

УДК 528

О.Н. Очиров, Б.З. Цыдыпов, В.С. Баженов
ФГОУ ВПО «Бурятская ГСХА им. В.Р.Филиппова», Улан-Удэ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ КОТЛОВИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДАРНЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ¹

Ключевые слова: радарная съемка, интерферометрия, котловина, высота, площадь, цифровая модель местности.

В статье рассматривается цифровая модель рельефа, полученная в результате радарной топографической съемки. Разработана методика определения площадей котловин, на примере Баргузинской котловины рассчитана ее площадь.

O.N. Ochirov, B.Z. Cydyпов, V.S. Bazhenov
FSEI HPT «Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov», Ulan-Ude

DETERMINATION AREA HOLLOWs With USE RADAR TOPOGRAPHICAL DATA

In given paper the digital terrain model received as a result of radar topographic surveying is considered. The technique of hollow area definition is developed. The area of Barguzin hollow is calculated.

Введение. В настоящей работе использованы данные радарной интерферометрической съемки поверхности земного шара SRTM (*Shuttle radar topographic mission*) [1]. Она была осуществлена в течение 11 дней в феврале 2000 г. с помощью двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR, установленных на борту космического корабля многоцелевого использования «Шаттл». В результате съем-

ки была отснята почти вся территория земного шара (85 %) за исключением самых северных (больше 60° с.ш.) и самых южных широт (больше 54° ю.ш.), а также океанов (рис. 1). Всего с помощью метода радарной интерферометрии [2] было получено более 12 терабайт радиолокационных данных, которые затем обрабатывались специалистами NASA в течение двух последующих лет.

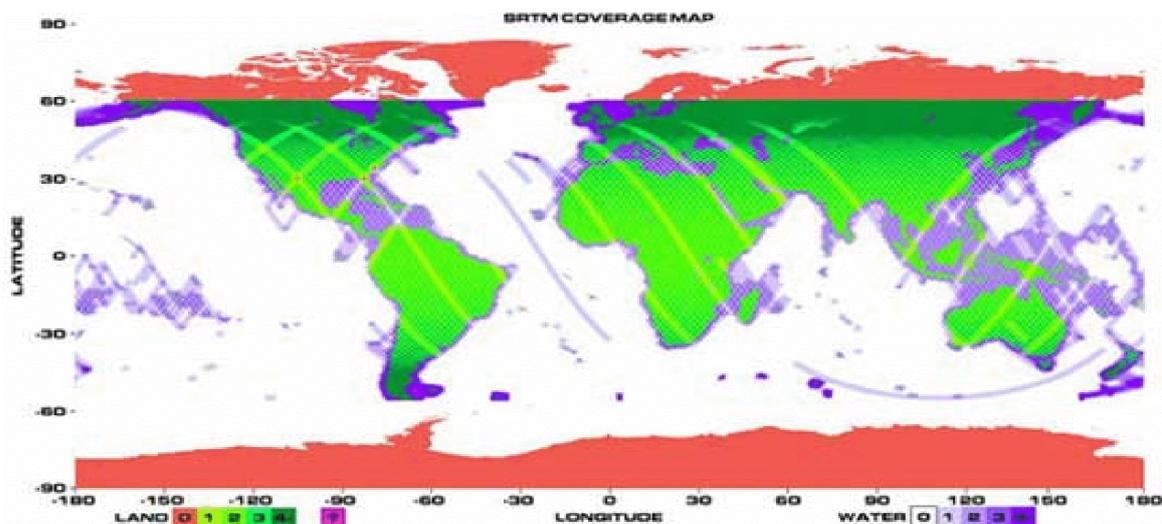


Рисунок 1 – Схема покрытия территории Земли съемкой SRTM (Land 0-1-2-3-4, Water 0-1-2-3-4 – цифры показывают, сколько раз был снят участок земной или водной поверхности)

¹ Статья выполнена при финансовой поддержке гранта ректората БГСХА, 2008 г.

Данные *SRTM* существуют в двух версиях: предварительная (версия 1, 2003 г.) и окончательная (версия 2, февраль 2005 г.). Окончательная версия прошла дополнительную обработку, выделение береговых линий и водных объектов, фильтрацию ошибочных значений.

