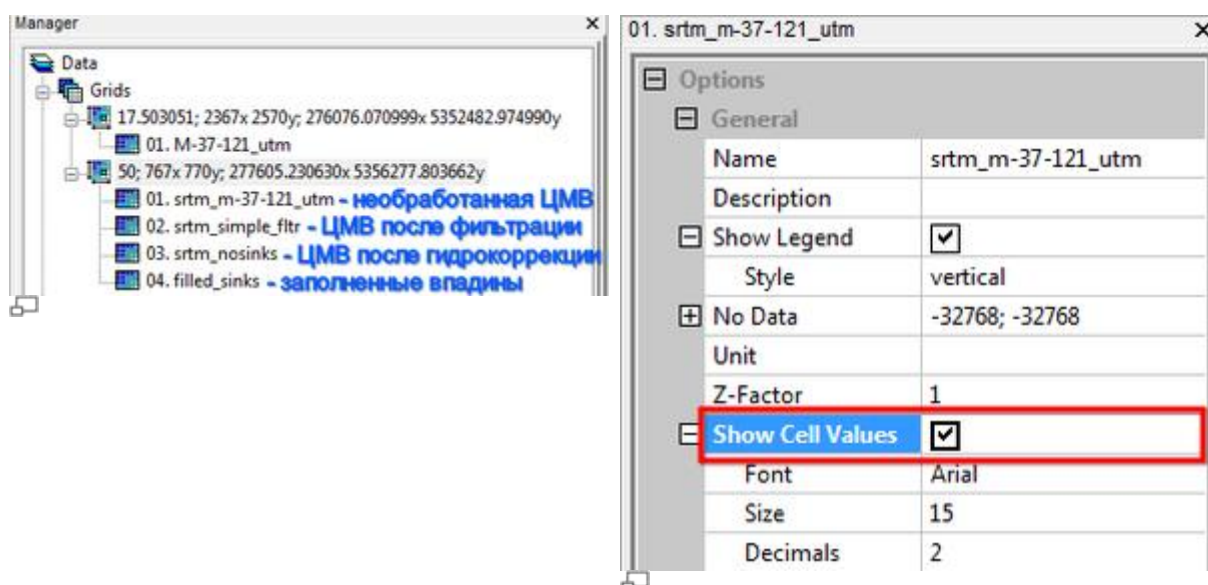



После завершения работы модуля и сообщения *Module execution succeeded* во вкладке Data появится новый элемент *filled\_sinks*, который через контекстное меню слоя Save As... следует сохранить в рабочую папку проекта под именем *filled\_sinks.sgrd*. Двойным щелчком по имени слоя откройте его в новую карту.



