

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 502.58

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОД МЕСТНОГО СТОКА

А.В. Калач, А.А. Чудаков, С.А. Золототрубов

Представлен метод прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с движением вод местного стока при таянии снега. Прогноз получен с применением разработанных оригинальных методов и программ для моделирования движения вод местного стока.

Ключевые слова: поверхностные воды, сток, рельеф местности, динамика таяния снега, датчик уровня.

Введение. Для прогнозирования чрезвычайных ситуаций, связанных с движением поверхностных вод местного стока, возможно использовать систему контроля затопления населенных пунктов с применением комплекса гидростатических датчиков уровня воды, которые в количестве 3–10 единиц размещаются на местности, подверженной высокому риску затопления.

При разработке систем прогноза затопления приведем два определенных географических участка, расположенных в Воронежской области. Для первого примера выбрана окрестность населенного пункта Средний Икорец, для второго примера выбрана окрестность села Шуберское. И в той и в другой местности при весеннем таянии снега происходит затопление населенных пунктов и объектов инфраструктуры.

Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент; Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473) 236-33-05, e-mail: AVKalach@gmail.com

Чудаков Александр Александрович, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: vigps@mail.ru

Золототрубов Сергей Александрович, начальник отдела организации пожаротушения управления организации пожаротушения и проведения аварийно спасательных работ ГУ МЧС России по Воронежской области

Гидростатические датчики уровня воды устанавливаются в зависимости от рельефа местности и конфигурации участков водосбора. Для быстрого восстановления рельефа заданной местности, без проведения специальных измерений, целесообразно использовать программу для оцифровки топографической карты [1].

Для рассматриваемых примеров была проведена оцифровка географической карты и получена функция рельефа поверхности $h(x, y)$ в дискретной форме в виде матрицы размером 100×100 ячеек.

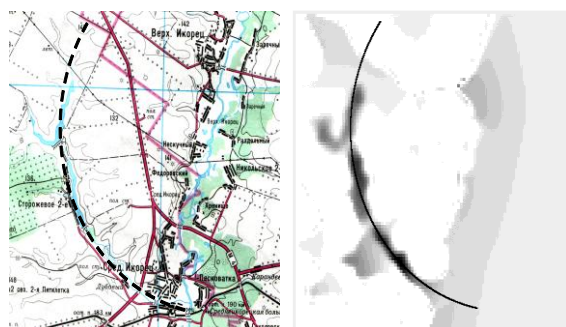
Также выбраны дугообразные сечения, проходящие по участкам с наибольшими локальными понижениями рельефа. Окружности, содержащие дуги, описываются уравнениями:

$$(x - 79)^2 + (y - 38)^2 = 57^2; \quad (1)$$

$$(x - 48)^2 + (y - 67)^2 = 20^2, \quad (2)$$

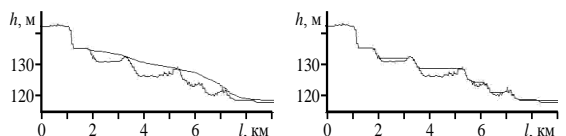
где x, y – декартовы координаты точки, принадлежащей окружности, измеряются в процентах от длины стороны квадрата, в котором производится моделирование. Для первого примера дуга на окружности лежит в диапазоне углов от 144° до 259° , для второго примера от 25° до 151° .

На основе разработанной программы для моделирования движения вод местного стока произведено моделирование быстрого таяния снега с первоначальной толщиной снежного покрова 0,25 м. [2]. Для исследуемых дуговых сечений построены профили затопления в день таяния снега и профили установившегося затопления (рис. 1,2).