Данные доступны в двух вариантах: 1) сетка с размером ячейки 1 угловая секунда (пространственное разрешение на местности 30 м); 2) сетка с ячейками размером в 3 угловые секунды (разрешение на местности 90 м). Более точные односекундные данные (*SRTM1*) доступны на территорию США, на остальную поверхность Земли доступны только трехсекундные данные (*SRTM3*).

Данные распространяются квадратами размером 1°1 градус, они представляют собой матрицы размером 1201×1201 значений или пикселей (3601×3601 для односекундной версии), которые затем могут быть импортированы в различные программы обработки спутниковых данных и построения карт, а также в геоинформационные системы. Данные являются простым 16-битным растром (без заголовка), значение пикселя является высотой над уровнем моря в данной точке, оно также может принимать значение *no data* (нет данных). Референц-эллипсоид данных – *WGS84*. Название квадрата соответствует координатам его левого нижнего угла. Например, *N45E136* означает 45° с.ш. и 136° в.д. Результирующие данные соответствуют спецификации интерферометрических данных о рельефе (*Interferometric Terrain Height Data*), а именно: размер элемента 30×30 м (90×90 м), точность по высоте равна 20 м.

Данные *SRTM* могут применяться для оценки сложности предстоящих топографо-геодезических работ, планирования их проведения, а также могут оказать помощь при проектировании расположения профилей и других объектов еще до проведения топосъемки. Полученные по результатам радарной съемки *SRTM*-значения могут быть использованы для раз-

личных топографо-геодезических работ, например для обновления топоосновы территорий, где отсутствуют данные детальных топографо-геодезических работ, в том числе и расчета площадей различных типов земной поверхности. Определение площадей котловин стандартными методами требует больших затрат и ресурсов, и задача разработки методики определения площадей по радарным данным достаточно актуальна.

Методика определения площади котловины. Определение площади котловины на основании данных спутникового зондирования формата *SRTM* было осуществлено с использованием программного комплекса *ENVI 4.3*, который является одним из наиболее удачных и доступных программных продуктов для визуализации и обработки данных дистанционного зондирования (ДЗЗ), с помощью которого можно извлекать различную геопространственную информацию. Для определения площади использовался тестовый *SRTM*-файл *N54E110.hgt* с данными земной поверхности со следующими координатами левого нижнего угла: 54°0' с.ш., 110°0' в.д. По данным файла *SRTM*, минимальная высота исследуемой поверхности над уровнем моря равна 478 м, максимальная высота – 2768 м.

После загрузки файла *SRTM* открывается фрагмент изображения (рис. 2, а). Он представляет собой изображение в градациях серого от 0 до 255: яркость каждой точки зависит от высоты земной поверхности над уровнем моря и меняется от черного к белому.

Для анализа рельефа местности используем встроенную функцию *X-profiles* (рис. 2, б) и функцию *3D SurfaceView* (рис. 2, в). На рис. 2, б указан один из типичных профилей рельефа поверхности. Рассмотрим полученный график. На графике по оси ординат отложена высота рельефа в метрах. Видно, что уровень земной поверхности падает с высоты приблизительно 1600 м до почти 500 м над уровнем моря. Исходя из этого можно сделать вывод, что анализируемая

местность имеет ярко выраженную ровную поверхность (котловина) с естественными границами в виде резко увеличивающейся высоты рельефа (рис. 2, в). Определим уровни котловины по

фрагменту: наименьшая высота равна 478 м, наибольшая – 600 м. Будем считать, что котловина занимает участок земной поверхности с высотой над уровнем моря от 478 до 600 м.

