

УДК 528.92

*Н. М. Оскорбин, С. И. Суханов***Создание цифровой модели местности на основе космических снимков высокого разрешения***N. M. Oskorbin, S. I. Sukhanov***Creating a Digital Terrain Model (DTM) with the Help of High Resolution Space Images**

В данной статье описывается технология создания цифровой модели местности по материалам космической съемки. Исходными материалами для изготовления цифровых карт являлись космические снимки высокого разрешения формата GeoTiff, полученные со спутников QuickBird и Ikonos, с разрешением 0,6 и 1 м соответственно. В результате по описанной геоинформационной технологии были созданы цифровые карты М 1:5000 на 27 сел Усть-Коксинского района Республики Алтай.

**Ключевые слова:** цифровая модель местности, цифровая модель рельефа, растровая карта, космические снимки высокого разрешения.

**DOI** 10.14258/izvasu(2013)1.2-17

Технология создания цифровой модели местности по материалам космической съемки с привлечением имеющихся картографических материалов включает следующие основные этапы (рис 1):

- 1) сбор имеющихся картматериалов, заказ космоснимков;
- 2) контроль соответствия координат точек снимка и местности;
- 3) пересчет координат, трансформация кадра, проверка точности;
- 4) дешифрирование и создание векторного слоя карты;
- 5) построение цифровой модели местности и проверка ее точности;
- 6) выпуск твердой копии карты.

Первой операцией выступают сбор имеющихся картматериалов и заказ космоснимков. По имеющимся картматериалам можно оценить погрешность привязки космического снимка, а также построить цифровую модель местности.

Также необходим контроль положения снимка на исследуемой территории. В случае обнаружения «непокрытых» участков формируется дополнительный запрос в архив (каталог) снимков. Эта операция выполняется и в случае нарушения контрастности выделяемых объектов. Так как исходная информация на исследуемую территорию может формироваться из нескольких космических снимков, полученных в разное время с разных орбит спутниковых аппаратов, то необходима операция выравнивания спектральных яркостей обрабатываемых фрагментов, ко-

The article focuses on the technology of creating a digital terrain model (DTM) with the help of high resolution space images. The sources for creating digital maps were high resolution space images in GeoTiff format which were made by the satellites QuickBird and Ikonos at 0.6m or 1m resolution respectively. As a result the researched geo information technology allowed us to create 1:5000 scale digital maps of 27 villages in Ust-Koksinsky district, Altai Republic.

**Key words:** digital terrain model (DTM), digital relief model, raster map, high resolution space images.

торая может проводиться в программе ENVI. После получения качественных фрагментов возникает задача ортотрансформирования снимка.

Для ортотрансформирования необходим набор опорных точек и цифровая модель рельефа с достаточной точностью по высоте и в плане. Определение координат опорных точек трудностей, как правило, не вызывает, однако ситуация с получением цифровой модели местности заходит в тупик. Высокоточные цифровые модели местности являются достоянием военных. Единственное, на что может рассчитывать обычный пользователь, — это американская модель рельефа SRTM, с пространственным разрешением 90 м [1].

Конечно, высокоточную модель рельефа на нужную территорию можно создать по стереопаре, например снимков Cartosat-1 (Индия) с разрешением 2,5 м [2], но это ведет к общему удорожанию работ.

Обычно топографические планы выполняются в местных системах координат, а космические снимки имеют другую привязку. В этом случае возникает задача пересчета координат для последующей трансформации растра, которая решается с помощью применения аффинного преобразования:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_b = m \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_a + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}, \quad (3.1)$$

где  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  — начало системы координат;  $\alpha$  — угол разворота осей координат;  $m$  — масштабирующий множитель.