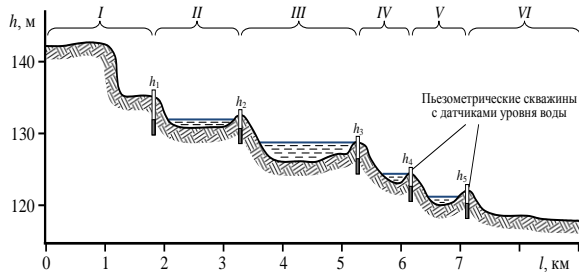
Линия сечения на исходной карте

Линия сечения на карте затопления



Профиль затопления в день таяния снега

Профиль установившегося затопления



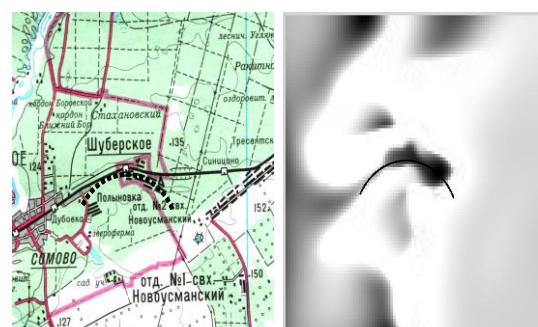
Предлагаемая схема размещения датчиков уровня воды

Рис. 1. Схема установки датчиков уровня воды вдоль каскада понижений рельефа в окрестности населенного пункта Средний Икорец Воронежской области

Датчики уровня воды целесообразно устанавливать между участками водосбора различного уровня. В частности, для окрестности населенного пункта Средний Икорец можно выделить шесть участков водосбора (отмечены римскими цифрами на рис. 1):

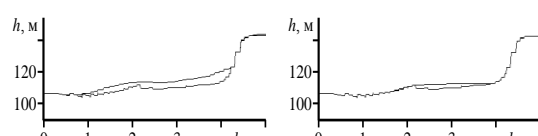
- I* – участок водосбора пруда Садовый;
- II* – верхняя часть пруда Садовый;
- III* – нижняя часть пруда Садовый;
- IV* – верхняя часть реки Топки;
- V* – нижняя часть реки Топки;
- VI* – устье реки Топки.

Гидростатические датчики могут быть размещены между участками водосбора. Так, на рис. 1 первый h_1 размещен между *I* и *II* участками водосбора и контролирует уровень воды, движущейся к пруду Садовый. По его показаниям можно судить о начале весеннего заполнения пруда Садовый. Датчик h_2 контролирует уровень воды в верхней части пруда Садовый. По показаниям этого датчика можно установить момент начала переливания верхней части пруда через плотину и, соответственно, начала быстрого наполнения нижней части пруда. Аналогично рассуждая, может быть обоснована польза установки остальных датчиков $h_3 \dots h_5$.



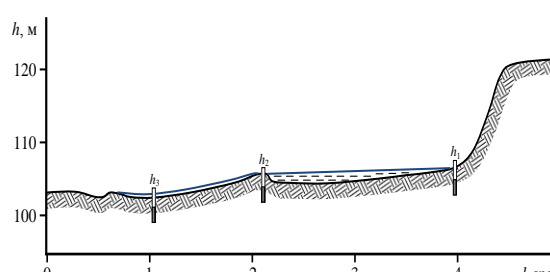
Линия сечения на исходной карте

Линия сечения на карте затопления



Профиль затопления в день таяния снега

Профиль установившегося затопления



Предлагаемая схема размещения датчиков уровня воды

Рис. 2. Схема установки датчиков уровня воды для прогнозирования затопления села Шуберское Воронежской области

Автоматизированная система контроля состояния вод местного стока. Для организации непрерывного контроля состояния вод местного стока в местности, подверженной высокому риску затопления, предлагается использовать следующую автоматизированную систему (рис. 3).

Уровень воды в ключевых точках местности контролируется системой датчиков уровня ($h_1 \dots h_5$ на рис. 3). Информация от датчиков передается по радио- или проводным каналам в роутер, связывающий сеть одного уровня (сеть датчиков) с сетью другого уровня (сеть сотовой связи или сеть интернет).