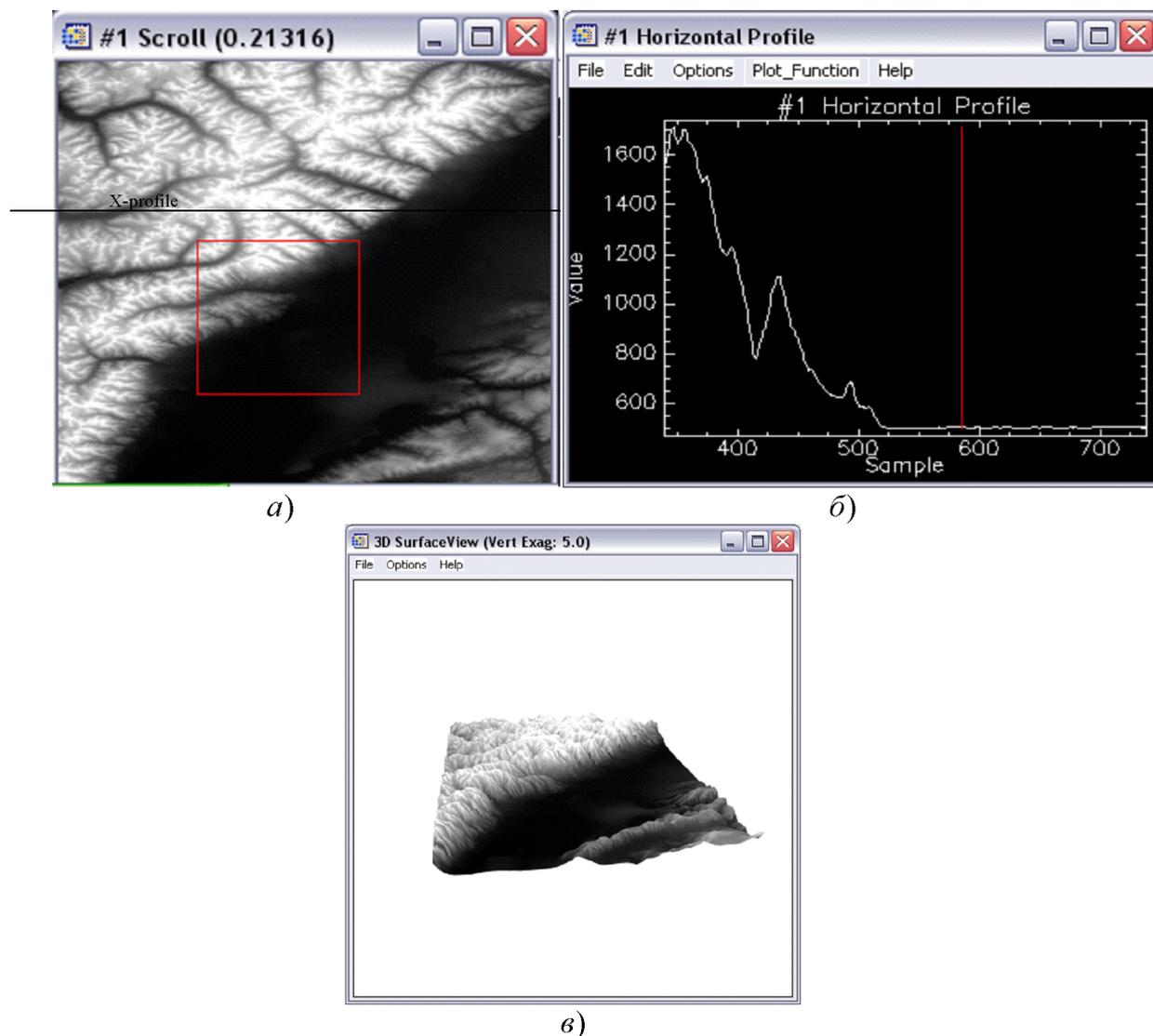


Рисунок 2 – Анализ рельефа: а) фрагмент изображения; б) горизонтальный профиль; в) трехмерное изображение.

Для выделения интересующей нас области поверхности котловины воспользуемся встроенной функцией *ENVI – Density Slice*. Задав в ней область выделения минимальных и максимальных высот, получаем в результате выделенную область (слой), которая по нашему определению

является котловиной в анализируемой области земной поверхности (рис. 3). На рисунке 3, б обведены заданные параметры выделяемого слоя – минимальная и максимальная высоты. В результате получаем искомую область, выделенную определенным цветом (рис. 3, а).

