

*А. С. Соколов,
ассистент кафедры экологии Гомельского
государственного университета имени Ф. Скорины*

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

Цифровые модели рельефа и возможности их использования

Рельеф является одним из важнейших элементов природной среды и изучается на протяжении всего курса географии в рамках большого количества тем общей и региональной географии. При рассмотрении любых участков суши и Мирового океана изучается их рельеф и его влияние на другие компоненты природной среды, большое внимание уделяется рельефу как фактору, оказывающему существенное влияние на природные характеристики геосистем, их экологическое состояние, хозяйственную деятельность человека и качество среды его существования. Характеристика и изучение рельефа является неотъемлемой частью научно-исследовательской работы школьников по физической географии и ряду смежных наук, в особенности экологии. На стыке экологии и геоморфологии сформировалась даже отдельная отрасль знаний — экологическая геоморфология, изучающая «взаимосвязи и результаты взаимодействий геоморфологических систем любого ранга с системой экологии человека» [1]. Учёт особенностей рельефа обязателен при изучении экологических рисков, прогнозе изменений природной среды под влиянием деятельности человека, оценке устойчивости

и экологического состояния геосистем, потоков (в том числе антропогенных) химических элементов в ландшафтах, эрозионных процессов, условий заболачивания, местообитаний экосистем и видов живых организмов, обнаруживающих связь с положением в ландшафтно-геохимическом ряду, и т. д.

Моделирование и изучение рельефа с применением геоинформационных технологий позволит освоить и применить в процессе обучения ряд дидактических возможностей, не доступных при использовании обычных бумажных (аналоговых) карт. К их числу относятся:

- визуализация рельефа в выбранной цветовой гамме, масштабе и границах;
- быстрое построение геоморфологических профилей, зон видимости/невидимости;
- выделение областей с заданными значениями высот или углов наклона;
- создание производных карт — карт уклонов рельефа, направлений уклонов, а на их основе — карт эрозионной опасности, направлений поверхностного стока, геохимической миграции элементов, устойчивости ландшафтов и т. п.;
- вычисление морфометрических показателей: истинных площадей (отличающихся от площадей проекции мест-

ности на плоскость, которую можно вычислить с помощью бумажной карты), объёмов, длин, доли площади выше (ниже) определённого высотного уровня или большим (меньшим) относительно заданного углом наклона.

Математические и компьютерные модели, позволяющие реализовать указанные возможности, получили название *цифровые модели рельефа* (ЦМР) (англ. *DEM — Digital Elevation Model*). Согласно отраслевому стандарту ОСТ ВШ 02.001-97 (геоинформатика и географические информационные системы) цифровая модель рельефа — это файл значений высотных отметок, приуроченных к узлам достаточно мелкой регулярной сети и организованных в виде прямоугольной матрицы, представляющей собой цифровое выражение высотных характеристик рельефа на топографической карте. Её отличие от моделей других объектов заключается в том, что для каждой точки земной поверхности могут быть определены не только плановые координаты (X и Y), но и третья координата — Z. Причём в качестве координаты Z в цифровой модели могут выступать, кроме реальных значений высот рельефа, различные другие показатели и характеристики: атмосферное давление, тем-

пература воздуха, осадки, пластовое давление нефти, геофизические поля, концентрация загрязняющих веществ и др. Теоретические основы компьютерного моделирования поверхностей и примеры его практического использования в географии и геоэкологии подробно рассматриваются в учебном пособии [2].

Основными источниками данных для создания ЦМР могут являться:

- результаты полевых натурных наблюдений с использованием GPS-навигаторов или геодезических приборов;
- использование данных уже существующих цифровых моделей рельефа и баз данных;
- материалы космической стереоскопической съёмки спутниками дистанционного зондирования Земли (например, спутники QuickBird, GeoEye, WorldView и др.);
- оцифровка изолиний рельефа топографических и географических карт;
- использование данных глобальных цифровых моделей рельефа.

Для использования в учебных целях педагогам, не имеющим специальной подготовки, наиболее реально создавать модели рельефа различного масштаба и подробности на основе двух последних источников данных.

Глобальная цифровая модель рельефа SRTM: характеристика и источники

Глобальные цифровые модели рельефа — это ЦМР, охватывающие всю или почти всю территорию Земли [3]. Такие модели создаются в рамках крупных научных проектов международными, государственными или коммерческими организациями. Некоторые из них находятся в открытом (бесплатном) доступе в сети Интернет.

Такая модель представляет собой растровое (то есть состоящее из неделимых элементов-пикселей) изображение, для каждого пикселя которого определено значение абсолютной высоты. Размер земной поверхности, соответствующий одному пикселу, определяет *пространственное*

разрешение модели. Оно может составлять для разных моделей от 10 м до 1 км.

