

УДК 004.42:502.58(571.122)

© А.В. Макеев, И.И. Малышев

*А.В. Макеев, И.И. Малышев*

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПО ЗАТОПЛЕНИЮ ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АО – ЮГРЫ НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Из стихийных природных бедствий наводнения (затопление водой местности и населенных пунктов) по повторяемости явления, площади распространения, по числу жертв и ежегодному материальному ущербу занимают первое место. Более того, в последние годы в мире отмечается рост числа и масштабов наводнений, а также связанных с ними социальных и экономических потерь [1]. В настоящее время наводнения как стихийное бедствие не могут быть целиком предотвращены, их можно только ослабить, локализовать и при своевременном предупреждении свети к минимуму материальный ущерб.

Актуальность темы исследований обусловлена необходимостью расчета и оценки опасности наводнений с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), цифровой картографической информации (ЦМР, векторных слоев по гидрографии (водотоки) и объектами инфраструктуры), оперативной и прогностической информации о режиме водных объектов.

Цель данной научно-исследовательской работы (НИР) – разработка информационной системы (ИС), предназначенной для моделирования зон затопления при угрозе наводнений, обусловленных структурой рельефа и естественными факторами формирования стока, оценки зон возможного затопления и определения подтопленных объектов. В качестве исследуемого района используется территория Ханты-Мансийского АО (ХМАО) – Югры, а именно г. Ханты-Мансийска и прилегающей к нему территории поймы реки Иртыш.

Практическая значимость НИР – полученные результаты могут служить информационной поддержкой для лиц принимающих решения при выработке комплексов тех или иных мероприятий по предупреждению и снижению негативных последствий наводнений.

Система представляет собой автономное desktop приложение (рис. 1) и основана на применении ГИС-компонент и средств разработки ArcGIS Engine, а именно с использованием функционала дополнительных модулей ArcGIS – 3D Analyst и Spatial Analyst, предоставляющих богатый выбор инструментов пространственного анализа (рис. 1). Технология ArcGIS Engine позволяет как создать собственное ГИС-приложение «с нуля», так и добавить ГИС-функциональность в существующий программный продукт [2].

Язык программирования: C#. IDE: Microsoft VS 2012 PRO. В качестве методической основы ИС используются операции наложения (наложение, соседство, комбинирование и т.д.) и методы трехмерного пространственного анализа (сопоставление поверхностей и т.д.).

Ключевым принципом работы системы являются формирование обстановки расчета (рабочей области) и поэтапное решение задач анализа (рис. 2). Под обстановкой понимается совокупность слоев карты, а именно ЦМР, осевых линий водотоков и объектов инфраструктуры.

Поэтапное решение задач анализа предполагает прохождение 4 этапов.

Для работы системы необходимо наличие следующей информации (рис. 3):

- цифровая модель рельефа (растр) – GRID модель;
- фарватер – осевые линии рек (линейный вектор);
- уровень поднятия воды (число) или зона затопления (полигональный вектор), картографированная по космоснимкам, в зависимости от решаемой задачи;
- объекты инфраструктуры (полигональный вектор).



Рис. 1. Концепция ИС



Рис. 2. Этапы моделирования



Рис. 3. Входные данные

Выходная информация (рис. 4) представляется в виде векторного файла зоны затопления и отчетного файла (.pdf), содержащего в себе:

- карту зоны затопления;
- данные постов гидрологического прогноза (гидропостов) или результаты расчетов уровней поднятия воды, вычисленных на основе зоны затопления, картографированной по космоснимкам;
- статистические характеристики (площадь зеркала воды, общее количество объектов в слое, количество объектов, попавших в зону затопления, общая площадь подтопленных объектов);
- список адресов объектов инфраструктуры, чье местоположение оказалось в зоне затопления местности.

На рис. 5 представлена модель геообработки для расчета возможных зон затопления по показателям нескольких гидропостов.