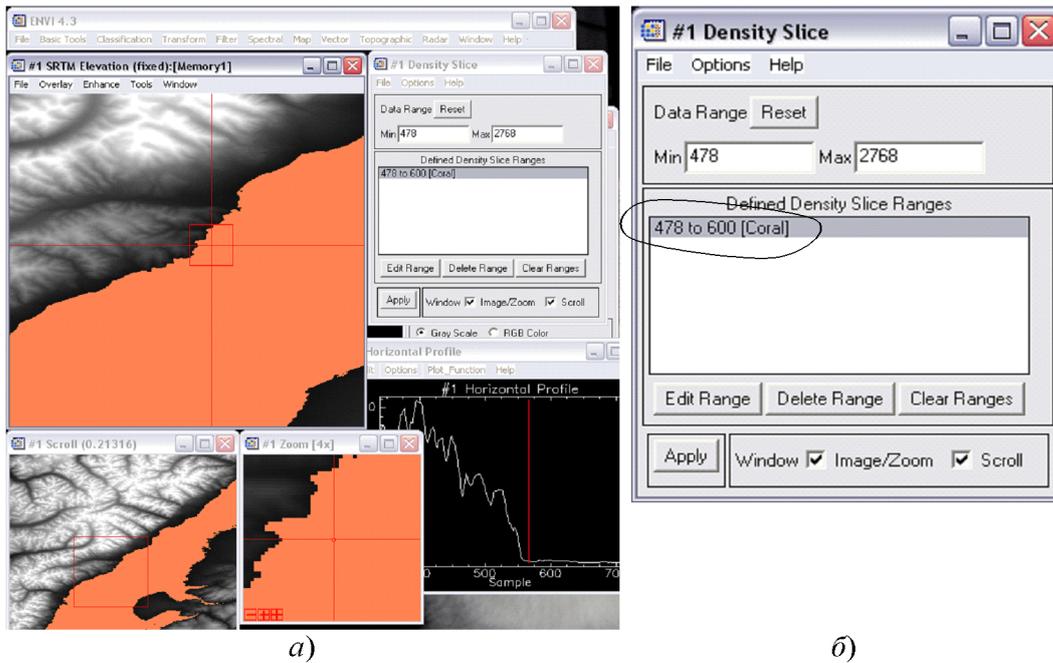


Рисунок 3 – Определение котловины в виде слоя:
 а) выделенная область; б) заданные параметры слоя

После определенных преобразований с использованием функции *Region Of Interest (ROI)* выделенный слой *Density Slice* трансформируем в *ROI-область*. В результате трансформации получаем таблицу *ROI-областей* (рис. 4). Изначально таблица может содержать некоторое количество записей, соответствующих различным *ROI-областям*. Это обусловлено тем, что при формировании интересующей нас области в диапазон высот, соответствующих котловине, также входит множество «мелких» областей межгорных впадин. Эти области в таблице

легко идентифицируются и удаляются, оставляем только интересующую нас *ROI-область*.

Из рисунка 4 видно, что оставлена только одна строка записи, остальные удалены. Для получения площади *ROI-области*, или в нашем случае искомой площади котловины, используем функцию *Report Area of ROIs*, установив размерность в *км*. Итог расчетов показан на рисунке 5. Таким образом, площадь котловины этой сцены равна $2020,428 \text{ км}^2$, или $202042,779 \text{ га}$.