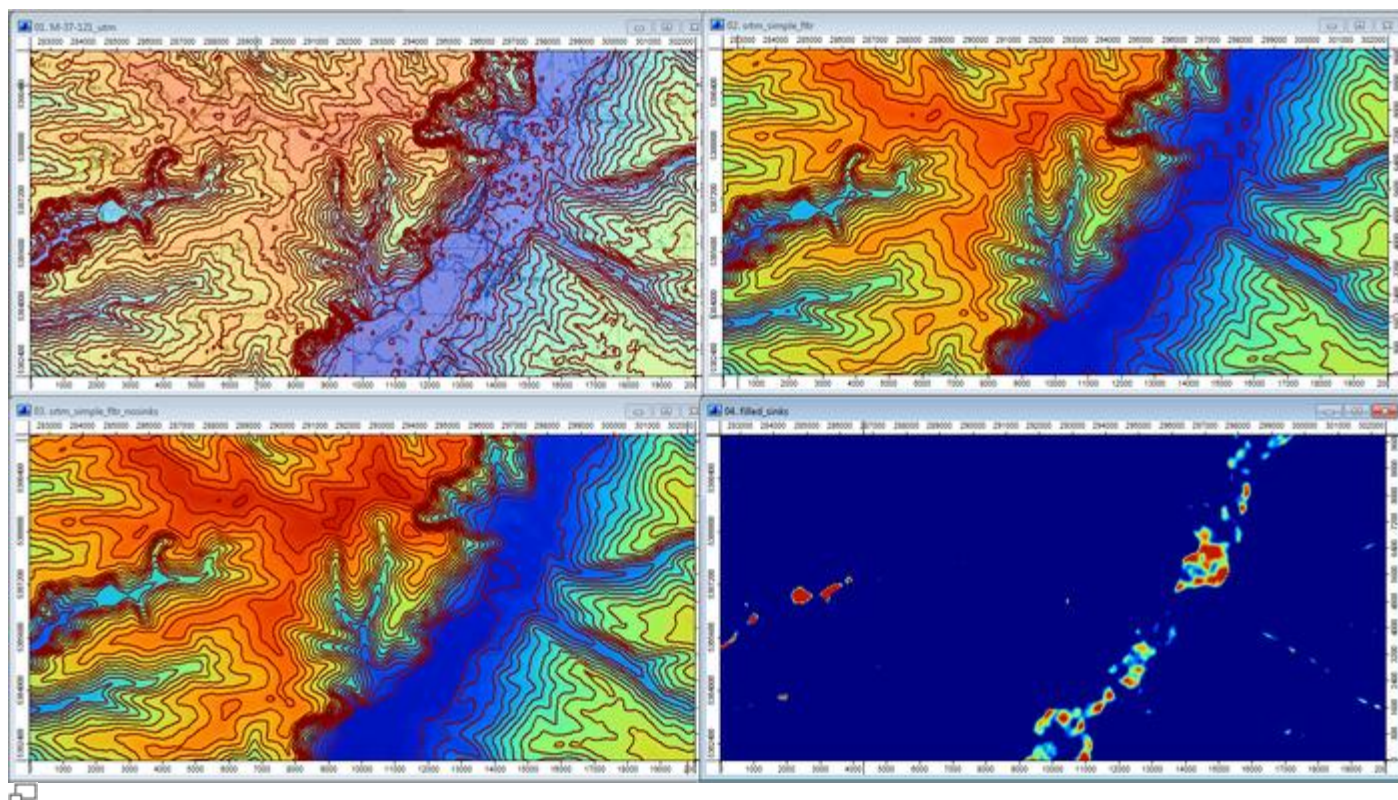
В результате, вы увидите, что гидрологическая коррекция в основном была проведена для участков, расположенных в речной долине и днищ эрозионных форм.

Сравним между собой результаты каждого этапа. Перейдем на вкладку Data, для каждого из четырех растров ЦМБ на вкладке Settings справа активизируем параметр Show Cell Values, нажмем Apply – в результате при увеличении фрагмента будут отображаться значения в каждом пикселе и нам будет легче оценить насколько в процессе обработки изменились данные.

