Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Национальный исследовательский
Томский государственный университет

Геолого-географический факультет
Томского государственного университета

ДИНАМИКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,
посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете
специалистов в области наук о Земле

8-12 ноября 2021 года

ТОМ III

Томск 2021

УДК 912.648:004.942

ПОДХОДЫ К ЦИФРОВОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ РАЗНОРОДНЫХ НАВОДНЕНИЙ

А.А. Чекина

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, chekina.ann@gmail.com

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90085.

В статье рассматриваются современные методы цифрового геоморфологического моделирования на примере цифровых моделей рельефа (ЦМР). Показаны особенности построения и применения высокодетальных ЦМР для целей моделирования зон затоплений. Раскрыта значимость ЦМР для проведения географических исследований.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа (ЦМР), цифровая модель местности (ЦММ), дистанционное зондирование, БПЛА, геоинформационное картографирование, зоны затопления, рельеф.

The article is devoted to modern methods of digital geomorphological modelling using digital elevation models (DEM). The features of the creation and application of highly detailed DEM for modelling flood zones are demonstrated. The importance of the DEM for carrying out geographic research is explained.

Keywords: digital elevation model (DEM), digital terrain model (DTM), remote sensing, UAV, GIS mapping, flood zones, relief.

Современные географические исследования в настоящее время тесно связаны с применением методов цифрового моделирования рельефа для решения различного рода практических задач. Тенденция применения данных методов заключается в распространении и использовании геоинформационных технологий, охватывающих работу с ЦМР (Новаковский, Пермяков, 2019). Согласно определению из словаря (Геоинформатика..., 1999), «цифровая модель рельефа – это средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей, рельефов) в виде трехмерных данных как совокупности высот или отметок глубин и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети или как совокупность записей горизонталей или иных изолиний».

В научных исследованиях и хозяйственной деятельности человека использование ЦМР стало весьма востребованным. Так, аналитические карты и геоинформационные системы (ГИС), создаваемые на базе различных характеристик рельефа, полученных из ЦМР, формируют необходимую базу для принятия оперативных решений (Новаковский, Пермяков, 2019). Кроме того, геоинформационное картографирование на базе ЦМР дает возможность провести разноуровневый морфоструктурный анализ, выявить генетические характеристики рельефа, смоделировать геодинамику процессов рельефообразования, а при помощи цифровых тематических карт становится доступным своевременно решать задачи управления ресурсами, поскольку такие карты в отличие от бумажных предрасположены к актуализации в любой момент времени (Книжников и др., 2004; Кузьмин и др., 2016; Набиев, 2017).

В качестве информационного обеспечения для создания ЦМР выступают топографическая съемка местности, стереофотограмметрическая обработка фототеодолитных, аэро- и космических снимков, альтиметрическая съемка (рельеф суши), эхолотирование подводного рельефа водоемов, данные воздушного лазерного сканирования, данные спутниковых систем позиционирования и т.д. В последние годы особое значение как источнику данных о рельефе придается дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ), в частности – съемке земной поверхности с авиационных и космических носителей, тогда как метод оцифровки данных с топографических карт утрачивает свою актуальность (Капралов и др., 2004; Пьянков, Шихов, 2017).

Предметно-содержательную информацию об объектах можно получить по аэрокосмическим снимкам в результате их фотограмметрических измерений и дешифрирования. Последнее для географа является приоритетным, поскольку именно дешифрирование дает наибольший объем географической информации о местности (Книжников и др., 2004). Что касается извлечения данных о рельефе с помощью фотографических и сканерных снимков, то метод фотограмметрической обработки здесь считается наиболее эффективным, а возможность полностью автоматического построения ЦМР с размером ячейки, равным размеру пиксела изображения, выводит фотограмметрический метод в лидеры по производительности в сравнении с другими способами создания ЦМР (Новаковский, Пермяков, 2019).

Для оценки пространственного охвата и потенциала развития опасных геоморфологических процессов ЦМР служит содержательным источником информации, в частности, данные о рельефе необходимы при анализе и прогнозировании последствий половодий и паводков, поскольку позволяют достаточно точно определить границы области затопления (Глотов, 2013). Формы рельефа отражают результаты всех прошедших наводнений, которые ускорили процессы эрозионного расчленения, оказали влияние на перенос

и отложение вещества и на протяжении длительных периодов времени формировали геоморфологический облик территории (Manfreda и др., 2018).

В рамках генетической классификации наводнений (Добровольский, Истомина, 2006), все наводнения делятся на две группы: наводнения на реках и озерах и наводнения на побережьях морей и океанов, которые в свою очередь подразделяются на природные, природно-антропогенные и антропогенные. К наиболее распространенным генетическим типам, обусловленным природным происхождением, относятся дождевые паводки (в глобальном масштабе на которые приходится более 80% числа всех наводнений и более 90% затопленных площадей) и весенние половодья. В настоящей работе было выполнено моделирование затоплений периода весеннего половодья для среднего течения реки Оби (в Томской области).