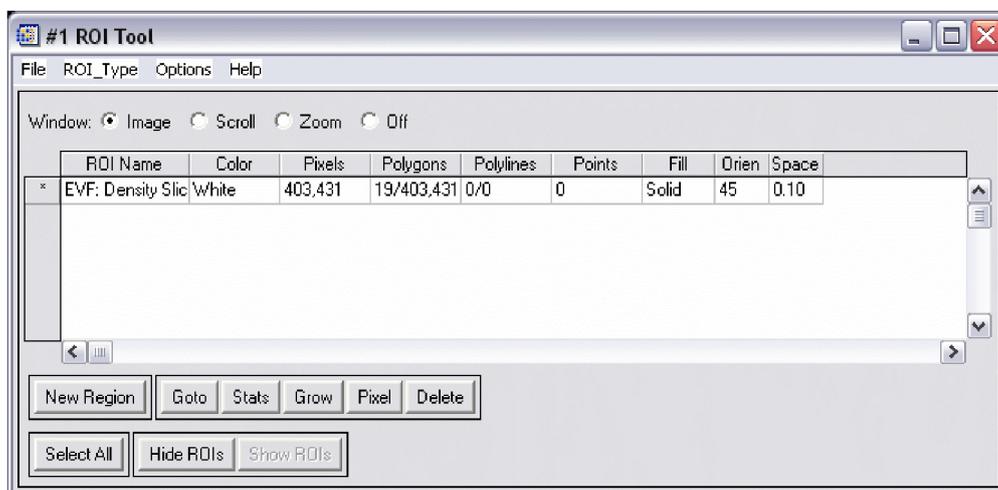


Рисунок 4 – Таблица *ROI-областей*

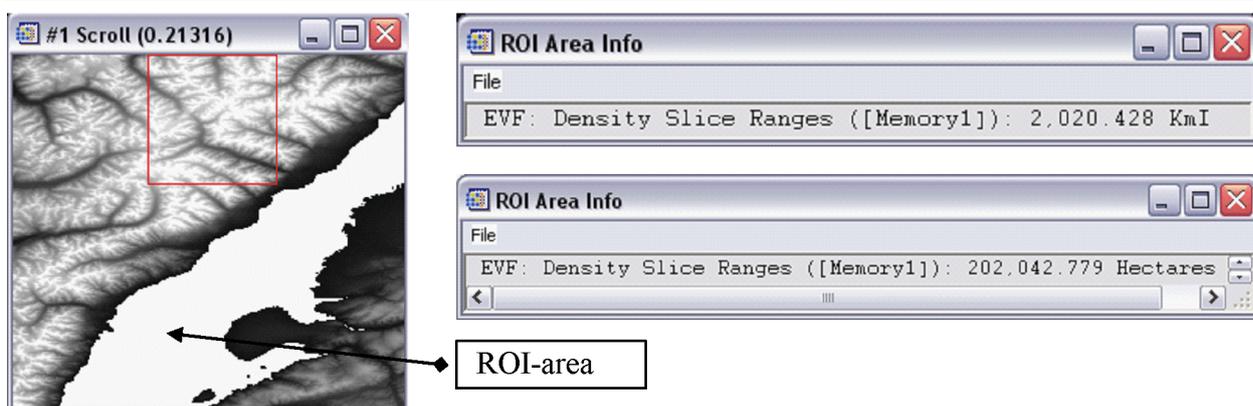


Рисунок 5 – ROI-область и ее площадь

Определение площади котловины Баргузинской долины. Так как используемые данные дистанционного зондирования формата SRTM представляют собой фрагменты земной поверхности в виде сетки, необходимо выяснить количество сцен топографической съемки. SRTM-файл имеет формат NxxEyy.hgt, где xx, yy – географические широта и долгота соответственно, т.е. величины,

определяющие положение левого нижнего угла сцены. Используя карту, полученную с помощью программы Google Earth Pro (www.google.ru), определяем количество сцен и необходимые фрагменты (рис. 6). Объект исследования очерчен. В итоге получаем, что для обработки необходимы следующие файлы радарной топографической съемки: N54E110.hgt, N54E111.hgt, N53E110.hgt, N53E109.hgt.