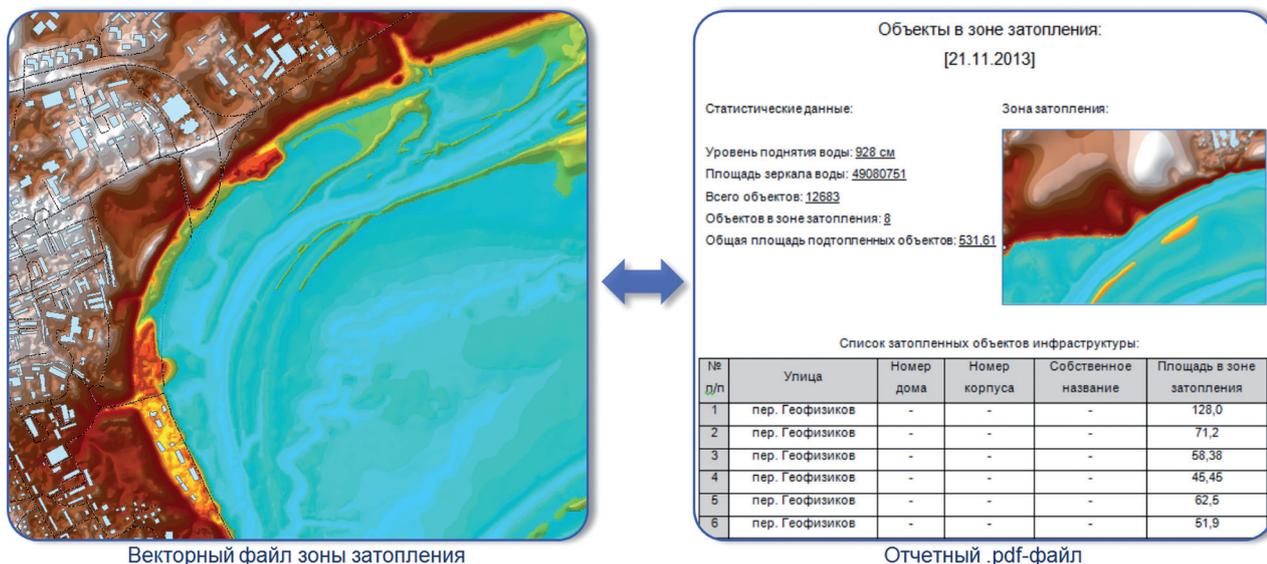
Процесс расчета осуществляется на базе цифровой модели речной сети, для построения которой в качестве входных картографических данных используются осевые линии рек и посты гидрологического контроля [3]. Также речная сеть дополняется точечным слоем урезов воды, объекты которого расположены на осевых линиях с определенным, условно взятым шагом. По высотной отметке уреза воды определяется высота водотока (водоема) над уровнем моря, и их основная функция – предоставление информации о текущем уровне воды на соответствующем участке реки.

Значение высоты уровня воды в каждой из этих точек рассчитывается в соответствии с уровнями

воды на гидропостах, между которыми эти точки расположены, с помощью метода интерполяции обратно взвешенных расстояний (ОВР) по двум точкам (предполагается, что уровень воды меняется линейно от одного гидропоста до другого). Следует отметить, что время, потраченное на интерполирование поверхности речной глади, значительно уменьшает быстродействие данного расчета.

В результате выполнения данного этапа получается поверхность водной глади в виде растра, в ячейках которого прописана высота поверхности воды при определенных уровнях поднятия воды на гидропостах. Таким образом, при сравнении полученной поверхности с цифровой моделью рельефа можно выявить зоны возможных затоплений. В том случае, когда значение ячейки поверхности водной глади превышает значение ячейки в том же месте ЦМР, для данного местоположения фиксируется наличие затопления. Иными словами, формируются множества ячеек растра, которые представляют собой возможные зоны затопления, при этом данные множества ячеек растра преобразуются в полигональные объекты. Следует отметить, что если полигональный объект не касается любого полигона слоя водных объектов, это означает, что полученная зона может представлять собой локальное понижение, которое необходимо исключить из общего массива полигональных объектов зон затоплений.

После всего вышесказанного анализируются пресечения зон затопления с полигональными объектами инфраструктуры, загруженными в рабочий проект системы. Таким образом, пространственные объекты или части объектов, которые перекрываются во всех слоях и пространственных объектах, будут