От роутера информация передается в региональный пункт наблюдения в блок анализа поступающих данных, который производит алгоритмический анализ показаний датчиков, с целью прогнозирования возможного затопления населенных пунктов.

Прогноз поступает оператору на пункт контроля состояния вод местного стока. В случае высокой вероятности затопления населенных пунктов оператор передает информацию в Общероссийскую комплексную систему информирования и оповещения населения (ОКСИОН).

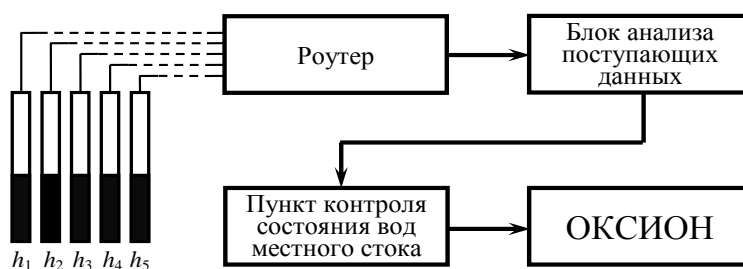


Рис. 3. Схема автоматизированной системы контроля состояния вод местного стока

Оценка адекватности предлагаемой совокупности методов. Для оценки адекватности предлагаемой совокупности методов произведем сравнительный анализ модельной и реальной карт затопления.

На рисунке 4, а, затемнена область установившегося затопления, прогнозируемая разработанной моделью. На рисунке 4, б, приведена область установившегося затопления села Шуберское, полученная картографированием реального затопления села в 2012 г. При совмещении модельной и реальной областей затопления можно заметить, что области имеют близкую конфигурацию, однако отличаются по площади (рис. 4, в).

В частности, совпадает:

- местоположение области затопления (центр села Шуберское);

- вытянутость области в направлении y , а также ее изогнутый характер;
 - подтопление железной дороги в том же самом месте.

Несовпадение площадей областей затопления можно объяснить следующим:

- различием критериев определения границ области затопления (в модели затопление определялось как уровень воды более 10 см);
- различием сроков картографирования в модели и в реальности (время, прошедшее от даты полного таяния снега);
- в модели рельеф является более плавным, чем в реальности, так как рельеф восстановлен по ограниченному картографическим данным (линиям уровня).

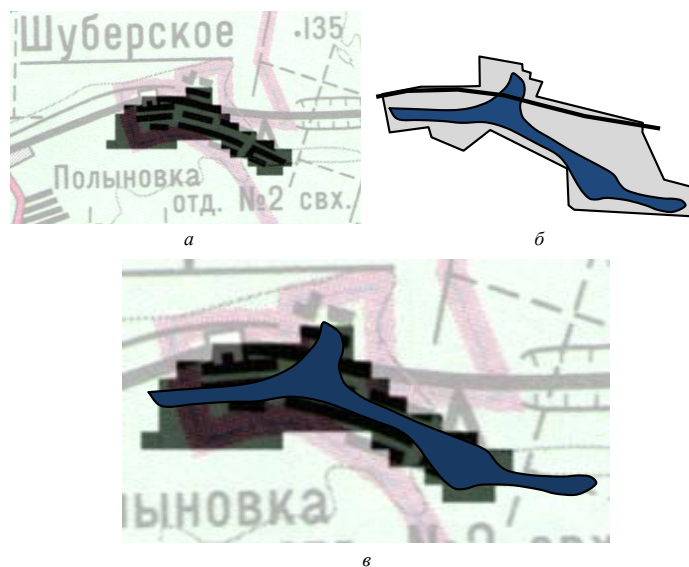


Рис. 4. Сравнение прогнозируемой и реальной области затопления села Шуберское:
 а – прогнозируемая область затопления;
 б – реально формирующаяся;
 в – наложение предыдущих областей друг на друга.

Выводы. Таким образом, наблюдается хорошее совпадение результатов прогноза с реальной картой затопления.