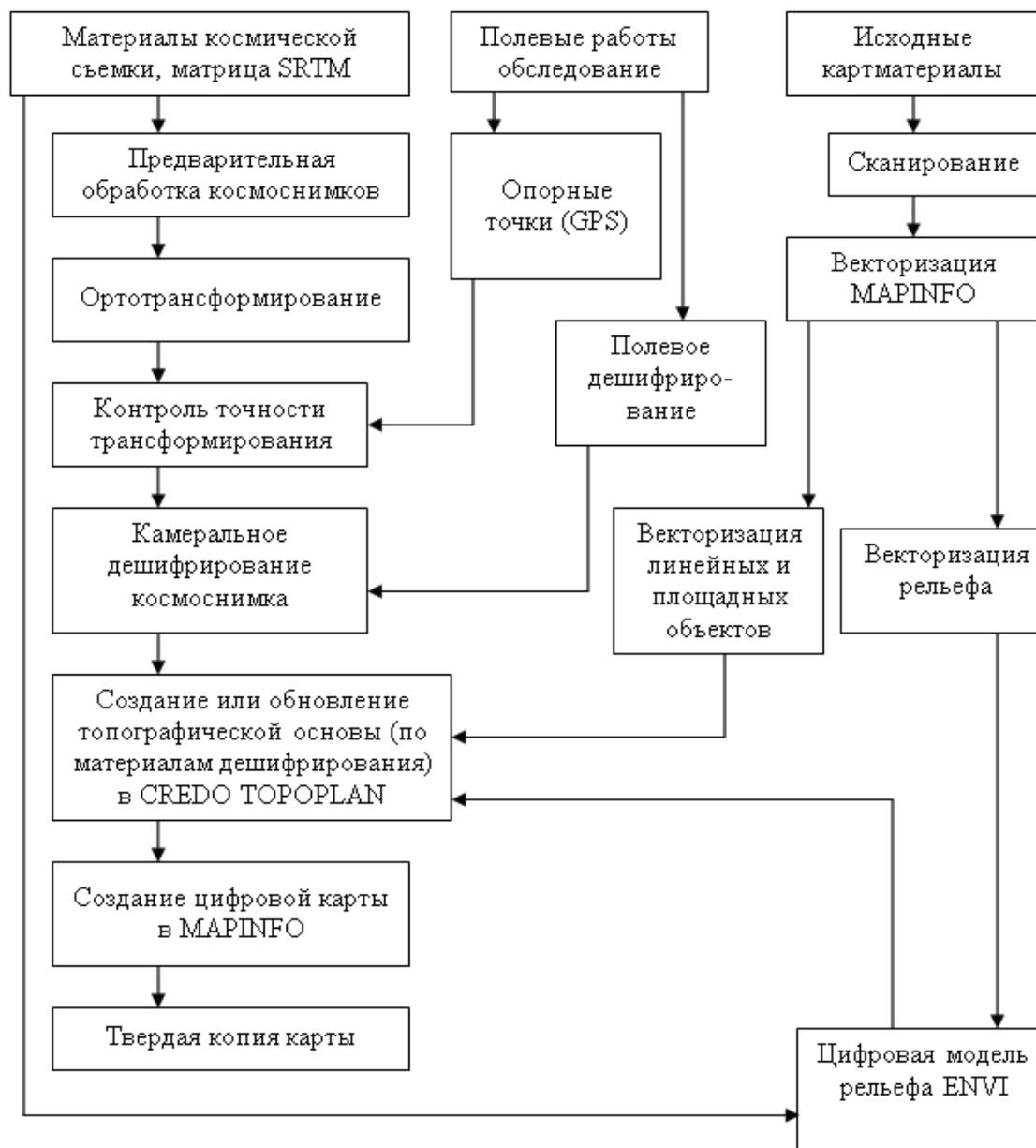


Рис. 1. Технологическая схема создания цифровых карт и планов по материалам космической съемки высокого разрешения

Данное преобразование должно быть взаимнооднозначным, так как необходимо неоднократно пересчитывать координаты из одной системы в другую при ортотрансформировании снимка и дальнейшей его обработки.

В условиях, когда высотных пикетов для полноценного построения рельефа недостаточно, возникает необходимость использования имеющейся цифровой модели местности, которую можно получить путем оцифровки существующих карт. Если на данную территорию нет картматериалов, тогда приходится использовать SRTM.

Описанная выше геоинформационная технология применена для создания цифровых карт М 1:5000

(точность масштаба 1:10000, сечение рельефа горизонталями через 2 м, система координат местная, система высот Балтийская) сельских территорий Усть-Коксинского района Республики Алтай. Данные поселения располагаются на выровненных участках территории Горного Алтая. Максимальный перепад высот территории сел не превышает 10 м.

Географически села располагаются в долинах рек Кокса, Верхняя Катанда, Нижняя Катанда, Катунь, Кучерла, Сугаш, Мульта.

Территория поселений Усть-Коксинского района Республики Алтай обеспечена топографическими картами масштаба М 1:100000 и масштаба 1:25000 (карты сельскохозяйственного назначения).