Рассмотрим в качестве примера одну из наиболее известных глобальных цифровых моделей рельефа *SRTM — Shuttle radar topographic mission* (Радиолокационная топографическая миссия шаттла). Она была создана на основе радиолокационной съёмки поверхности Земли, осуществлённой с 11 по 22 февраля 2000 г. с помощью аппаратуры, установленной на борту американского космического корабля многоцелевого использования (шаттла) «Индевор». Зона, охваченная съёмкой, располагалась между 60° с. ш. и 54° ю. ш. Всего было собрано более 12 терабайт данных, кото-

рые в течение двух лет проходили обработку специалистами NASA. В результате получена цифровая модель рельефа (ЦМР) в растровой форме. Данные съёмки представляют собой набор файлов, каждый из которых покрывает территорию размером 1x1 градус. Разрешение равно одной угловой секунде (30 м) для территории США (SRTM1) и трём угловым секундам в одном пикселе (90 м) для всего остального мира (SRTM3). Такой квадрат является матрицей размером 1201x1201 элементов (пикселей), а для SRTM3 — 3601x3601. Каждому пикселу присвоена высотная отметка в метрах, высотное разрешение составляет 1 м. При этом необходимо помнить, что особенностью SRTM является тот факт, что модель содержит данные не о топографической, а об отражательной поверхности — т. е. высота деревьев, кустарников, снежного покрова и т. д., от которых отражался радиосигнал, а на застроенных территориях — высота некой осреднённой поверхности [4]. Однако с увеличением размеров территории данный фактор становится менее существенным.

Применение радиовысотных данных о рельефе является хорошей альтернативой

данным, полученным традиционными методами (в особенности данным о рельефе территории, снятым с топографических карт, которым присущ ряд недостатков, связанных со способом изображения рельефа в виде системы изолиний) [5]. В работах, затрагивающих вопрос об оценке точности высотных данных SRTM, говорится об их применимости в качестве альтернативного источника информации [6]. В частности, А. В. Погорелов делает вывод о вполне достаточной точности ЦМР, построенных по данным SRTM, для выполнения распространённых операций морфометрического анализа в масштабном ряду, характерном для исследования типичных геоморфологических объектов, например речных бассейнов [7]. Как мировые геоинформационные ресурсы спутниковые данные о высотах могут служить базой или дополнительным источником информации о самых различных территориях для проведения исследований глобального и регионального масштабов [5].

Файлы высот модели SRTM можно свободно скачать с сайта <http://srtm.csi.cgiar.org> (рис. 1).

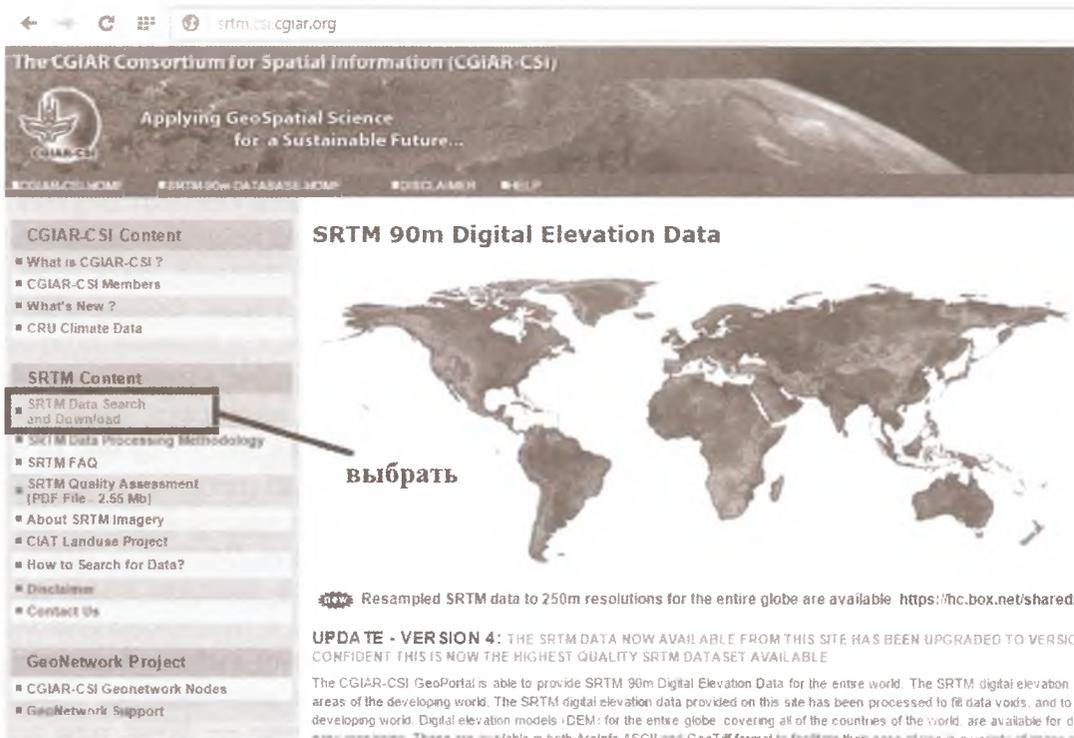


Рисунок 1 — Интерфейс сайта с данными SRTM

На странице в левой панели необходимо выбрать «*SRTM Data Search and Download*» (см. рис. 1), после чего открывается страница поиска и выбора данных

(рис. 2). На этой странице необходимо выбрать те территории, данные о высотах которых необходимо скачать. Для этого надо выполнить следующие этапы.

