

Научный журнал
Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского

Основан в марте 2006 г.
г. Калуга

Содержание номеров журнала реферируется ВИНТИ

Журнал включён в систему Российского индекса научного цитирования (<http://elibrary.ru/>)

Подписной индекс 42937 в объединённом каталоге «Пресса России»

Научные статьи и доклады

- социальные и гуманитарные науки
- естественные и технические науки
- психолого-педагогические науки

Университетские новости

Из истории университета

Юбилей

Научная хроника

Рецензии

Редакционная коллегия

Казак М.А., ректор КГУ им. К.Э. Циолковского, кандидат исторических наук, доцент (главный редактор)

Балашова Е.А., доктор филологических наук, профессор

Белова И.Б., доктор исторических наук, профессор

Васильев Л.Г., доктор филологических наук, профессор

Горбачева Е.И., доктор психологических наук, профессор

Ерёмин А.Н., доктор филологических наук, профессор

Краснощеченко И.П., доктор психологических наук, профессор

Лыков И.Н., доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, профессор

Маслов С.И., доктор педагогических наук, профессор

Мильман О.О., доктор технических наук, профессор

Степович М.А., доктор физико-математических наук, профессор

Филимонов В.Я., доктор исторических наук, профессор

Чернова Г.В., доктор биологических наук, профессор

Штрекер Н.Ю., доктор педагогических наук, профессор

Коненкова Н.В. (ответственный секретарь)

Редактор

Доможир В.В., кандидат экономических наук

Адрес редакции:

248023, г. Калуга, ул. Степана Разина, д. 22/48, комн. 605

Тел.: (4842) 50-30-21

E-mail: VKU@tksu.ru

Учредитель:

Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского

УДК 372.891

А.С. Соколов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА SRTM ДЛЯ ТРЁХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ГЕОГРАФИИ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

В статье рассматриваются возможности применения в процессе обучения в средней и высшей школе компьютерных моделей, созданных с помощью ГИС на основе совмещения различных данных дистанционного зондирования Земли – глобальной цифровой модели рельефа SRTM и спутниковых снимков. Описаны основные возможности таких моделей, приведены примеры, показана их роль в образовательном процессе для формирования географических представлений и анализа строения и свойств природных и антропогенных объектов.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа; SRTM; спутниковые снимки; техноморфы; SAS.Планета; трёхмерная визуализация; обучение географии.

A.S. Sokolov

USE OF SRTM GLOBAL MODEL OF RELIEF FOR THREE-DIMENSIONAL VISUALIZATION OF NATURAL AND TECHNOGENIC OBJECTS IN GEOGRAPHY TEACHING AT SECONDARY AND HIGH SCHOOL

The article discusses the possibility of application of computer models created using GIS on the basis of combining various Earth remote sensing data – the global digital terrain model SRTM and satellite images, in the learning process at the secondary and high school. The main features of such models are described, examples are given, their role in the educational process for the formation of geographical views and analysis of the structure and properties of natural and anthropogenic objects is shown.

Key words: digital terrain model; SRTM; satellite images; technical landforms; SAS.Planet; three-dimensional visualization; geography teaching.

Современное развитие и распространение геоинформационных технологий, технологий и материалов дистанционного зондирования Земли позволяет создавать высококачественные 3d-модели географических объектов различных типов, размеров, генезиса и иерархических уровней, способные наглядно передавать их внешний вид, отдельные свойства, особенности строения и закономерности развития. Такие модели являются незаменимым дидактическим средством при обучении географии с тех пор, как аналоговая карта перестала быть единственной моделью территорий различных регионов земного шара, применяемой в процессе обучения, поскольку трёхмерная визуализация географических объектов способствует более глубокому пониманию их сущности и взаимосвязей, чем двухмерное картографическое или фотографическое изображение.

Целью настоящей работы является раскрыть методические аспекты создания трёхмерных моделей географических объектов с помо-

щью ГИС-технологий на основе общедоступных бесплатных материалов дистанционного зондирования Земли, показать на примерах их основные дидактические возможности, специфику применения в процессе обучения.

