

# Система для моделирования развития паводков

Рябченко А.И.

Кафедра «Информатика»

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Гомель, Республика Беларусь

e-mail: arjabchenko@gstu.by

**Аннотация**—Рассматривается подход моделирования развития паводков. Предложенная модель легла в основу реализации программного комплекса, позволяющего вести мониторинг развития паводков, строить 3D-визуализацию затопления, а также вносить изменения в ландшафт местности, что позволит более эффективно возводить защитные инженерные сооружения для предупреждения последствий от паводков.

**Ключевые слова:** зона затопления; моделирование развития паводков; модель рельефа

## I. ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь насчитывается более 20 тыс. рек, общая длина которых составляет 90,6 тыс. км. Водные ресурсы являются нашим богатством. Но они представляют немалую угрозу, как для экономики страны в целом, так и для жителей затопляемых территорий. Эта опасность, в основном, связана с гидрологическими явлениями. В Беларуси угрозу, прежде всего, представляют весенние и летне-осенние паводки и половодья. За последние 50 лет в нашей стране имели место 12 серьезных наводнений.

В наводнениях повреждаются сооружения в поймах рек, размываются берега, иногда покрываются песком ценные сельскохозяйственные угодья. Ущерб от затоплений и подтоплений весьма велик. В последние годы наиболее значимые по последствиям весенние половодья были зафиксированы в 1999 году на реке Припять и в 2004 году на реках Западная Двина и нижнем течении Сожа. Например, в результате половодья 1999 года в 49 районах республики были подтоплены 370 населенных пункта. Ущерб был оценен в 4 млн долларов США. Определение уровня и масштаба затопления территории паводковыми водами представляет собой большой практический и экономический интерес.

В данной работе предложен метод, позволяющий, учитывая изменения рельефа местности, строить зоны затопления при заданных уровнях воды на контрольных точках водоемов. Данный метод лег в основу реализации программного комплекса, реализующего 3-х визуализацию области затопления.

## II. КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ

В настоящее время в мире существует несколько способов для определения зон затопления.

Для определения зон затопления на больших территориях используются *гидрологические* и

*гидравлические* подходы исследования [1], в результате применения которых строятся карты территорий, подверженных затоплению, основанные на вероятностных методах.

*Гидродинамический* подход основан на моделировании поведения потоков воды и взаимодействия ее молекул [2]. Применение этого метода, как правило, требует ресурсоемких вычислений и не позволяет моделировать развитие затопления на больших территориях. Следует заметить, что в последнее время в ряде работ зарубежных авторов применяются вычисления на графической карте [3], что позволяет значительно увеличить границы территории затопления при моделировании.

Как было замечено в [4], на практике при проектировании защитных инженерных сооружений достаточно приближённого решения задачи расчёта зон затопления. В этой же работе был предложен *геометрический* способ.

В нашей стране большое внимание решению проблем, связанных с паводками, уделяется сотрудниками РУП "Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов". Сотрудниками данного института предложен ряд методологий по математическому моделированию, мониторингу и прогнозированию наводнений [5–8]. При решении вопросов, связанных с возникновением и развитием паводковой ситуации, ученые в основном используют готовые компьютерные решения, основанные на гидрологическом подходе. Чаще всего для этого применяются ГИС. Использование ГИС не лишен недостатков. Применительно к изучению паводковых ситуаций ГИС не позволяет определять территорию затопления с учетом изменяющегося со временем ландшафта местности. Эти изменения осуществляются непрерывно, зачастую являясь результатом хозяйственной деятельности человека. Поэтому программы ГИС и их усовершенствования не позволяют оценить эффективность планируемых защитных сооружений, возводимых с целью снижения поражающего эффекта от затопления. Заметим, что эта проблема является одной из приоритетных проблем Проекта «Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2020 года» [9].

## III. АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Наш способ определения территории затопления основан на следующих общеизвестных фактах и законах физики.

Весенние паводки – это сравнительно кратковременные и непериодические резкие подъёмы уровня воды и увеличение стока рек. Причем, особенность каждого паводка состоит в том, что его нельзя немедленно предотвратить, а тот уровень подъема воды, который обеспечился сложившимися условиями, *обязательно будет достигнут*. Под действием сил гравитации водный поток стремиться в более низкие места, но если он упирается в препятствия, то движение воды в этом направлении останавливается. Поэтому, создав в нужном месте искусственное препятствие путем реализации комплекса упредительных мероприятий, можно не только не допустить тяжелых последствий от разлива, но и сделать эту ситуацию контролируемой.

Рассмотрим простой случай, когда русло реки является ровным (рис.1).

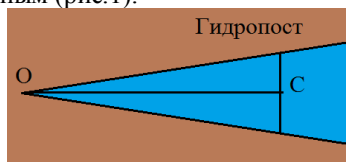


Рис.1 Вид реки сверху

Любая река берет свое начало с истока (точка О на рис.1). Практически на всех крупных реках Беларуси существуют гидрологические посты (точка С на рис.1), где проводят контрольные измерения уровня воды (Расстояние ВС на рис.2).