Исходными материалами для изготовления цифровых карт являлись космические снимки формата GeoTiff, полученные со спутников QuickBird и Ikonos, с разрешением 0,6 и 1 м соответственно, а также матрица SRTM для создания цифровой модели рельефа. Общая площадь участков, покрытая снимками QuickBird, составляет 135,5 кв. км; Ikonos — 681 кв. км.

Космические снимки заказывались в компании «Совзонд». При поиске архивных данных удалось достичь полного покрытия всех сел. Схема покрытия, на которой отображены полигоны, подготовленные к заказу данных «QuickBird» и данных «Ikonos», представлена на рисунке 2.

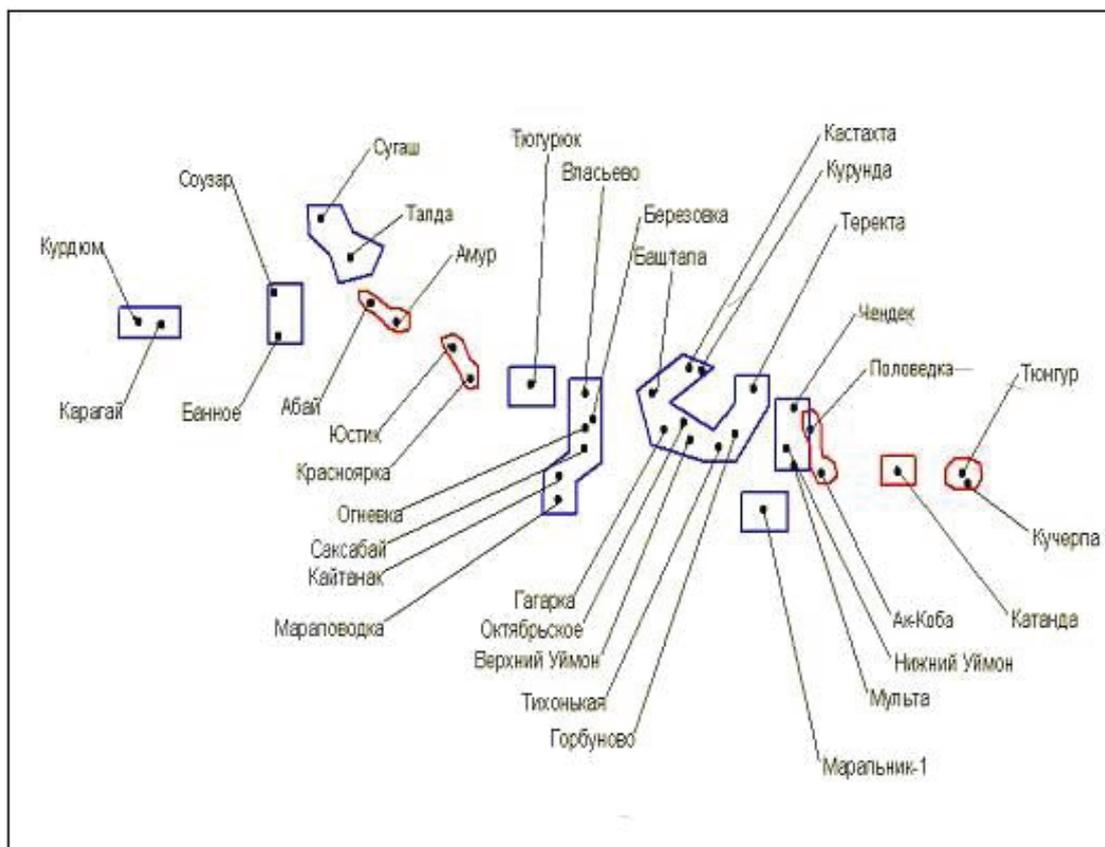


Рис. 2. Схема покрытия территории Усть-Коксинского района Республики Алтай архивными космическими съемками Ikonos и QuickBird

Рассмотрим данную технологию более подробно на примере села Банное Усть-Коксинского района Республики Алтай.

На данное село был получен космический снимок Ikonos (рис. 3). После получения фрагментов снимков в программе ENVI проводились сшивка и «вырезка» прямоугольного кадра, покрывающего нужную территорию.

Затем в программе ArcView проводилась трансформация космического снимка в местную систему координат села Банное (МСК). Ортотрансформирование было выполнено с использованием опорных точек, координаты и высотное положение которых было получены при помощи GPS-измерений. На относительно небольшую территорию данный способ дает более высокую точность ортотрансформирования, чем применение автоматического трансформирования по орби-

тальным данным, значения которых поставляются вместе со снимком в файле служебной информации [3].