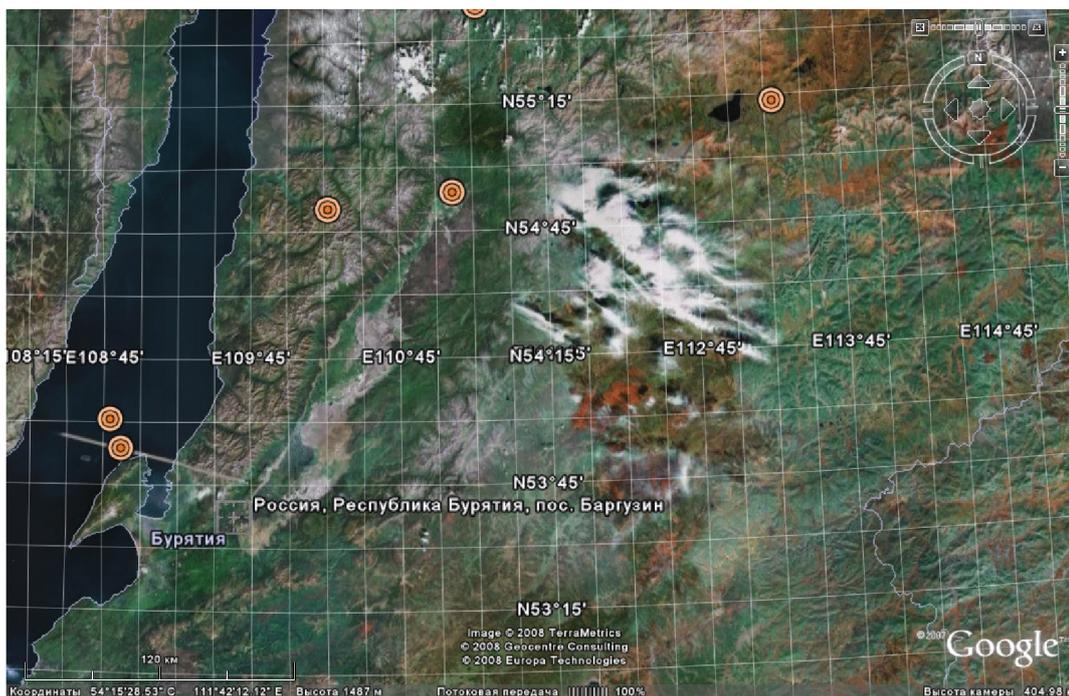


Рисунок 6 – Наложение сцен на карту

Проведем необходимые вычисления по разработанной ранее методике.

Площадь выделенной области фрагмента N54E110.hgt равна 2020,428 км² (рис. 7). Площадь участка котловины

N54E111.hgt равна 360,829 км² (рис. 8). Площадь выделенной области фрагмента, соответствующая файлу N53E110.hgt, равна 817,508 км² (рис. 9).

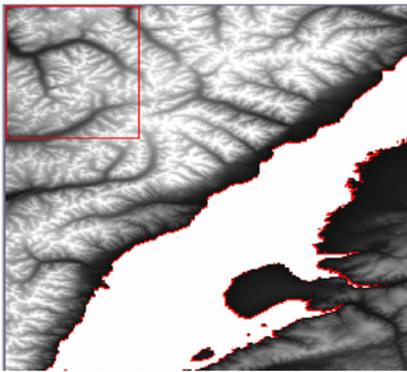


Рисунок 7 – Фрагмент *N54E110.hgt* с выделенным участком котловины и его площадь

При обработке фрагмента с данными файла *N53E109.hgt* появилась необходимость урезать сцену, так как в нее входят данные участка земной поверхности, расположенные ниже уровня кот-

ловины, в том числе и часть водной поверхности оз. Байкал. На рис. 6 виден срез сцены, произведенный средствами *ENVI*. Площадь *ROI*-области равна $646,571 \text{ км}^2$ (рис. 10).

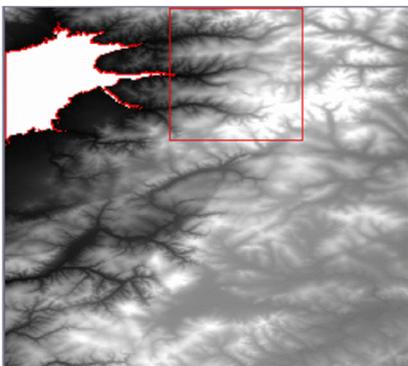


Рисунок 8 – *tN54E111.hgt* с выделенным участком котловины и его площадь

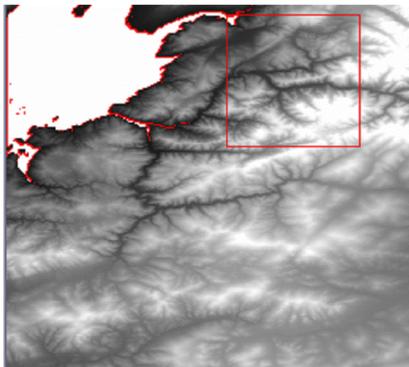


Рисунок 9 – *N53E110.hgt* с выделенным участком котловины и его площадь

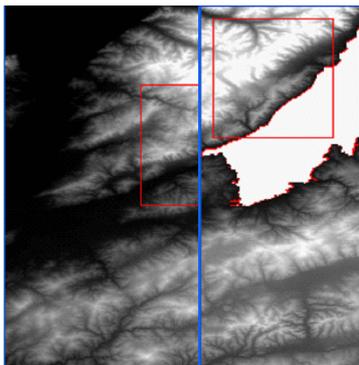


Рисунок 10 – *N53E109.hgt* с выделенным участком котловины и его площадь

После получения искомым данным составим мозаику из всех сцен (рис. 11) и просуммируем все полученные значения:

$$2020,428 + 360,829 + 646,571 + 817,508 = 3845,336 \text{ км}^2 \sim 3845 \text{ км}^2.$$

Таким образом, площадь котловины Баргузинской долины равна трем тысячам восьмистам сорока пяти квадратным километрам.