координаты в десятичном формате

координаты в формате "градусы -- минуты -- секунды"

Рисунок 2 — Интерфейс страницы выбора данных для скачивания

В пункте 1. *Select Server*, необходимо выбрать сервер, с которого будут скачиваться данные (надо оставить вариант CGIAR CSI (USA)).

В пункте 2. *Data Selection Method*, необходимо указать способ выбора данных. Если выбран вариант *Multiple Selection*, то нужный участок или участки следует отмечать мышью на карте в нижней части страницы. Если выбран вариант *Input Coordinates*, как на рисунке 2, то необходимо ввести координаты границ нужной территории — минимальную и максимальную широту (*latitude*) и минимальную и максимальную долготу (*longitude*). При этом нужно выбрать формат вводимых координат:

а) если выбрать *Decimal Degrees*, тогда нужно вводить координаты в десятичном формате, например, 34,5 (при этом помнить, что в таком формате координаты в Западном и в Южном полушарии вводятся со знаком «минус» перед самим значением, например, если для долготы указать «24,5», то будет 24,5 градуса восточной долготы, а если «-24,5», то 24,5 градуса западной долготы);

б) если выбрать *Degrees — Minutes — Seconds*, то надо вводить градусы, минуты и секунды в предназначенные для этого окна, а затем выбирать широту (северную — *North* или южную — *South*) и долготу (западную — *West* или восточную — *East*).

В пункте 3. *Select File Format* необходимо выбрать GeoTIFF (тогда данные будут скачаны в виде изображения в графическом формате .tif с уже заложенными в него географическими координатами, что позволяет использовать его без дополнительных преобразований в геоинформационных системах) либо ArcInfo

ASCII (тогда данные будут скачаны в виде текстового файла, в котором значения высоты каждого пиксела в каждой строке будут представлены числом).

После выбора участка для скачивания данных необходимо нажать на кнопку *Click Here to Begin Search >>* и перейти к странице скачивания данных (рис. 3).

The screenshot shows a web browser window with the URL `srtm.cgiar.org/SELECTION/listImages.asp`. The page header includes the CGIAR-CSI logo and the tagline "Applying GeoSpatial Science for a Sustainable Future...". Below the header, it states "1 Items have been Found".

Description	Location	Image
<p>Product : SRTM 90m DEM version 4</p> <p>Data File Name : <code>srtm_42_02.zip</code></p> <p>Mask File Name: <code>srtm_mk_42_02.zip</code></p> <p>Latitude min: 50 N max: 55 N</p> <p>Longitude min: 25 E max: 30 E</p> <p>Center point : Latitude 52.50 N Longitude 27.50 E</p>		

At the bottom of the page, there are download options: "Data Download (FTP)", "Data Download (HTTP)" (highlighted with a red box), "Data Mask Download (FTP)", and "Data Mask Download (HTTP)".

загрузка данных

Рисунок 3 — Интерфейс страницы скачивания файлов высот

На этой странице в левом окне *Description* показано описание данных: название файла (*Data File Name*), которое состоит из номера столбца и строки для выбранного фрагмента (например, на рисунке 3 файл называется `srtm_42_02`, что означает фрагмент из 42 столбца 2 строки карты на рисунке 2, где все строки и столбцы фрагментов пронумерованы), название файла маски водных объектов (*Mask File Name*), который содержит изображения водных объектов в фрагменте, для которых нет данных о высотах, минимальная и максимальная широта и долгота фрагмента, координаты центра фрагмента. В сред-

нем окне *Location* показано местоположение выбранного фрагмента (фрагментов) в более крупном масштабе, а в правом окне *Image* — уменьшенная копия изображения рельефа фрагмента для предварительного ознакомления.

Непосредственно процесс загрузки данных запускается кнопкой *Data Download (HTTP)* (см. рис. 3). В результате будет получен архив, в котором файл с расширением .tif (в данном примере `srtm_42_02.tif`) и будет представлять собой изображение, содержащее сведения о высотах каждого пиксела размером 90×90 м на фрагменте местности 5×5 градусов.

Визуализация модели рельефа в ГИС Global Mapper

Сам по себе скачанный файл изображения слабо пригоден для работы. Большую ценность представляет заложенная в нём информация о координатах и высотах каждого пиксела, которую можно визуализировать в геоинформационных системах (ГИС) и строить на её основе разнообразные модели рельефа и модели, производные от них.

Существует большое количество ГИС, способных работать с данными SRTM. Одной из наиболее подходящих для этого является ГИС Global Mapper. Данную ГИС (как англо- так и русскоязычную версию) возможно легко скачать в Интернете, используя инструмент поиска, например, <http://google.ru> и установить на персональный компьютер. Интерфейс программы показан на рисунке 4.

Нажав на кнопку **Открыть файлы с данными**, необходимо выбрать загруженный и разархивированный файл изображения данных SRTM и открыть его.