Полученный файл использовался в качестве «подложки» для векторизации положения геообъектов создаваемой цифровой карты в программе Credo ТОПОПЛАН. Предварительно было проведено дешифрирование снимка и собрана семантическая информация об объектах местности.

Для построения изолиний рельефа использовалась матрица SRTM. Так как SRTM содержит целочисленные значения, для построения гладких изолиний рельефа необходимо их сгладить (рис. 4). Для интерполяции и сглаживания высот в пределах прямоугольного кадра использовалась компьютерная программа, описанная ранее [4]. Изолинии рельефа, построенные по сглаженным данным SRTM, изображены на рисунке 5.



Рис. 3. Фрагмент космического снимка села Банное

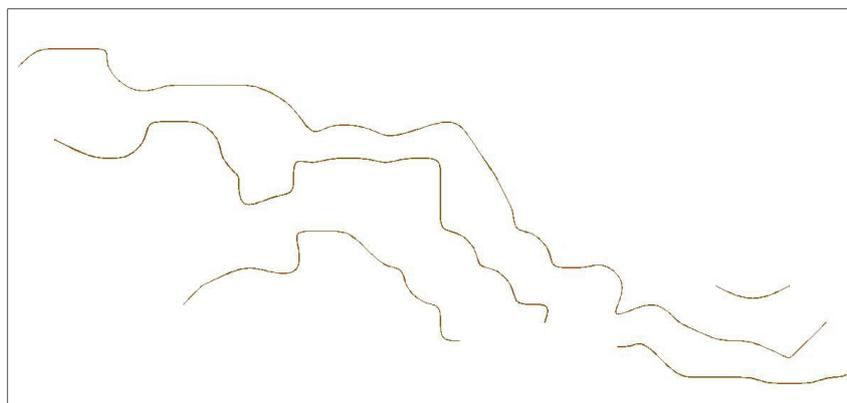


Рис. 4. Изолинии рельефа, построенные по несглаженной матрице SRTM

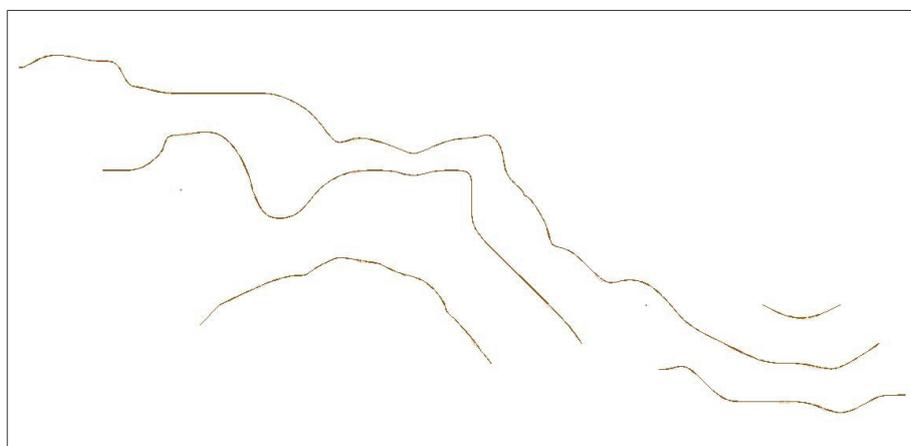


Рис. 5. Изолинии рельефа построенные по сглаженной матрице SRTM



Рис. 6. Изображение карты села Банное М 1:5000

Для села Банное цифровая карта, построенная в программе Credo ТОПОПЛАН, представлена на рисунке 6. В результате по описанной геоинформационной технологии были созданы цифровые карты М 1:5000 на 27 сел Усть-Коксинского района Республики Алтай. Разработанная геоин-

формационная технология создания цифровых карт на информационной базе космоснимков высокого разрешения передана для ее использования в ИВЭП СО РАН и в ряд организаций г. Барнаула, которые занимаются выполнением картографических работ.

### Библиографический список

1. Матрица SRTM [Электронный ресурс]. — URL: [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/).
2. Титаров П. С. Исследование геометрических характеристик продукта ДЗЗ Cartosat-1 Stereo OrthoKit // Пространственные данные. — 2007. — № 2.
3. Программный комплекс ENVI: учеб. пособие. — М., 2009.
4. Оскорбин Н. М., Суханов С. И., Федин Л. Ю. Сглаживание массива данных рельефа с использованием сплайновых поверхностей // Известия АлтГУ. — 2010. — № 1.