Актуальность данной проблематики заключается в том, что школьная и вузовская география изучает в основном отдалённые географические объекты, недоступные визуальному восприятию. Тем не менее, одной из задач их изучения является формирование представлений, то есть чувственно-наглядных образов объектов и явлений в сознании, памяти, которые в данный момент не воспринимаются органами чувств [1]. Изучение рельефа с применением ГИС-технологий позволяет также освоить ряд дидактических возможностей, недоступных для обычных карт [2].

Источниками информации для моделирования являются спутниковые снимки, доступные для скачивания через программу

SAS Планета и глобальная цифровая модель рельефа SRTM.

Программа SAS.Планета (доступна бесплатно по адресу <http://www.sasgis.org>) предназначена не просто для просмотра снимков в интернете в режиме онлайн, но в первую очередь для их скачивания и сохранения на жёстком диске компьютера пользователя в формате GeoTIFF, то есть в определённой проекции и с данными о географической привязке, что позволяет использовать скачанные снимки в ГИС-программах сразу, без дополнительных процедур. Данная программа обеспечивает доступ к снимкам высокого разрешения и другим пространственным данным, представляемым такими веб-картографическими сервисами, как Google Earth, Google Maps, Космоснимки, Яндекс.Карты и другими, а также к топокартам различного масштаба, аэроснимкам времён Великой Отечественной войны, картам OSM, снимкам спутников серии Landsat, растровым файлам рельефа и другим материалам.

SRTM (Shuttle radar topographic mission) – глобальная цифровая модель рельефа, созданная по данным радиометрической съёмки 2000 года, представляющая собой растровое изображение, для каждого пиксела которого определено абсолютное значение высоты. Пространственное разрешение 90 м/пиксел, высотное разрешение – 1 м. Модель содержит данные не о топографической, а об отражательной поверхности, тем не менее, исследования ряда авторов подтверждают возможность применения данных SRTM как источника информации о рельефе, и о вполне достаточной точности цифровых моделей рельефа, построенных по этим данным, для выполнения распространённых операций морфометрического анализа в масштабном ряду, характерном для исследования типичных геоморфологических объектов, например речных бассейнов [4-6]. Данные SRTM на территорию между 60° с. ш. и 54° ю. ш. можно бесплатно получить с сайта <http://srtm.csi.cgiar.org> в виде тайлов 5×5 или 30×30 градусов в формате GeoTIFF или Esri ASCII.

Ряд ГИС-программ, например Global Mapper, позволяют совмещать растровые карты и снимки с цифровыми моделями рельефа той же территории. В результате каждый пиксел изображения на карте или снимке помимо своих исходных характеристик получает ещё значение абсолютной высоты, что позволяет вы-

полнять с изображениями ряд операций, основанных на использовании данных о рельефе, в том числе преобразовывать их в трёхмерный вид, то есть создавать 3d-модели. Такие модели обладают высокой нарядностью и имеют ряд дополнительных возможностей по улучшению их визуального восприятия: они позволяют рассматривать объект с разных сторон, под разными углами и степенями приближения, в условиях разного солнечного освещения, с различным, задаваемым самим пользователем значением масштаба высоты.

Рассмотрим возможности этих моделей поверхности природных объектов на примере острова Санта-Мария (Азорские острова, Португалия) (рисунок 1).

На основе совмещённых снимка и модели SRTM возможно построение любых гипсометрических профилей (рисунок 1). Линия профиля (прямая или ломаная) отмечается прямо на снимке, а в отдельном окне появляется сам профиль с указанием координат начальной и конечной точки линии профиля в десятичном масштабе, а также других показателей – высотных уровней, координат любой выбранной на профиле точки, относительных превышений точек, расстояния от начала профиля, ряд других вычисляемых показателей.

Визуализация снимка в 3d-виде с регулируемым масштабом высоты позволяет при необходимости значительно гиперболизировать реальный относительный разброс высот для выделения и подробного изучения характеристик объектов, которые в реальном масштабе были бы или сами слабо заметны на фоне равнинного рельефа, или слабо заметны как-либо элементы их структуры. Таким образом, можно добиться хорошей выразительности рельефа при различных условиях и изучать его, наблюдая под различными углами (рисунок 2).

Растровая организация данных SRTM позволяет создавать карты рельефа любой территории, разбив все значения высот пикселов на данной территории на необходимое количество диапазонов произвольного размера (вплоть до 1 метра) и выбрав окраску для пикселов в каждом диапазоне. Так, в примере на рисунке 3 территория развита на 22 диапазона размером 25 метров каждый. Эти карты также можно преобразовывать в трёхмерный вид с заданным значением вертикальной гиперболизации (рисунок 4).