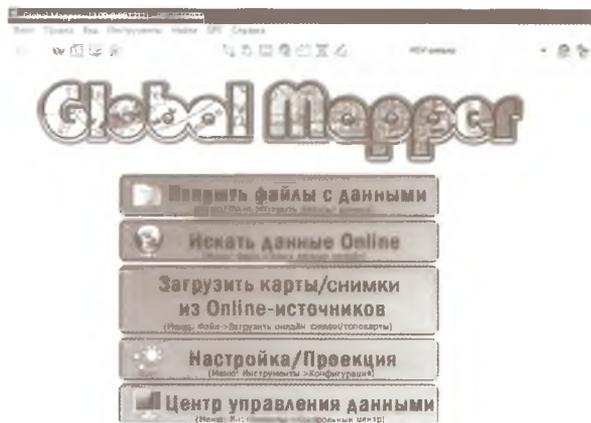


Рисунок 4 — Интерфейс ГИС Global Mapper

Изображение визуализируется на экране (рис. 5). В левой части экрана появляется шкала высот, в нижнем правом углу — масштабная линейка. При этом можно выбрать особенности визуализации в выпадающем меню панели инструментов (элемент 17 на рис. 6). Выбрав различные варианты (*Atlas шейдер*, *Color Rmap шейдер*, *Глобальный шейдер*, *HSV шейдер*) можно добиться разных вариантов цветной окраски изображения. Выбор варианта *Градиент* позволит раскрасить изображение оттенками серого цвета, *Шейдер уклонов* присваивает цвет пикселям в зависимости от величины наклона поверхности, а *Раскраска направлений уклонов* — в зависимости от величины азимута направления уклона.

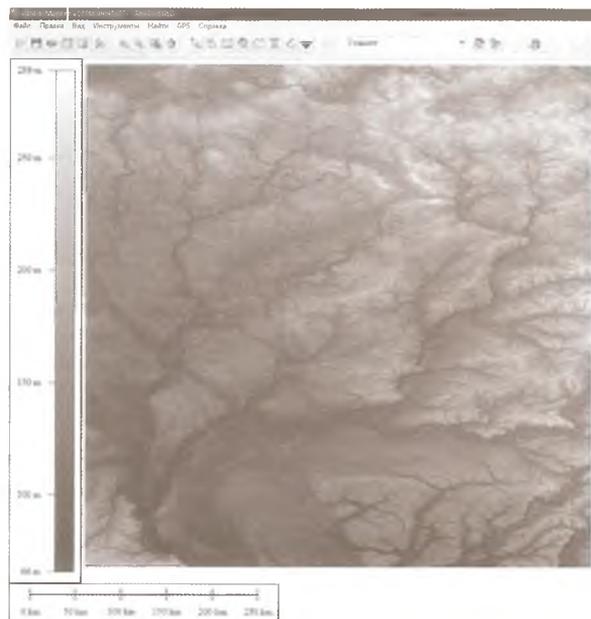


Рисунок 5 — Загруженное изображение SRTM

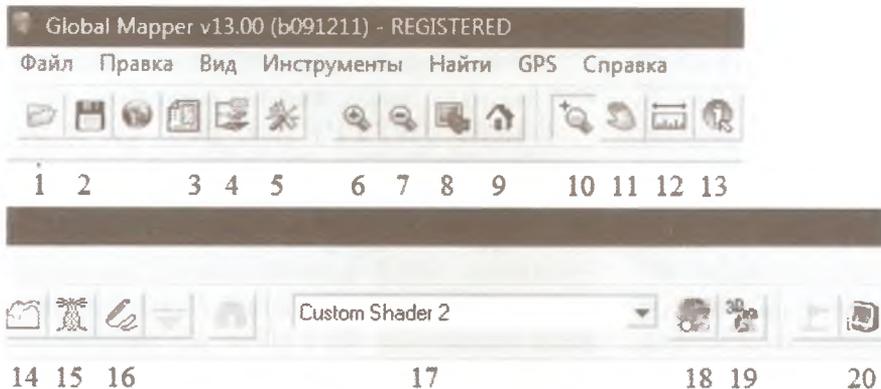


Рисунок 6 — Панель инструментов ГИС Global Mapper

Можно также и самостоятельно сформировать цветовую гамму, выбрав вариант *Добавить настроенный шейдер* (последний пункт выпадающего меню). При этом появляется окно *Настраиваемый шейдер* (рис. 7), где можно задать диапазоны высот требуемой детальности (вплоть до 1 м) и цвет для каждого диапазона, выбрать характер перехода между соседними цветами (плавный или резкий), задать название шейдеру. После создания шейдер появится в списке выпадающего меню под заданным названием. Вернуться к редактированию шейдера можно с помощью кнопки **Конфигурация** панели инструментов (элемент 5 на рис. 6), где выбрать вкладку *Настройки шейдера*, внизу вкладки — название нужного шейдера и нажать кнопку **Изменить**.

В окне *Конфигурация* также можно выбрать проекцию, в которую будет преобразовано изображение в одноимённой вкладке.

Как и в любой ГИС, в Global Mapper реализована возможность открытия и совмещения сразу нескольких слоёв. В частности, изображение рельефа можно совместить с векторным слоем контуров административных единиц территории, что позволит значительно лучше ориентироваться на слое.