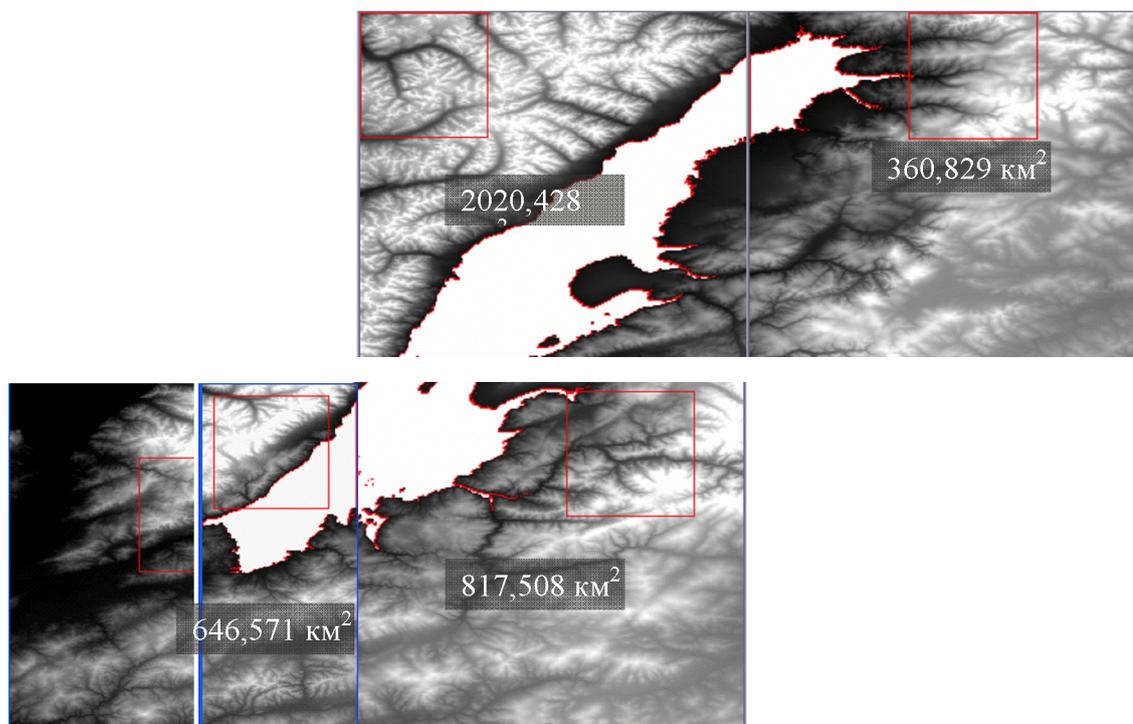


Рисунок 11 – Мозаика сцен

Выводы. Использование современных методов обработки данных с использованием специализированных программных комплексов и ДЗЗ, а также рассмотренной в данной статье методики в значительной степени влияют на высокую точность и оперативность в определении площадей различных природных объектов по сравнению со стандартными методами. Но в любом случае вопрос применимости радарных высотных данных *SRTM* в качестве альтернативы стандартным методам построения цифровой модели местности должен решаться в каждом случае индивидуально в зависимости от поставленной задачи, ха-

рактеристик рельефа и требуемой точности высотной привязки.

Библиографический список

1. Farr T.G. The Shuttle Radar Topography Mission / T.G. Farr, S. Hensley, E. Rodriguez, J. Martin, M. Kobrick // CEOS SAR Workshop. Toulouse 26-29 Oct. 1999. Noordwijk. – 2000. – P. 361-363.
2. Чимитдоржиев, Т.Н. Фрактальный анализ поляриметрических радиолокационных данных для классификации земных покровов / Т.Н. Чимитдоржиев, В.Е. Архинчеев, А.В. Дмитриев, Б.З. Цыдыпов // Исследование Земли из космоса. – 2007. – № 4. – С. 27-33.