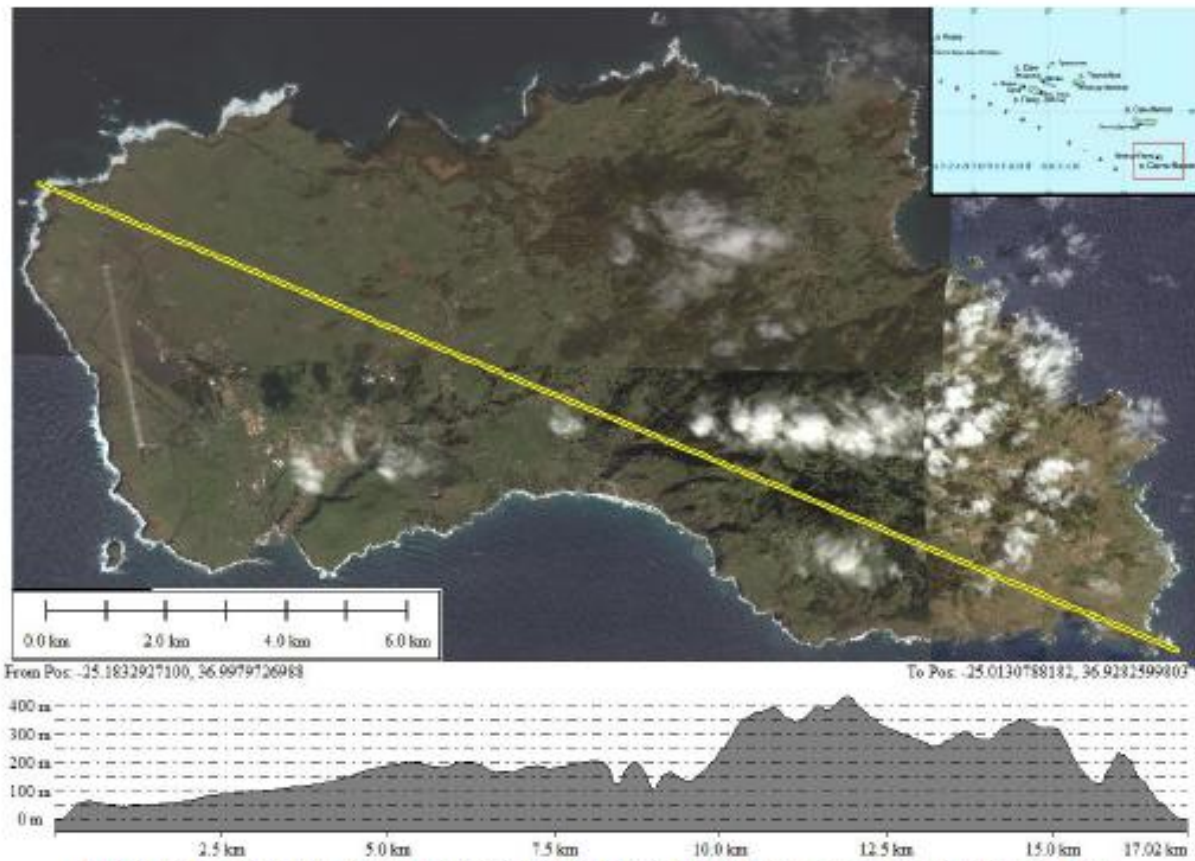


Рисунок 1 – Космический снимок острова Санта-Мария и гипсометрический профиль