Получить такой слой можно на сайте <http://gadm.org>, где создана глобальная база данных административных единиц с возможностью их бесплатного скачивания. Для скачивания слоёв с контурами административных единиц любой страны необходимо выбрать вкладку *Download* в верхней части главной страницы сайта. На открывшейся странице загрузки в разделе *Country* выбрать нужную страну, а в разделе *File Format* выбрать *Shapefile*. Затем нажать **OK** и далее — **Download**. Будет скачан архив с большим количеством файлов. Все эти файлы необходимо обязательно хранить в одной папке и не перемещать по отдельности, так как они взаимосвязаны. Открывать следует файлы с расширением *.shp* (это наиболее распространённый векторный формат, который могут

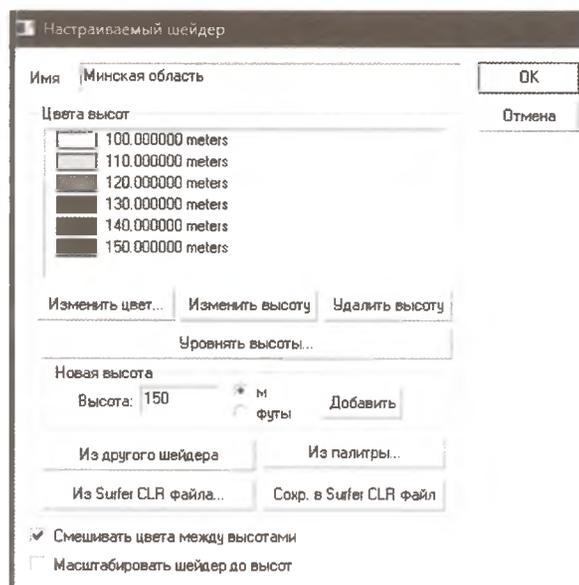


Рисунок 7 – Окно «Настраиваемый шейдер»

читать любые ГИС; для файлов в таком формате существует устоявшееся наименование «шейп-файлы»). Для каждой страны существует три шейп-файла: в первом (для Беларуси, к примеру, он называется *BLR_adm0.shp*) — контуры страны целиком, во втором (*BLR_adm1.shp*) — административные единицы первого порядка (для Беларуси области), а в третьем (*BLR_adm2.shp*) — административные единицы второго порядка (районы). Любой из этих трёх шейп-файлов можно открыть в Global Mapper (команда **Файл > Открыть файл(ы) данных**), и контуры соответствующих единиц будут наложены на изображение рельефа.

Каждую административную единицу можно закрасить или заштриховать с помощью различных вариантов штриховки и цвета либо сделать полностью прозрачной, а также выбрать форму и цвет линий границ между регионами. Для этого необходимо нажать кнопку **Информация** панель инструментов (элемент 13 на рис. 6) и затем нажать курсором на нужный регион. Появится окно *Информация объекта* (рис. 8), в котором нажать **Правка**, затем появится окно *Изменение данных объекта*, в котором выбрать **Задать стиль рендеринга** и нажать кнопку **Настроить**. Появится окно *Выбор стиля области*, где