Векторный файл зоны затопления

Отчетный .pdf-файл

Рис. 4. Выходные данные

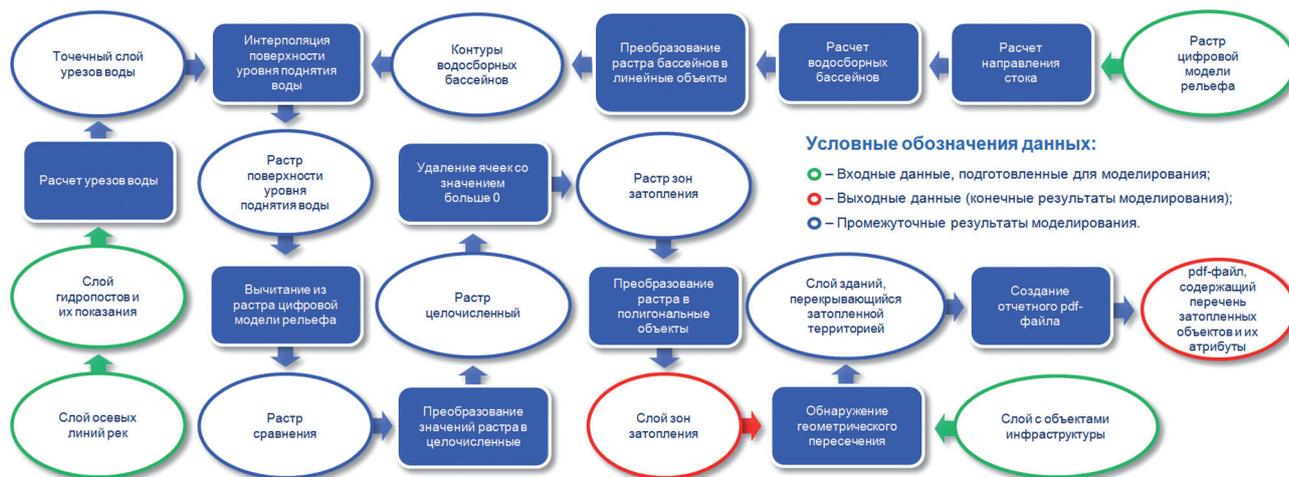


Рис. 5. Модель геообработки для расчета возможных зон затопления по показаниям нескольких гидропостов

записаны в выходной класс объектов. После этого выполняется расчет статистических характеристик, и при запросе создания отчетного документа алгоритм записывает все результаты вычислений в генерируемый .pdf-файл. В отчет записываются данные только тех объектов (зданий), которые имеют адрес (для строений, не имеющих адреса, подсчитывается их общее количество).

На рис. 6 представлен результат применения технологии расчета возможных зон затопления по показаниям нескольких гидропостов.

По разработанной технологии можно сделать вывод, что результаты расчетов зон затопления напрямую характеризует погрешность в методике расчета от:

- точности ежедневных сведений по поднятиям уровня воды в паводковый период с гидрологических постов;
- актуальности построенной ЦМР.

На рис. 7 представлена модель геообработки для расчета уровня поднятия воды в зависимости от величины зоны затопления по космоснимкам LandSat 8.

Процесс расчета уровня поднятия воды осуществляется с целью извлечения из космоснимка LandSat 8 соответствующей информации для выделения области классификации «Вода» (используется космоснимок, сделанный 7 июня 2013 года). Для этого используется нормализованный дифференциальный индекс влагосодержания NDWI – показатель относительного содержания воды в растениях [4].

В результате расчета был получен уровень поднятия воды в 752 см относительно нуля поста г. Ханты-Мансийск, где по фактическим данным на 7 июня 2013 года уровень поднятия воды составлял

767 см (информация взята из архива показаний гидропостов на сайте Центра Регистра и Кадастра), что соответствует 24,89 метрам в абсолютной высоте при 17,22 метрах его нулевой отметке.

На рис. 8 представлен результат применения технологии расчета уровня поднятия воды в зависимости от величины зоны затопления по космоснимкам LandSat 8.

Разница в 15 см напрямую характеризует погрешность в методике расчета от:

- качества космоснимка и точности классификации области «Вода»;
- точности ежедневных сведений по поднятиям уровня воды;
- точности привязки как GRID модели, так и космоснимка.

*Вывод по проделанной работе.* Конечным результатом НИР является система моделирования затопления территории на базе технологии ArcGIS Engine. Разработанные технологии показали хорошую точность расчета, а использование инструментов ГИС ArcGIS для решения части задач позволило добиться достаточного быстродействия системы для расчета зон возможных затоплений.

*Перспективы развития системы:*

- Добавление функционала в ИС с целью определения участков повышенной нагрузки на грунт, вызываемой дождевыми стоками воды. Результат работы тестового алгоритма представлен на рис. 9. В качестве исследуемой территории использован район Центра зимних видов спорта в г. Ханты-Мансийск имени А.В. Филипенко, где 12 июня 2012 года из-за многочасового проливного дождя выпало аномально большое количество осадков, в результате чего вода подмыла нижние участки

биатлонной трассы на протяженности примерно 300-400 м.

- Модернизация системы, заключающаяся в разработке многопользовательского серверного решения, представляющего собой развитие данного desktop-приложения. Система будет проводить расчеты по определению зон затопления на базе ArcGIS Server 10.2. Решение представляет собой модуль геообработки,

результаты работы которого публикуются в виде Web Map Service (WMS) для доступа к ним из продуктов ArcGIS (ArcMap, ArcGIS Online) или Территориальной информационной системы (ТИС) Югры.