Моделировать области затопления целесообразно на основе ЦМР, полученных по стереопарам аэроснимков или космических снимков сверхвысокого пространственного разрешения (менее 1 м). Объяснение этому заключается в том, что высотная точность использующейся для моделирования ЦМР должна быть не хуже, чем высота подъема воды в период наводнения (Новаковский, Пермяков, 2019). Геоинформационное моделирование рельефа позволяет создавать его трехмерную модель на основе интерполированных топозначений, корректно передавать уровень гладкости и вариативности гипсометрической поверхности на разных морфоструктурных уровнях (Кузьмин и др., 2016), а применение компьютерных алгоритмов обработки данных позволяет автоматически определять границы площадей затопленных земель и выявлять территории, уязвимые для поднятия уровня воды (Изображения Земли..., 2005). При этом большие перспективы имеет трёхмерное представление моделей рельефа, драпированных данными дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения, для наглядной визуализации опасных геоморфологических процессов и явлений (Хромых, 1998, 2003).

Различные методики автоматизированного картографирования наводнений на основе спутниковой информации, съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и ЦМР в совокупности с учетом геоморфологических характеристик поверхности были предложены российскими (Калинин, Пьянков, 2010; Зиновьев, Кошелев, 2013; Кузьмин и др., 2017; Новаковский, Пермяков, 2019 и др.) и зарубежными (Perks et al., 2016; D'Addabbo et al., 2016; Manfreda et al., 2017; Albano et al., 2020 и др.) авторами. В рамках наших исследований на примере участков, расположенных в среднем течении реки Обь, было выполнено геоинформационное моделирование зон затоплений при различных уровнях обеспеченности. В основу моделирования легли высокоточные ЦМР, построенные на базе съемок с БПЛА «ГЕОСКАН 201» с пространственным разрешением 0,04-0,05 м. Также на основе полученных ЦМР была дана характеристика геоморфологического строения речной поймы с целью прогнозирования затоплений (Чекина, 2019). Геоморфологическое описание территории было составлено, в частности, с использованием карт углов наклона и экспозиции склонов. Такие карты отражают одну из морфометрических характеристик рельефа, а ЦМР здесь служит основой автоматизированного создания производных карт рельефа (Новаковский и др., 2003).

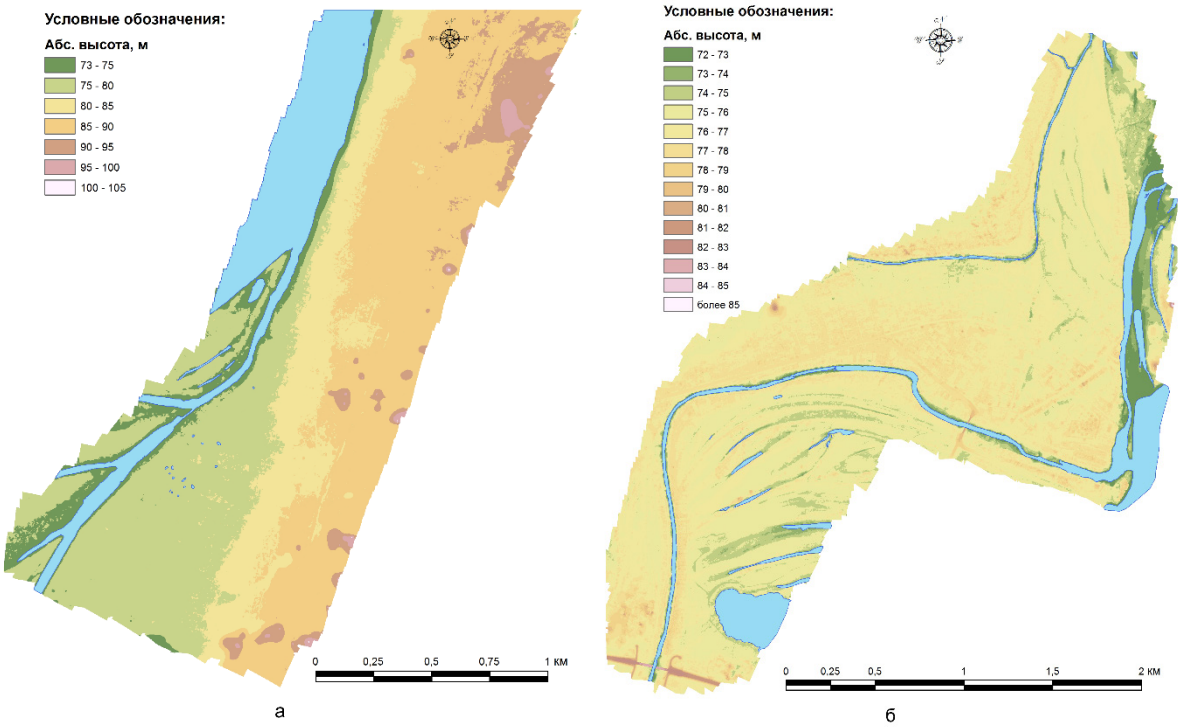

Рис. 1. Цифровые модели рельефа, построенные на основе съемки с БПЛА прибрежных территорий реки Обь в Шегарском районе Томской области (а – деревня Оськино, б – деревня Старая Шегарка) (Чекина, 2019).