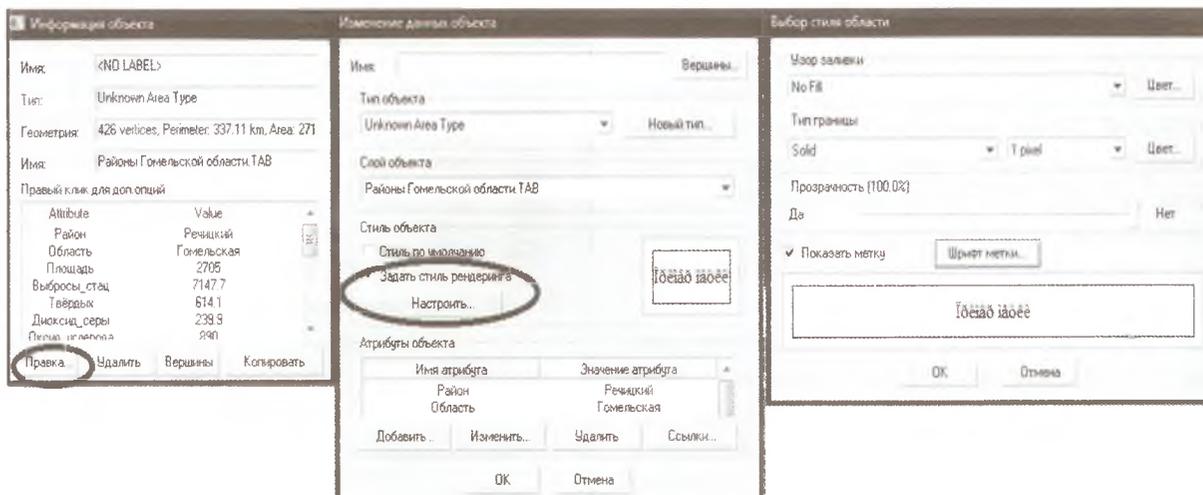


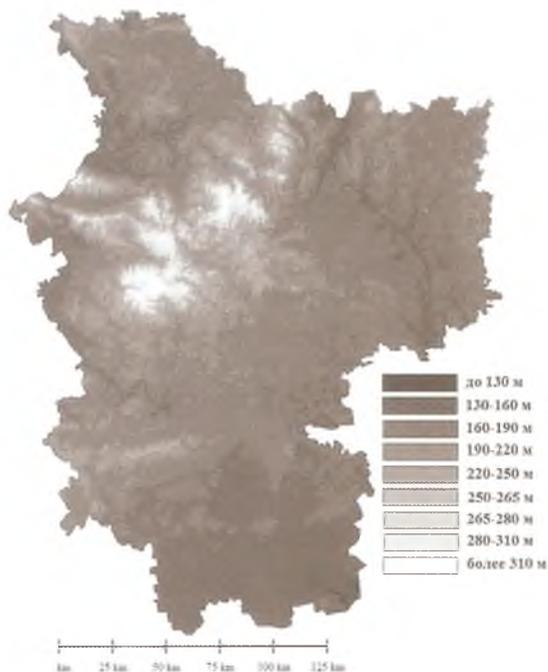
Рисунок 8 — Оформление элементов векторного слоя

в меню «Узор заливки» можно выбрать вариант штриховки или сплошной заливки (при этом No Fill — отсутствие заливки, а Solid Fill — сплошная заливка), выбрать цвет заливки или штриховки (кнопка Цвет справа). В меню «Тип границы» можно выбрать стиль, толщину и цвет линий границы. Например, если интересует рельеф какого-то определённого района, то соседние с ним районы можно окрасить в белый цвет, чтобы в итоге получилась карта только нужно-

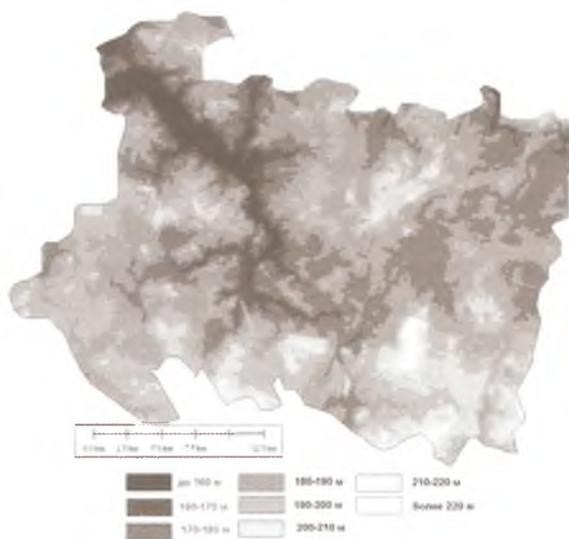
го региона, как, например, на рисунке 9. В данном примере использованы оттенки серого, при использовании же различных цветов можно добиться достаточно подробной и хорошо читаемой карты с меньшим шагом высот.

Зачастую возникает необходимость очистить изображение от «шума» — мелких скоплений в несколько пикселей, относящихся к другому диапазону высот, чем их фон, и создающую таким образом ненужную «пестроту» изображения. Такая процедура называется фильтрацией и имеет сходство с картографической генерализацией. Автоматическая векторизация рас-

Географія. № 9, 2016



а



б

Рисунок 9 — Двухмерная ЦМР Минской области (а) и Несвижского района (б)

тровых изображений доступна в графических программах, например CorelDRAW. Для этой программы последовательность действий следующая: создать новый чистый документ командой **Файл > Создать**, затем открыть растровый графический файл командой **Файл > Импорт**, после чего выбрать команду **Растровые изображения** и один из способов трассировки (**Быстрая трассировка** или **Трассировка абрисом > Изображение высокого (низкого) качества**), отличающиеся друг от друга степенью обобщения элементов изображения. Вариант трассировки выбирается в каждом конкретном случае.

Кнопка **3D пусть профиль/линия зрения** (элемент 14, рис. 6) позволяет строить гипсометрические профили через рассматриваемую территорию. После нажатия данной кнопки необходимо левой кнопкой мыши указать начало профиля и, если необходимо, — точек поворота профиля, а правой кнопкой — точку окончания профиля. В результате откроется отдельное окно с изображением профиля (рис. 10), где можно также вычислять объёмы и определять линию зрения на разных высотах, сохранять изображение как отдельный графический файл и т. д.