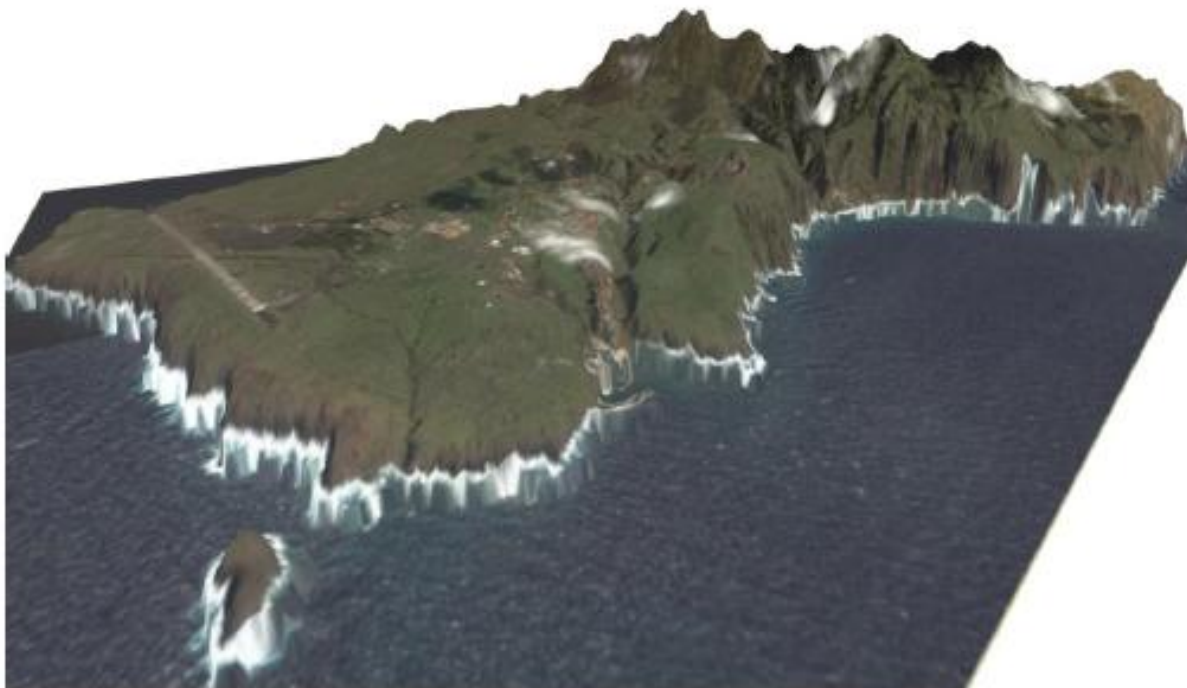


Рисунок 2 – Трёхмерная модель острова Санта-Мария, вид с юго-западной оконечности