**Ключевые слова:** информационная система, цифровая модель рельефа, уровень поднятия воды, наводнение, затопленный объект инфраструктуры, сервис геообработки, картографический сервис.

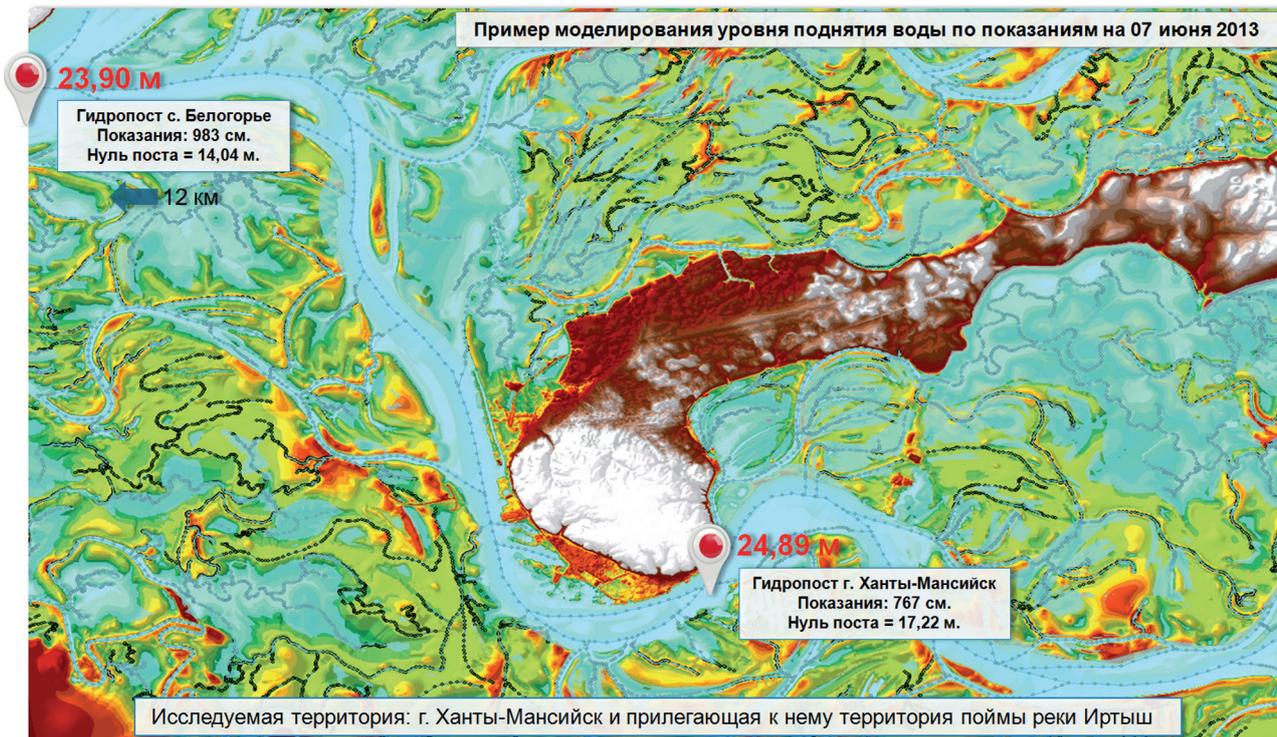


Рис. 6. Результат применения технологии расчета возможных зон затопления по показаниям нескольких гидропостов