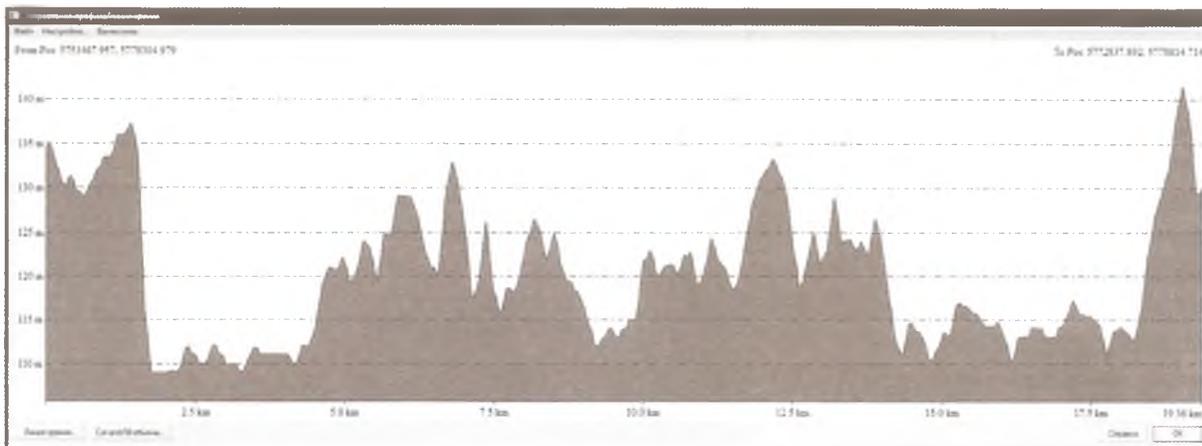


Рисунок 10 — Гипсометрический профиль

Кнопка **Анализ излучений** позволяет определять зоны видимости/невидимости, то есть территории, находящиеся в прямой видимости от заданной точки с заданной высоты. После нажатия данной кнопки следует курсором выделить точку, для которой будут определяться зоны, в появившемся окне **Настройки излучателя** определить высоту передатчика и высоту приёмника, радиус и угол обзора. После нажатия **ОК** территории, находящиеся в прямой видимости при заданных параметрах, будут выделены цветом (рис. 11)

Выделенные цветом зоны будут находиться на отдельном слое, поэтому будут сохранены даже после закрытия изображения рельефа и могут быть наложены и на другие изображения данной территории (карты, топопланы и т. д.).

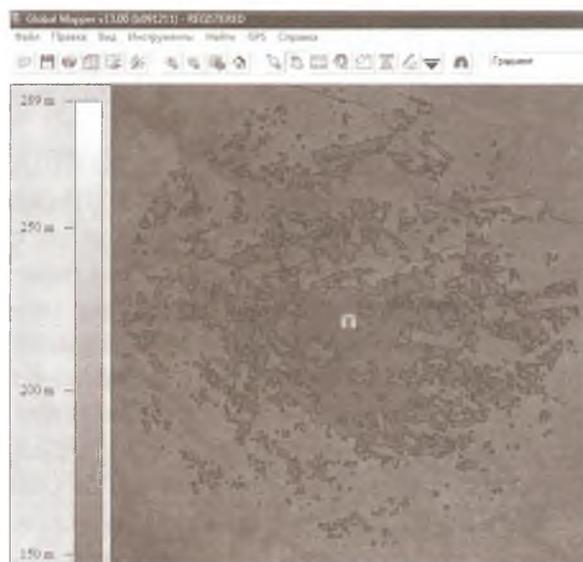


Рисунок 11 — Выделение зон видимости

Другие кнопки панели инструментов имеют следующие функции:

- **Настройка схемы карты** (элемент 3 на рис. 6) — позволяет настроить необходимые параметры оформления карты;
- **Открыть центр управления** (4) — открывает окно, где показаны все открытые слои, и в котором можно слои скрыть, закрыть, поменять местами и т. д.;
- **Увеличить** (6) и **Уменьшить** (7) — увеличивает и уменьшает размер изображения;
- **Восстановить последний вид** (8) — восстанавливает предыдущий вид;
- **Показать всё** (9) — устанавливает размер изображения таким, чтобы на мониторе были видны все объекты всех открытых слоёв;
- **Зум** (10) — позволяет выделить и приблизить определённый фрагмент изображения;
- **Перетаскивание** (11) — позволяет перемещаться по изображению.

Кнопка **3D вид** (19) — позволяет перейти к трёхмерному изображению в отдельном

окне (рис. 12) с интуитивно понятной панелью инструментов. В данном окне можно «гулять» по 3D-модели, увеличивать и уменьшать масштаб высот, подниматься или опускаться над поверхностью, рассматривать её под разными углами и т. д. Если кроме слоя изображения рельефа открыт и другой слой, например, на изображение наложена топокарта, то она тоже может принимать трёхмерный вид и таким образом легко осуществляется переход от любого двухмерного изображения к трёхмерному.

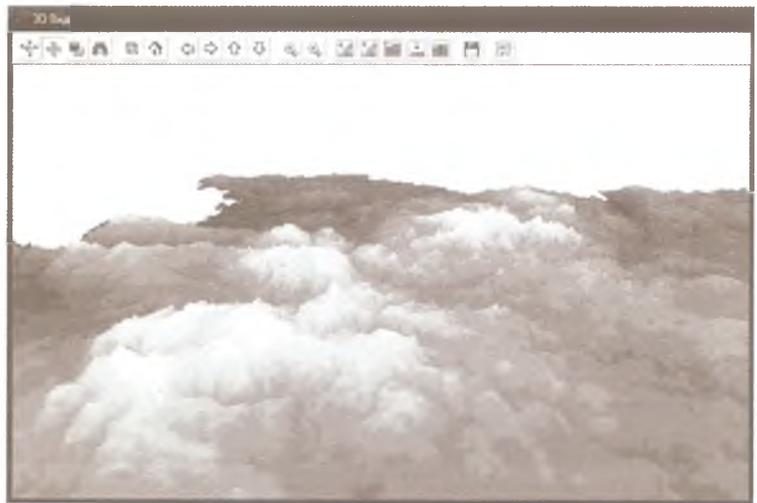


Рисунок 12 — Трёхмерная ЦМР Минской области

Другие глобальные цифровые модели рельефа

Модель SRTM является хотя и наиболее распространённой, однако не первой и не единственной глобальной цифровой моделью рельефа.