Большим преимуществом разработанной совокупности методов является возможность прогнозировать эволюцию карты затопления (рис. 5).

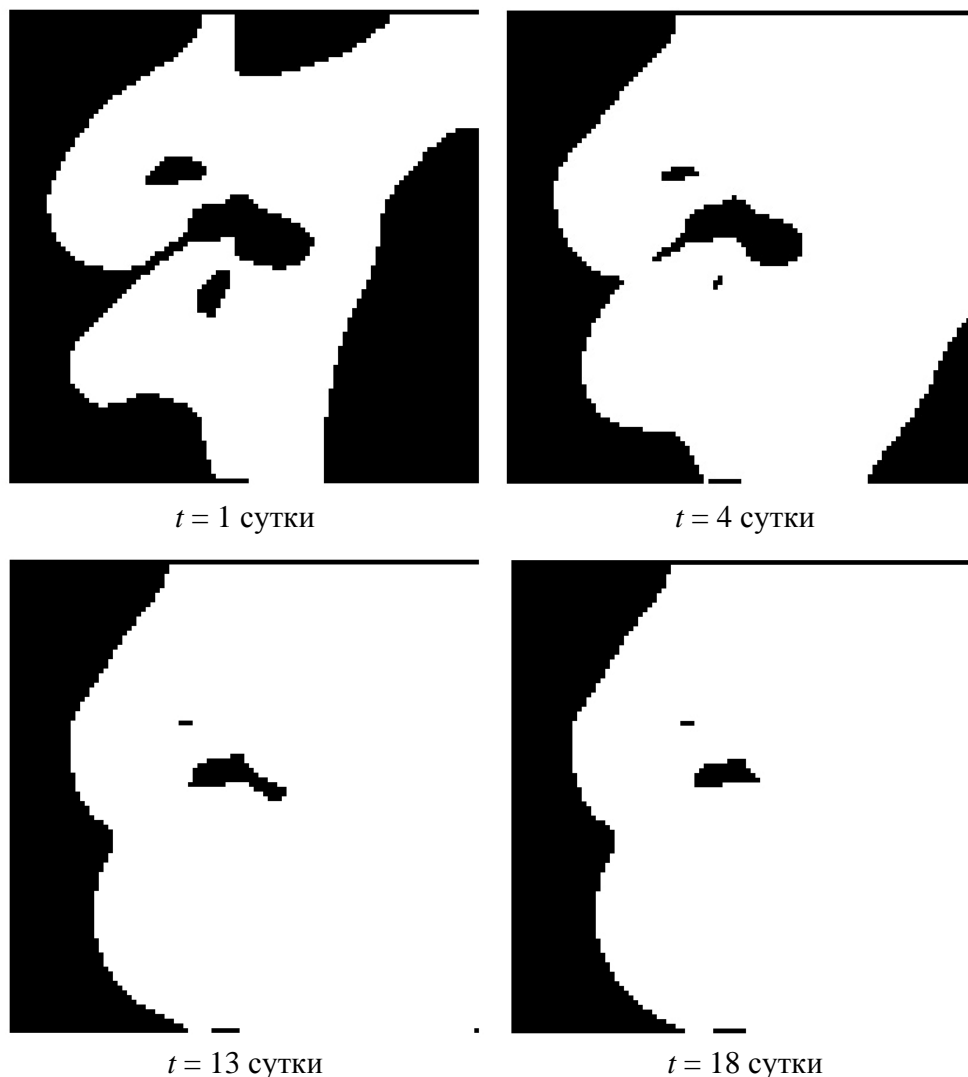


Рис. 5. Эволюция карты затопления села Шуберского и окрестности по мере ухода вод местного стока, образовавшихся в результате быстрого таяния снежного покрова. Время t указано с момента окончания таяния снега.

По мере движения вод местного стока село Шуберское сначала испытывает существенное затопление, так как находится в центре области водосбора большой площади. При этом на карте затопления видно, что вода от села Шуберского отводит-

ся по низине в реку Усманка. По мере ухода воды, приблизительно к 15–20 суткам с начала затопления, село Шуберское практически освобождается от затопления.