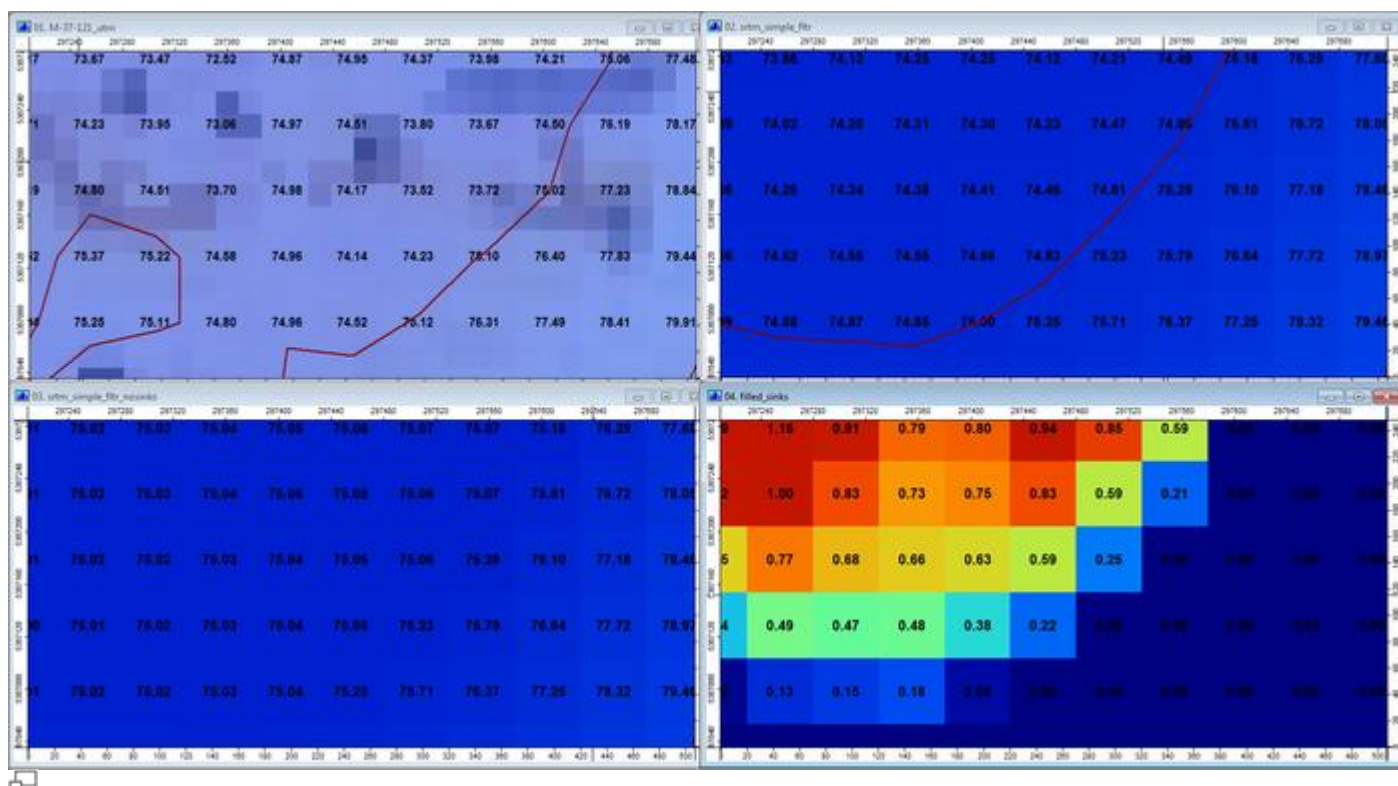


Разместим все карты в рабочем окне через меню Window – Tile Vertically и синхронизируем экстененты с помощью инструмента  – Synchronise Map Extents. Это позволит сопоставить результаты как визуально





так и количественно с отображением значений пикселей при увеличении отдельных участков



Теперь наши данные готовы к дальнейшему полноценному морфометрическому и гидрологическому анализу.

## Ссылки по теме

1. [↑](#) Соотношение между точностью данных SRTM и различными картографическими масштабами детально рассмотрено в публикациях:
  - Карионов Ю.И. [Оценка точности матрицы высот SRTM](#) // Геопрофи. – 2010, №10, с.48-51
  - Jarvis, A. [Practical use of SRTM data in the tropics: Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data](#) / A. Jarvis, J. Rubiano, A. Nelson, A. Farrow and M. Mulligan. – Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2004.– 32 p. (Working document no. 198)
  - Karwel, A., Ewiak, I. [Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland](#) //

The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.  
– Vol. XXXVII, Part B7. – Beijing, 2008. – p. 169-172

- . Ozah, A.P., Kufoniyyi, O. [Accuracy assessment of contour interpolation from 1:50 000 topographical maps and SRTM data for 1:25 000 topographical mapping](#) // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Vol. XXXVII, Part B7. – Beijing, 2008 – p. 1347-1353
- 2. [↑](#) Jarvis A., Reuter H., Nelson A., Guevara E. Hole-filled seamless SRTM data V.4. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). – 2008. – <http://srtm.csi.cgiar.org>
- 3. [↑](#) Подробнее о работе некоторых фильтров:
  - . [Grid – Filter \(Perego 2009\)](#)
  - . [Grid – Filter => DTM-Filter \(slope-based\)](#), [пример](#)
  - . [Grid-Filter => Multi Direction Lee Filter](#)
  - . [Grid-Filter => Mesh Denoise](#), [пример](#)
- 4. [↑](#) Ознакомиться с использованным алгоритмом гидрологической коррекции можно в оригинальной публикации Planchon O., Darboux F. [A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models](#) // Catena, 2002, № 46(2-3), p. 159-176

[Описание и получение данных SRTM](#)

[Открытая настольная ГИС SAGA - общая характеристика](#)

[Olaya, V. A gentle introduction to SAGA GIS. 2004.](#)

[Cimmery, V. User Guide for SAGA. Vol. 1,2. 2010](#)

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 19

Последнее обновление: 2014-05-15 01:47

Дата создания: 13.06.2013

Автор(ы): [Дарья Свидзинская](#)