В 1996 г. Геологической службой США была разработана модель GTOPO30 (Global 30 Arc-Second Elevation) в виде растра с размером ячейки 30 угловых секунд (приблизительно 900 м). Результирующая сетка содержит 21 600 строк и 43 200 столбцов пикселей. GTOPO30 был получен от нескольких растровых и векторных источников топографической информации. Для более лёгкого распространения GTOPO30 состоит из фрагментов (тайлов), которые по отдельности могут быть выбраны для скачивания на сайте http://www.webgis.com/terr_world.html. Ухудшают качество информации регулярный шум, чередующиеся полосы и другие артефакты. Данные для океанов отсутствуют.

На смену модели GTOPO30 пришла значительно усовершенствованная модель GMTED2010 (Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010). Она доступна в трёх разрешениях: 30 угловых секунд (приблизительно 900 м), 15 угловых секунд (500 м) и 7,5 угловой секунды (250 м). ЦМР охватывает область земного шара между 84° северной и 56° южной широты. Некоторые области, а именно Гренландия и Антарктида, не представлены в разрешениях 15 и 7,5 угловой секунды в силу

того, что использованные для этих областей источники не поддерживали такое разрешение. Качество данных существенно выше. Для создания также использовалось множество растровых и векторных источников, в том числе данные SRTM. Данные GMTED2010 есть по адресам http://topotools.cr.usgs.gov/gmted_viewer/viewer.htm и <https://lta.cr.usgs.gov/GMTED2010>. В последнем случае модель представлена в виде единого документа в формате шейп-файла.

Ещё одна глобальная цифровая модель рельефа ETOPO2 в отличие от предыдущих включает как наземный, так и подводный рельеф. ETOPO2 создан на основе нескольких источников, для топографии суши использовались данные проекта GLOBE — Global Land One-kilometer Base Elevation (разрешение 30 угловых секунд, 1 км), для батиметрии основной части морской поверхности — определённым образом обработанные данные радарной альтиметрической съёмки 1978 г., совмещённые с данными по гравитационным аномалиям для получения глубин.

Скачать данные ETOPO2 в виде файла формата GeoTIFF можно по адресу <http://gis-lab.info/data/etopo2/etopo2.tif.7z>. Файл представляет собой единую матрицу размером 10800x5400 пикселей. Данные находятся в географической системе координат, эллипсоид — WGS84. Кроме того, пользователи программных продуктов фирмы ESRI могут скачать модель с сайта <http://gis-lab.info/data/etopo2/etopo2.rar>.

Данные ETOPO2 можно применить в учебной и учебно-исследовательской работе для визуализации рельефа крупных территорий — материков, океанов, физико-географических стран и т. д.

Модель ACE2 — Altimeter Corrected Elevations 2 — создана в Лаборатории дистанционного зондирования Земли и планет (Великобритания) (данные доступны по адресу <ftp://tethys.eaprs.cse.dmu.ac.uk>). ACE2 доступна в четырёх разрешениях: 3 угловые секунды (приблизительно 90 м), 9 угловых секунд (270 м), 30 угловых секунд (900 м) и 4 угловые минуты (7,2 км).

Список использованных источников

1. Тимофеев, Д. А. Экологическая геоморфология: объект, цели и задачи / Д. А. Тимофеев // Геоморфология. — № 1. — 1991. — С. 43—48.
2. Хромых, В. В. Цифровые модели рельефа: учеб. пособие / В. В. Хромых, О. В. Хромых. — Томск: ТМЛ-пресс, 2007. — 178 с.
3. Кутинов, Ю. П. Цифровые модели рельефа и геоинформационные технологии для анализа эрозионных процессов на севере Русской плиты [Электронный ресурс] / Ю. П. Кутинов, А. П. Минеев // Материалы Междунар. форума «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий», компания «СОВЗОНД», 15-17 апреля 2015 г. — Режим доступа: ftp://ftp.sovzond.ru/forum/2015/Тезисы/pdf_rus/Abstract_Kutinov_rus.pdf. — Дата доступа: 28.10.2015.
4. Оньков, И. В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения / И. В. Оньков // Геоматика. — № 3. — 2011. — С. 40—46.
5. Павлова, А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съёмки SRTM (на примере бассейна р. Терешки) / А. Н. Павлова // Известия Саратовского университета. — 2009. — Т. 9. — Сер. Науки о Земле. — Вып. 1. — С. 39—44.
6. Муравьёв, Л. А. Высотные данные SRTM против топографической съёмки / Л. А. Муравьёв // Всё о геологии. Проект геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. — Режим доступа: <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1177761>. — Дата доступа: 31.10.2015.
7. Погорелов, А. В. Морфометрия рельефа бассейна реки Кубани: некоторые результаты цифрового моделирования / А. В. Погорелов, Ж. А. Думит // Географические исследования Краснодарского края. — Вып. 2. — Краснодар, 2007. — С. 7—23.