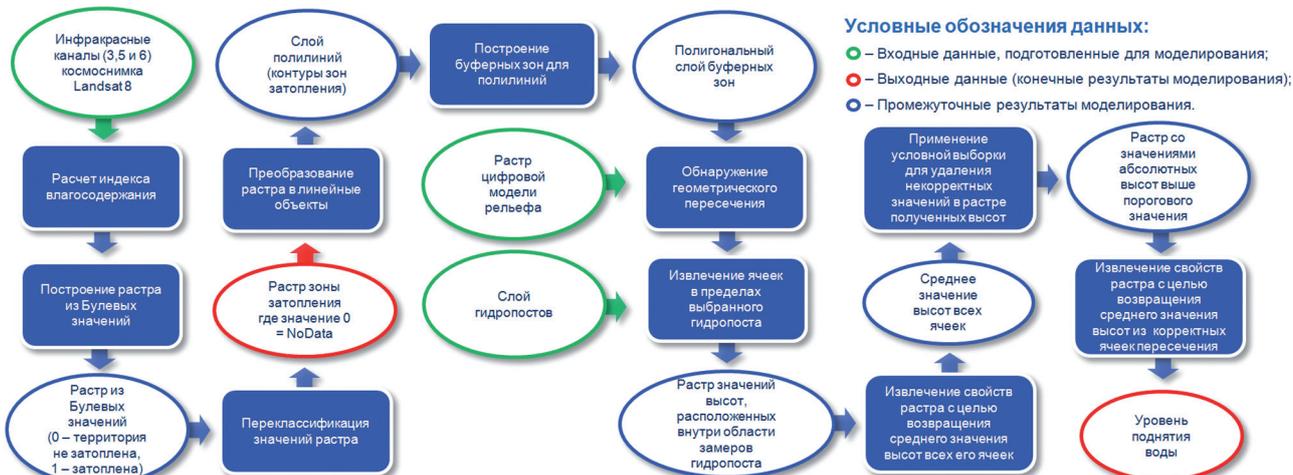


Рис. 7. Модель геообработки для расчета уровня поднятия воды в зависимости от величины зоны затопления по космоснимкам LandSat 8

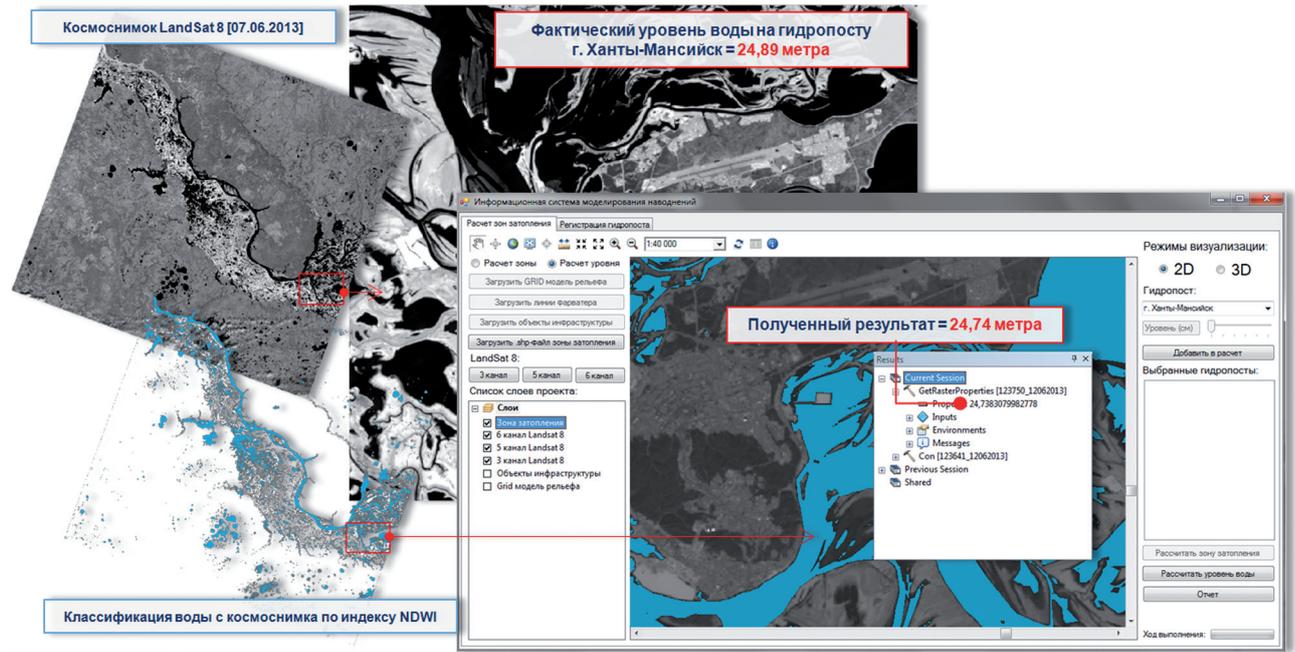


Рис 8. Результат применения технологии расчета уровня поднятия воды в зависимости от величины зоны затопления по космоснимкам LandSat 8



Рис. 9. Результат работы алгоритма, определяющего участки повышенной нагрузки на грунт в местах концентрации дождевых стоков воды (выделены красным и желтым цветом)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1948. – 528 с.
2. ArcGIS Resource Center [Электронный ресурс]. – URL: <http://resources.arcgis.com> (дата обращения: 15.10.2013).
3. Павлов С.В., Христодуло О.И., Шарафутдинов Р.Р. Разработка геоинформационной модели речной

4. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты. – М., 1996. – 239 с.