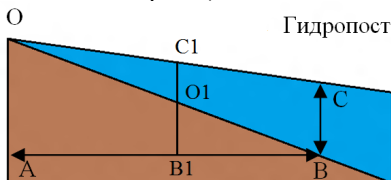


Рис.1 Вид реки в продольном разрезе

Вода под действием притяжения земли стремиться в более низкие места. Очевидно также, что при довольно большом расстоянии АВ, высота СВ будет всегда меньше высоты С1В1. Иначе в реке отсутствовало бы течение.

Учитывая факты, приведенные выше, получаем, что для построения плоскости поверхности воды при затоплении территории можно построить плоскость, проходящую через точки О и С рис.2.

При построении такой плоскости нужно учитывать, что если поток воды упрется в препятствие (точки Е и F на рис.3), то дальнейшее затопление территории не будет происходить, даже если за препятствием будет более низкая местность (точки D и G на рис.3).

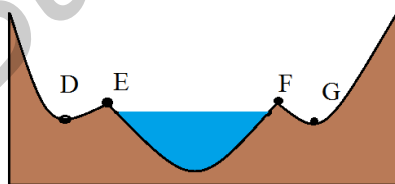


Рис.3 Вид реки в поперечном разрезе

Приведенная модель является довольно упрощенной. При рассмотрении реальных рек при построении поверхности воды необходимо учитывать повороты русла, а также различные притоки и старицы.

На основе предложенной модели был разработан программный комплекс, позволяющий строить 3D-поверхность воды при заданных уровнях глубины на гидропостях. Данный комплекс также содержит набор инструментов для построения рельефа местности, что позволяет учитывать изменения ландшафта и не только проводить мониторинг развития паводковой ситуации, но и давать рекомендации соответствующим службам по возведению защитных инженерных сооружений. Совместив данные о территории затопления при разливе водоемов с картами рельефа, дорог, сельхозугодий и строений также без труда можно получить экономический урон от последствий паводка.

Данная система моделирования развития паводков реализована на языке С# в пакете MS XNA. Благодаря этому программа напрямую работает с GPU, что позволило увеличить скорость обработки данных и дает возможность моделировать затопление на больших территориях.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен способ моделирования развития паводковой ситуации. В частности предложен метод, позволяющий строить территорию затопления при заданных уровнях воды на гидропостях. Данный метод лег в основу реализации программного обеспечения, реализующего трехмерную визуализацию области затопления. В качестве среды разработки программного комплекса выбран набор инструментов с управляемой средой времени выполнения (.NET) XNA.

- [1] Коваленко В.В. Моделирование гидрологических процессов. – СПб: Гидрометеониздат, 1993 – 250 с.
- [2] Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980 – 616 с.
- [3] Alfred J. Kalyanapu, Siddharth Shankar, Eric R. Pardyjak, David R. Judi, Steven J. Burian Assessment of GPU computational enhancement to a 2D flood model. Journal: Environmental Modelling and Software - ENVSOFT , vol. 26, no. 8, pp. 1009-1016, 2011.
- [4] Геометрический подход для решения задачи расчёта зон затопления. Н.С. Мирза. Томск: Томский государственный университет [Электронный ресурс]. – Труды конференции GraphiCon 2007. – Режим доступа: [http://www.graphicon.ru/2007/proceedings/Papers/Paper\\_57.pdf](http://www.graphicon.ru/2007/proceedings/Papers/Paper_57.pdf)
- [5] Stankevich A., Korneyev V., Chekan G. Mathematical Model of Floodings in the Pripyat River Basin // Природные ресурсы Міжведамасны бюлетэнь, 2001, No.2 pp. 127–134.
- [6] Станкевич А.П. Математическое моделирование наводнений на примере бассейна р. Припять // Тез. докл. VI Всеросс. гидрол. съезда. СПб.: Гидрометеониздат, 2004.
- [7] Станкевич А.П. Разработка модели прогнозирования наводнений в бассейне р. Припять // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тез. докл. Междунар. науч. конф. Брест: Академия, 2004.
- [8] Таратунин А.А. Современные проблемы защиты от наводнений. // Тезисы доклада Седьмой Международный конгресс «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК-2006 Сборник докладов. Ч. 1. Москва, 30 мая – 2 июня 2006 г.
- [9] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://minpriroda.by/dfiles/000504\\_532740\\_proekt\\_Vodnoj\\_strate\\_gii\\_vtoraja\\_redaktsija\\_dorabotannaja\\_20082010.doc](http://minpriroda.by/dfiles/000504_532740_proekt_Vodnoj_strate_gii_vtoraja_redaktsija_dorabotannaja_20082010.doc)