Библиографический список

1. Калач, А.В. Метод восстановления рельефа местности на основе картографических данных для моделирования движения поверхностных вод / А.В. Калач, А.А. Чудаков, А.С. Мальцев, Е.В. Афанасьева // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2014.- №5. - С. 59-64.
2. Калач, А.В., Чудаков, А.А, Калач, Е.В. Математическое моделирование, затопления населенных пунктов при движении поверхностных вод местного стока / А.В. Калач, А.А. Чудаков, Е.В. Калач // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014.- №2 (30). - С. 76-84.

References

1. Kalach, A.V. Metod vosstanovleniya relefa mestnosti na osnove kartograficheskikh dannykh dlya modelirovaniya dvizheniya poverhnostnykh vod / A.V. Kalach, A.A. Chudakov, A.S. Maltsev, E.V. Afanaseva // Problemy bezopasnosti i chrezvyichaynykh situatsiy. – 2014.- №5. - S. 59-64.
2. Kalach, A.V., Chudakov, A.A, Kalach, E.V. Matematicheskoe modelirovanie, zatopleniya naseleennykh punktov pri dvizhenii poverhnostnykh vod mestnogo stoka / A.V. Kalach, A.A. Chudakov, E.V. Kalach // Problemy upravleniya riskami v tehnosfere. – 2014.- №2 (30). - S. 76-84.

3. **Калач, А.В., Чудаков, А.А.** Система контроля затопления населенных пунктов / А.В. Калач, А.А. Чудаков // Системы управления и информационные технологии. – 2014. №1. – С. 69-73.

4. **Калач, А.В., Чудаков, А.А.** Прогнозирование затопления населенных пунктов / А.В. Калач, А.А. Чудаков // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. Гомельский инженерный инст. МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 1(9). – С. 71-77.

5. **Чудаков, А.А.** Верификация метода восстановления рельефа местности на основе картографических данных / А.А. Чудаков // Фундаментальные проблемы системной безопасности: материалы школы-семинара молодых ученых. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2014. – С. 255-260 с.

3. **Kalach, A.V., Chudakov, A.A.** Sistema kontrolya zatopeniya naseleennyih punktov / A.V. Kalach, A.A. Chudakov // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. – 2014. №1. – S. 69-73.

4. **Kalach, A.V., Chudakov, A.A.** Prognozirovaniye zatopeniya naseleennyih punktov / A.V. Kalach, A.A. Chudakov // Chrezvyichaynyie situatsii: obrazovanie i nauka. Gomelskiy inzhenernyiy inst. MChS Respubliki Belarus. – 2014. – № 1(9). – S. 71-77.

5. **Chudakov, A.A.** Verifikatsiya metoda vosstanovleniya relefa mestnosti na osnove kartograficheskikh dannyyh / A.A. Chudakov // Fundamentalnyie problemyi sistemnoy bezopasnosti: materialyi shkolyi-seminara molodyih uchenyih. – Elets: EGU im. I.A. Bunina, 2014. – S. 255-260 s.

AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING THE STATUS OF LOCAL WATER RUNOFF

Kalach A.V.,

D. Sc. in Chemistry, Assoc. Prof.,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh, tel.: (473) 236-33-05, e-mail: AVKalach@gmail.com

Chudakov A.A.,

Senior Lecturer,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh, e-mail: vigps@mail.ru

Zolotaryov S.A. Department organization of the fire management organization of fire-fighting and emergency rescue EMERCOM of Russia in Voronezh region, e-mail: pboinp@yandex.ru

Presents a method for prediction and prevention of emergency situations involving the movement of water and local runoff during snowmelt. The forecast obtained using the developed original methods and software for simulating the movement of water and local runoff.

Keywords: surface water runoff, terrain, snow melt dynamics, level sensor.