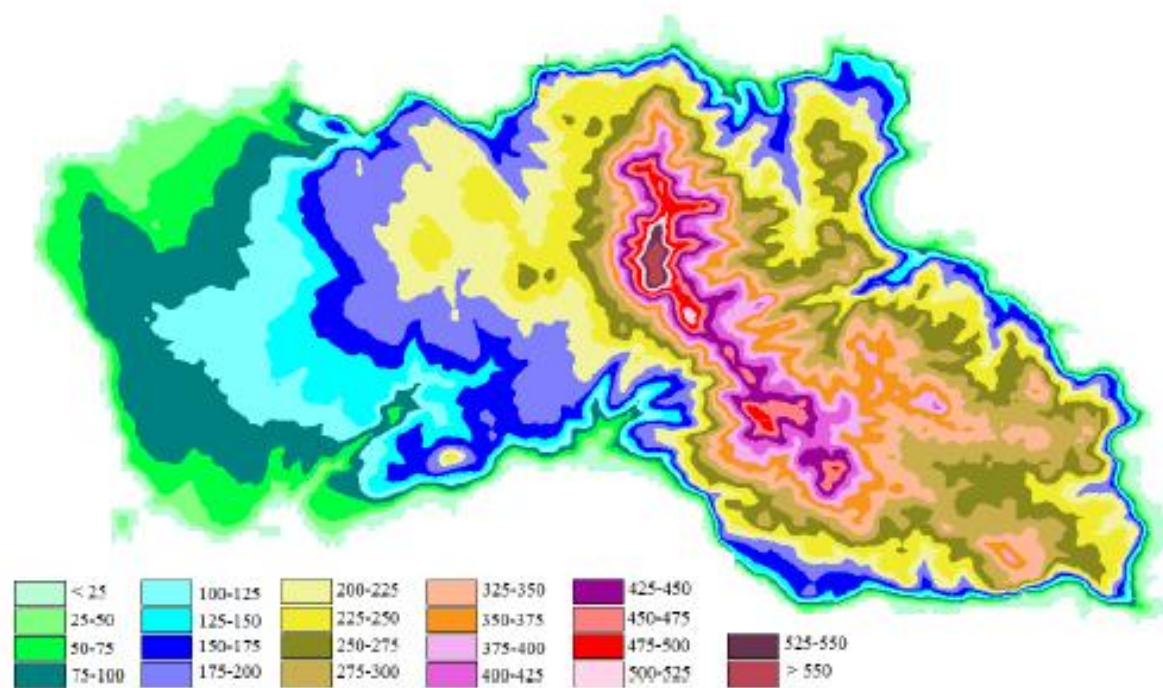


Рисунок 3 – Карта рельефа острова Санта-Мария

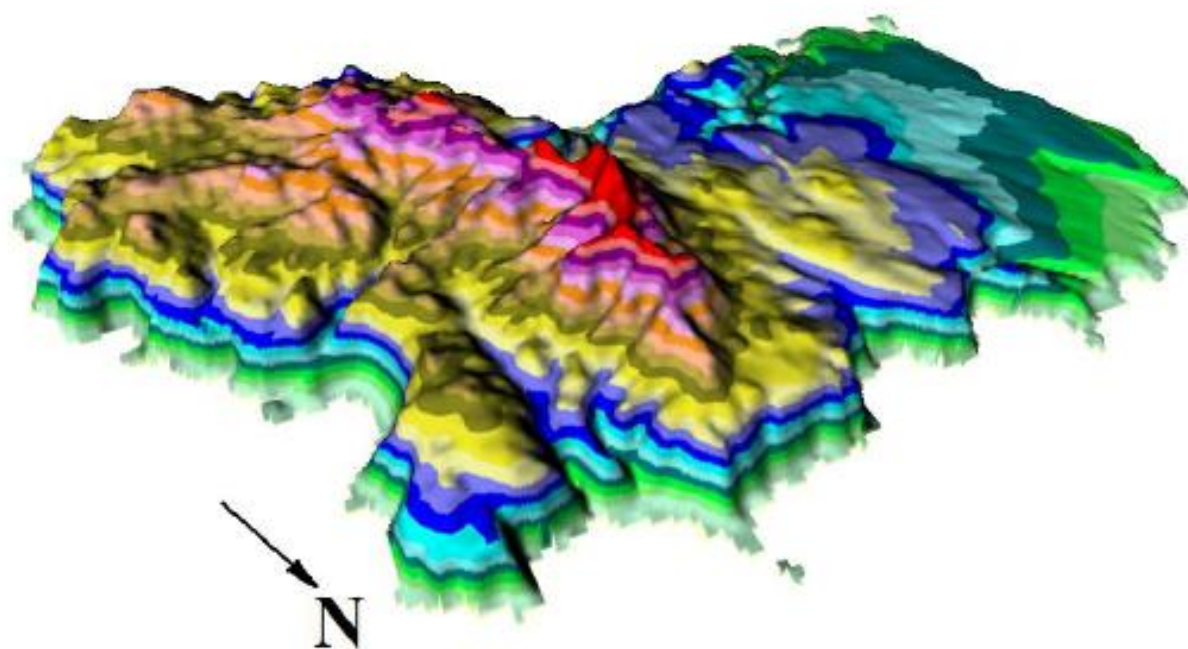


Рисунок 4 – Трёхмерная модель рельефа острова Санта-Мария

Ещё одной возможностью является создание на основе раstra векторных слоёв изолиний с требуемым шагом и полигонов, соответствующих диапазонам высот заданного размера.

На территории Белоруссии в условиях равнинного рельефа Русской равнины высокой наглядностью характеризуются главным обра-

зом трёхмерные модели техноморф – крупных форм антропогенного рельефа, как денудационных, так и аккумулятивных. Это связано с резкими перепадами высот этих объектов, значительно превышающими по относительным размерам и амплитуде природные объекты и с достаточным размером для того, чтобы выявить все их основные черты и характеристики,

используя имеющиеся высотное и пространственное разрешение материалов дистанционного зондирования. Нами созданы модели карьеров «Микашевичи», «Гралёво», «Надежда», полигонов промышленных отвалов Гомельского химзавода и Солигорского промышленного узла, ряда полигонов отходов.