Одним из актуальных вопросов в рамках задач автоматизированного геоинформационного картографирования на сегодняшний день является получение гидрологически корректной ЦМР из ЦММ (цифровой модели местности), т.е. исключение из модели данных о высотах объектов земной поверхности (крон деревьев, крыш зданий, автомобилей и т.д.), неудовлетворяющих критериям геоморфологического моделирования и анализа. Потребность в дополнительной обработке модели возникает по причине того, что построенные по ней горизонтали отображают не только собственно рельеф поверхности земли, но и растительность, отдельные валуны и т.д. Так, трансформация ЦММ в ЦМР (рис.1а, б) для участков Томского Приобья была проведена путем маскирования векторных изолиний вручную в программном комплексе ArcGIS 10.3 (ESRI Inc.) (Чекина, 2019).

Полученные результаты показали, что благодаря применению методов цифрового моделирования и геоинформационного картографирования формируется наиболее целостная и достоверная картина о ходе природных процессов на отдельной территории. Комплексный подход использования современных технологий в области дистанционного зондирования и геоинформационных систем, данных натурных наблюдений и фундаментальных знаний о процессах и явлениях позволяет обрести для исследований все необходимые составляющие – визуальную, аналитическую и прогнозную. Кроме того, итог работ подтверждает целесообразность использования высокоточных данных с БПЛА для решения задач по прогнозированию затоплений. Внедрение результатов данного метода исследований в практические задачи позволяет сделать жизнь людей безопаснее и минимизировать материальные потери в период наводнения.

Литература

1. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. М.: ГЕОС, 2006. 256 с.
2. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева. М.: ГИС-Ассоциация, 1999.204 с.
3. Глотов А.А. Использование ЦМР для эффективного управления природопользованием // Геоматика. 2013.№4. С. 32–36.
4. Зиновьев А.Т. Моделирование процесса затопления пойменных территорий для участков крупных рек со сложной морфометрией русла и поймы / А.Т. Зиновьев, К.Б. Кошелев // Водное хозяйство России. 2013. №6. С. 17–31.
5. Изображения Земли из космоса: примеры применения: Научно-популярное издание. М.: ООО Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС», 2005. 100 с.
6. Капралов Е.Г. Основы геоинформатики: В 2 Кн. Кн. 1: Учеб. Пособие для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; Под ред. В.С. Тикунова. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 352 с.
7. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 336 с.
8. Кузьмин С.Б. Геоинформационное картографирование на основе модели пластики рельефа и возможность ее использования при геоморфологическом анализе / С.Б. Кузьмин, И.В. Невзорова, Е.А. Черкашин, С.И. Шаманова // Геоинформатика. 2016. №2. С. 19–34.
9. Набиев А.А. Инновация национальной экономики с применением методов моделирования компьютерной географии // International Journal of Innovative Technologies in Economy. 2017. №1 (7). С. 89–97.
10. Новаковский Б.А. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа / Б.А. Новаковский, Р.В. Пермяков. М.: Изд-во МИИГАиК, 2019. 175 с.
11. Новаковский Б. А., Прасолов С. В., Прасолова А. И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. М.: Научный мир, 2003. 93 с.
12. Пьянков С.В. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений: монография / С.В. Пьянков, А.Н. Шихов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. 148 с.
13. Хромых В.В. Учебные ГИС «Июс» и «Актру»: цифровые модели рельефа // Материалы Международной конференции InterCarto-4. Барнаул, 1998. С. 634–637.
14. Хромых В.В. Применение ГИС в геоморфологических исследованиях // Самоорганизация и динамика геоморфосистем: Материалы XXVII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 217–225.
15. Чекина А.А. Гидролого-геоморфологический анализ поймы реки Оби в Шегарском районе Томской области: магистерская диссертация по направлению подготовки: 05.04.02 - География - Томск: [б.и.], 2019. – URL: http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vital:9093.
16. Albano R. et al. Large-Scale Flood Risk Mapping in Data Scarce Environments: An Application for Romania // Water. 2020. V. 12(6), pp. 1–21.
17. D'Addabbo A. et al. Bayesian network for flood detection combining SAR imagery and ancillary data // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2016. V. 54, NO.6, pp. 3612–3624.
18. Manfreda S., Samela C., Troy T.J. The use of DEM-based approaches to derive a priori information on flood-prone areas / S. Manfreda, C. Samela, T.J. Troy // Flood Monitoring through Remote Sensing: Springer Remote Sensing/Photogrammetry (eBook), 2018. 209 p.
19. Perks M.T., Russell A.J., Large A. R. G. Technical note: Advances in flash flood monitoring using unmanned aerial vehicles (UAVs) // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2016. V. 20, pp. 4005–4015.