Созданная модель полигона отвалов фосфогипса Гомельского химического завода (рисунок 5) позволяет детально изучить масштабы и пространственную конфигурацию одного из наиболее экологически неблагоприятных объектов Гомельской области. В процессе производственной деятельности ОАО «Гомельский химический завод» (ГХЗ) ежегодно образуется до 650-800 тыс. т твердых производственных отходов, большая часть из которых представлена фосфогипсом. За 50-летний период функционирования завода накоплено около 18 млн. т отходов фосфогипса, которые являются источ-

ником загрязнения грунтов, поверхностных и подземных вод [7].

Достоинством моделей, получаемых с помощью данных SRTM, совмещённых со спутниковыми снимками является то, что на них можно с высокой детальностью выявить особенности строения техногенных объектов, черты трансформации окружающего их пространства, а кроме этого – некоторые происходящие на них процессы (например, на модели отвалов фосфогипса заметны процессы первичной сукцессии – формирование почвенно-растительного покрова на северном склоне северных, наиболее старых, отвалов; причём отдельные «языки» поднялись уже почти до вершины отвалов). Возможность такой визуализации существенно улучшает понимание и усвоение учебного материала, посвящённого данной тематике.



Рисунок 5 – Модель полигона отвалов фосфогипса Гомельского химического завода

Из природных объектов в условиях Белоруссии лишь единицы являются пригодными для качественной визуализации в учебных целях с использованием рассматриваемых моделей. К ним относится, например, Мозырская гряда – краевое ледниковое образование, распо-

ложенное в пределах плоской Полесской низменности, с севера ограниченное рекой Припять (рисунок 6). Территория сильно расчленена (до 20-30 промоин и оврагов на 1 км² территории, глубина оврагов в районе г. Мозыря 40-60 м).



Рисунок 6 – Модель участка территории Мозырской гряды

Северные и восточные склоны, обращённые к реке Припять, обрывистые, высота их над урезом воды 50-70 м, а высота высшей точки гряды над урезом воды 94 м. На трёхмерной модели участка Мозырской гряды хорошо заметны конфигурации, относительные глубины, характер растительности и антропогенного воздействия на холмы и овраги, также видны конуса выноса, дюны и другие геоморфологические объекты.

Из других природных объектов относительно наглядную модель можно построить для глубоко врезанных долин рек, особенно на севере страны, на территории Белорусского Поозерья, где речные долины молодые, узкие и глубокие, так как речные террасы поймы находятся в процессе своего формирования и выражены относительно слабо. Градиент изменения высот здесь будет иметь одно из наиболее высоких для природных объектов данного региона значений.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Трёхмерное моделирование природных и техногенных объектов на основе совмещения данных SRTM и спутниковых снимков откры-

вает широкие возможности для повышения эффективности усвоения учебного материала, поскольку обеспечивает визуальное восприятие структуры, особенностей отдельных элементов таких объектов, происходящих в них процессов, в том числе с помощью регулируемой вертикальной гиперболизации модели.

2. К числу основных возможностей, связанных с использованием рассматриваемых моделей в образовательном процессе, относятся визуализация снимка в 3d-виде с регулируемым масштабом высоты, профилирование, составление карты рельефа с заданным количеством и размером высотных диапазонов и преобразование её в трёхмерный вид с заданным значением вертикальной гиперболизации, создание на основе раstra векторных слоёв изолиний с требуемым шагом и полигонов, соответствующих диапазонам высот заданного размера.

3. В равнинных условиях Белоруссии высокой наглядностью характеризуются главным образом трёхмерные модели техноморф, а также некоторых природных объектов – Мозырской гряды, долин рек Белорусского Поозерья и некоторых других.

Список литературы:

1. Галай, И.П. Методика обучения географии / И.П. Галай. – Минск: Аверсэв, 2006. – 157 с.
2. Соколов, А.С. Создание трёхмерных моделей поверхностей на основе данных глобальных цифровых моделей рельефа / А.С. Соколов // География. – № 9. – 2016. – С. 3-13.
3. Хромых, В.В. Цифровые модели рельефа: учебное пособие / В.В. Хромых, О.В. Хромых. – Томск: ТМЛ-пресс, 2007. – 178 с.

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 [Электронный ресурс] / 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 обращения: 10.01.2019).
7. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2013 г. / под ред. В.Ф. Логина. – Минск, 2014. – 364 с.

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель