

А.Э. Трубникова, В.В. Татарин

(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана;
e-mail: may_be94@mail.ru)

ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ВРЕМЕНИ ДОСТУПНОСТИ МАРШРУТОВ ЭВАКУАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА И ПЕШЕХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНЫХ ВОДОНАЛИВНЫХ ДАМБ

Предлагается способ увеличения времени доступности маршрутов эвакуации автотранспорта и пешеходов при планировании эвакуационных мероприятий из зоны предполагаемого затопления при аварии на гидротехнических сооружениях.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, Географическая информационная система (ГИС), затопление, водоналивная дамба, план эвакуации.

A.E. Trubnikova, V.V. Tatarinov

ABOUT INCREASE TIME AVAILABILITY OF ESCAPE ROUTES OF MOTOR VEHICLES AND PEDESTRIANS USING PROTECTIVE WATER-FILLED DAMS

A method of increasing time availability of escape routes of motor vehicles and pedestrians during planning evacuation measures from the zone of expected flooding in case of accidents at waterworks is offered.

Key words: waterworks, Geographic Information System, flood, water-filled dam, evacuation plan.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 22 июня 2016 г.

В соответствии с Федеральным законом №68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", защита населения от опасностей, возникающих в случае аварий, катастроф и стихийных бедствий, является одной из главных обязанностей руководителей органов власти, объектов экономики, организаций и учреждений. Число стихийных бедствий, аварий, катастроф, террористических актов в мире, в том числе в России, к сожалению, за последние годы не снижается.

Опыт работы спасателей в случае наводнений и аварий на гидротехнических сооружениях показал, что одним из эффективных способов защиты населения является эвакуация.

Важным направлением повышения эффективности эвакуационных мероприятий является заблаговременное прогнозирование последствий возникновения ЧС, что требует комплексного подхода к моделированию поведения людей в изменяющейся обстановке, обусловленной возникновением зон затопления. Важным аспектом планирования эвакуации является заблаговременный выбор оптимальных маршрутов и нанесение их на карту территории с возможным затоплением. Моделирование требует использования современных компьютерных методов и средств, в том числе методов, основанных на использовании географических информационных систем [1-3].

С целью создания условий для организованного проведения эвакуации планируются и осуществляются мероприятия по следующим видам обеспечения: транспортному, медицинскому, охране общественного порядка и обеспечению безопасности дорожного движения, инженерному, материально-техническому, связи и оповещению, разведке.

Целью инженерной защиты может быть увеличение времени доступности маршрутов эвакуации для движения по ним автотранспорта и пешеходов. Для достижения данной цели широко применяют *защитные дамбы*. Они необходимы для того, чтобы оградить территорию от подъема воды и воздействия волн.

В настоящее время для эффективной защиты населённых пунктов и предприятий от затопления применяются конструкции из композитных материалов [4], в том числе *мобильные водоналивные дамбы*, которые могут быть временно использованы для снижения воздействия поражающих факторов затопления на период устройства основных защитных сооружений, позволяющих выиграть время для эвакуации людей из зоны стихийного бедствия.

С учётом быстрого развития обстановки, можно выделить основные требования, которым должны соответствовать быстровозводимые водоналивные конструкции:

- малая масса;
- транспортабельность;
- оперативность в установке;
- возможность многократной установки в различных местах с минимальными затратами.

Коллективом МГТУ им. Н.Э. Баумана разработана конструкция водоналивной дамбы, которая соответствует всем вышеуказанным требованиям [4]. Дамба представляет собой замкнутую гибкую плоскостворачиваемую оболочку полуэпсоидального типа, наполненную водой (рис. 1). Длина оболочки – до 50 м, периметр сечения – до 15 м. В заполненном рабочей средой виде дамбы имеют диаметр – до 5 м. Материалы для изготовления конструкции – высокопрочные композиты отечественного производства.

Ещё одним сооружением, удовлетворяющим ранее указанным требованиям, является быстровозводимая водоналивная дамба, выпускаемая фирмой ООО "Рассвет-К" [5].

Плоскостворачиваемость указанных водоналивных дамб позволяет транспортировать их, намотанными на специальные барабаны, практически любыми видами транспорта, включая авиацию, что позволяет максимально экономить время на доставку конструкции.

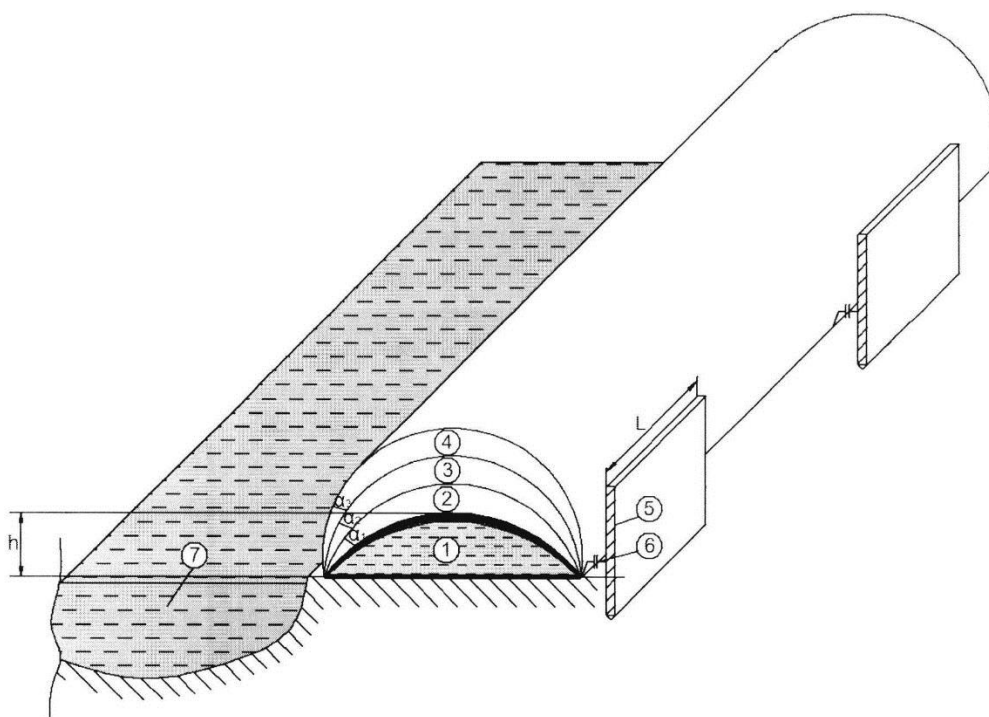


Рис. 1. Быстровозводимая дамба от коллектива МГТУ им. Н.Э. Баумана [4]

В готовность дамба приводится очень быстро, время установки занимает около получаса. За такой промежуток времени при паводковом затоплении уровень воды поднимается незначительно. Также для обслуживания конструкции не требуется огромного числа людей и привлечения нескольких единиц спецтехники, как, например, для возведения стены из мешков с песком. Согласно [5], скорость установки такой дамбы соизмерима со скоростью движения транспортного средства, на котором установлен барабан с намотанной на него конструкцией. Дамбы могут быть использованы для защиты объектов в береговой зоне от стихийных бедствий.

Защитное гидротехническое сооружение действует следующим образом. По периметру защищаемого от паводка объекта разматывают из рулона или с катушки замкнутую оболочку, которая заполняется водой с помощью насосов. При таком заполнении благодаря своему весу дамба при воздействии внешних нагрузок сохраняет устойчивое положение.

Данные конструкции позволяют сократить время монтажа и демонтажа дамбы почти в 8 раз, поэтому их можно применить для увеличения эффективности эвакуации населения при катастрофическом затоплении территории.

Для эффективности эвакуации планом может быть предусмотрена установка защиты для увеличения времени на возможность перемещения по маршрутам эвакуации населения с использованием автотранспорта и пешим порядком.

Предлагается рассмотреть пример выбора мест установки водоналивных дамб для населённого пункта "Н" при аварии на *гидротехническом сооружении (ГТС)*. Сценарий развития аварийной ситуации предусматривал сохранение несущей способности ГТС и сброс паводковых вод с обеспеченностью 1 % через все водопропускные сооружения, что значительно повысило уровень воды в реке и тем самым привело к затоплению населённого пункта.

Используя программные комплексы для моделирования последствий аварии на ГТС (например, комплекс MIKE 11 [6]), можно оценить параметры затопления территорий с учётом глубин затопления (рис. 2).

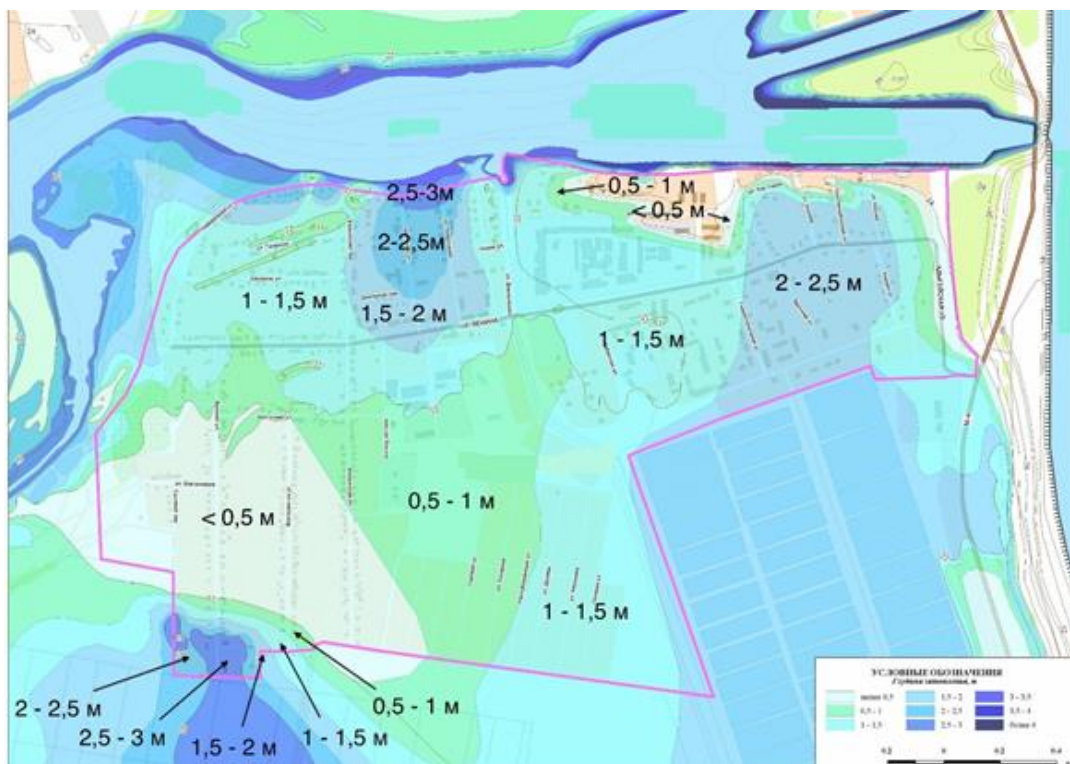


Рис. 2. Предполагаемая зона затопления населённого пункта "Н"

Исходя их пропускной способности главных улиц населённого пункта, времени затопления и глубин зон затопления, можно выбрать основные маршруты эвакуации в безопасную (незатапливаемую) зону.

С использованием программы Google Earth может быть проведён анализ рельефа территории по предварительно выбранным маршрутам эвакуации (рис. 3, 4).

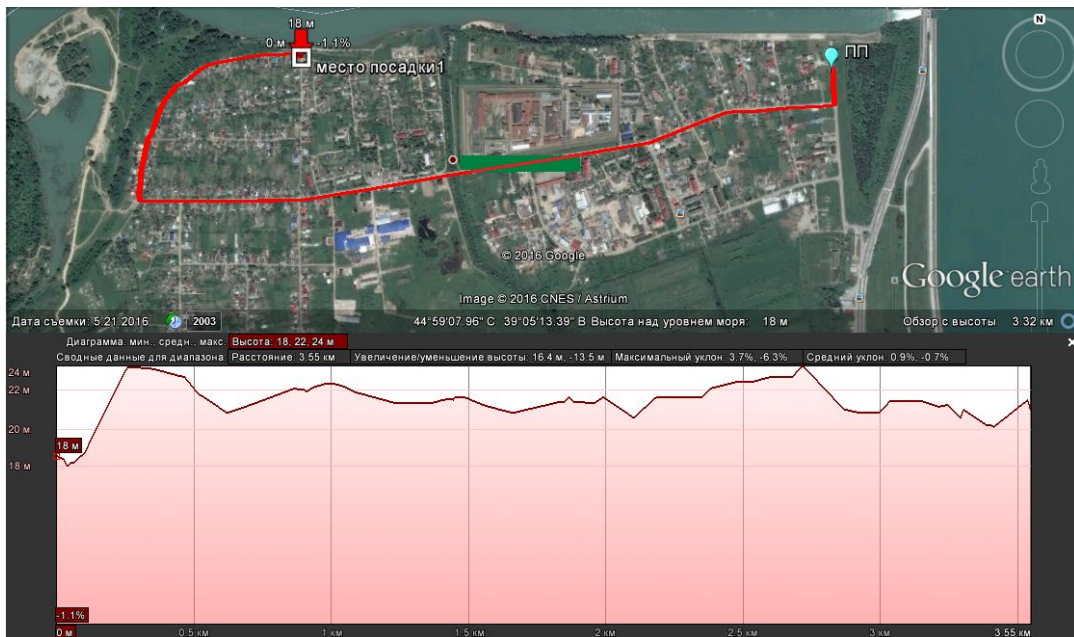


Рис. 3. Рельеф местности на маршруте № 1

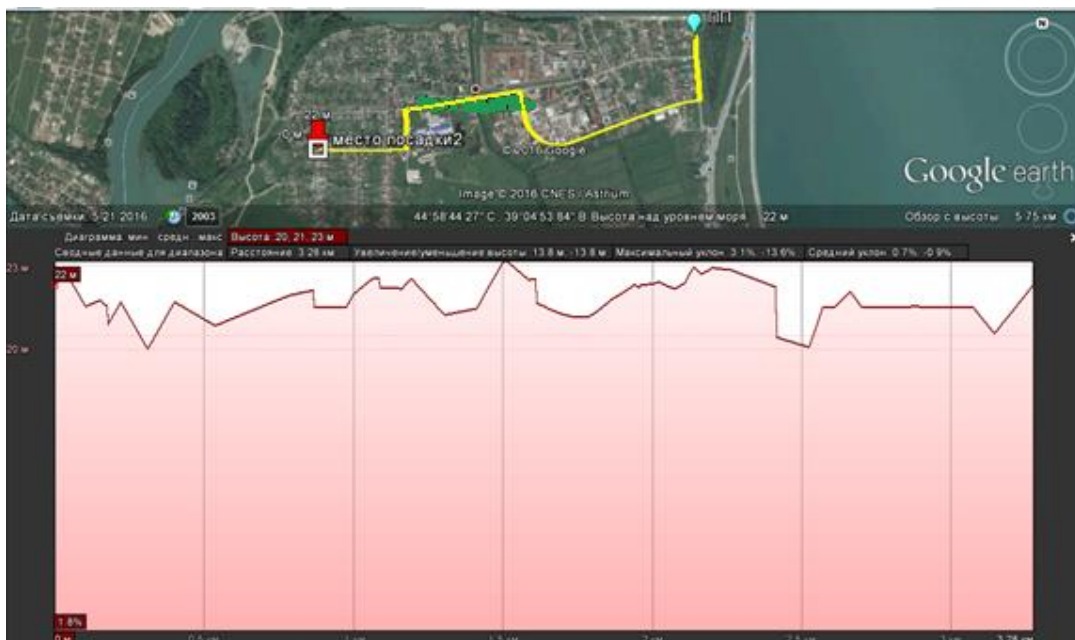


Рис. 4. Рельеф территории на маршруте № 2

Выбрав критерий критической глубины затопления, можно определить зоны, где глубина превышает выбранную (рис. 5-7).

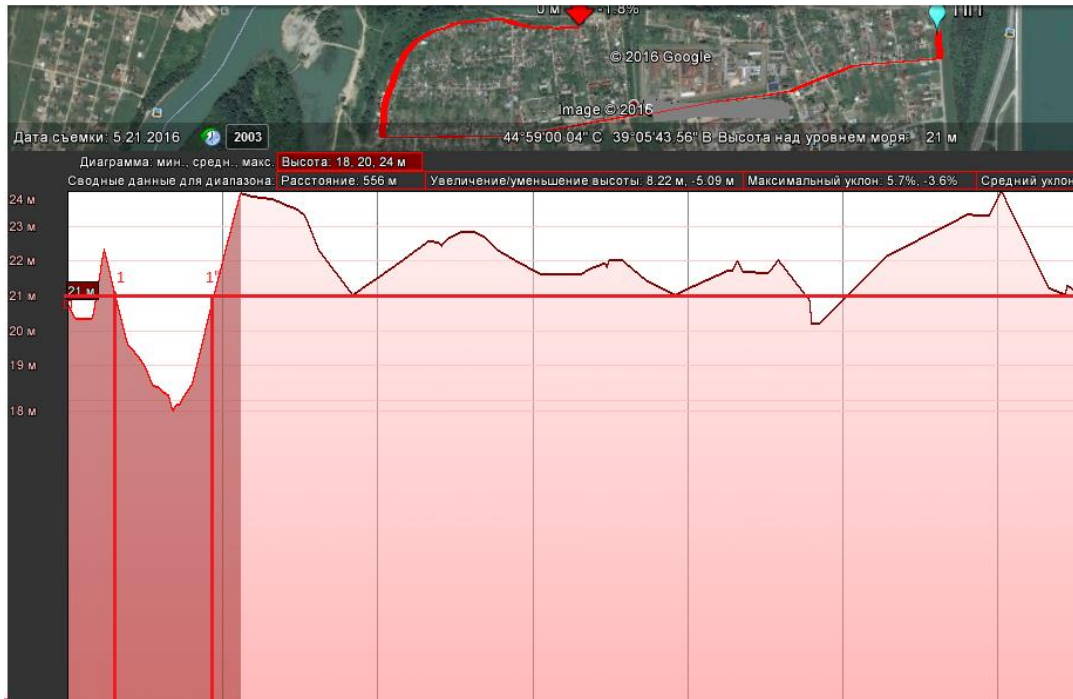


Рис. 5. Зона 1-1'



Рис. 6. Зоны 2-2', 3-3'

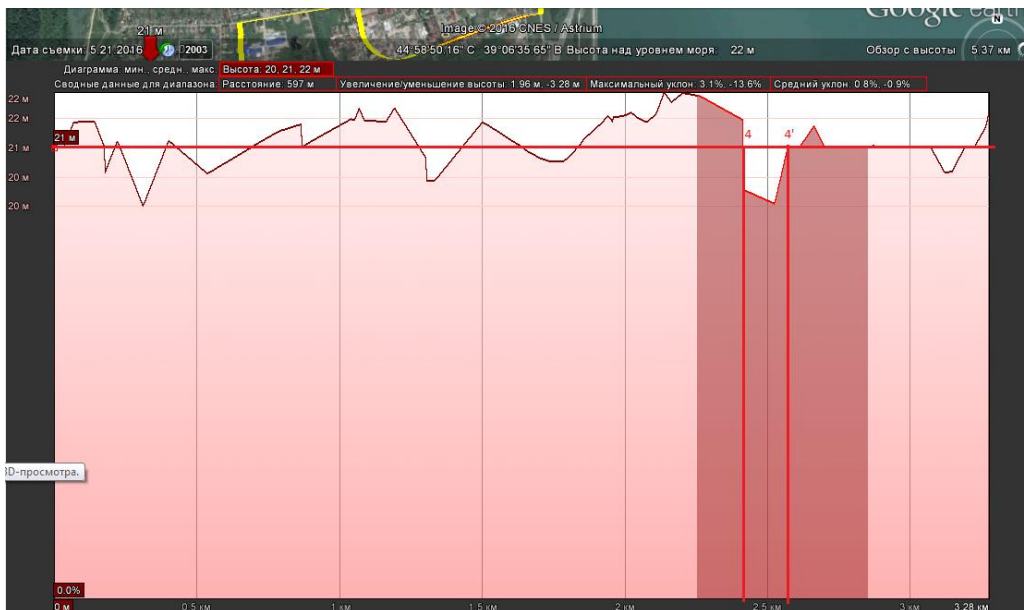


Рис. 7. Зона 4-4'

В некоторых случаях наличие такого рода зон может резко снизить возможности автотранспорта, используемого для эвакуации населения из зоны возникновения ЧС. Для оперативного предотвращения поступления воды предложено использовать мобильные водоналивные дамбы, описанные выше.

Анализ графиков рельефа местности на маршрутах (рис. 5-7) показал, что имеются 4 критические зоны, где необходима установка быстровозводимой конструкции с целью понижения глубины затопления. Такими зонами являются: [1-1'] = 330 м, [2-2'] = 80 м, [3-3'] = 30 м, [4-4'] = 180 м.

Общая длина критических зон составляет 600 м. Исходя из этого, требуется 12 быстровозводимых водоналивных дамб длиной 50 м каждая. Места расположений быстровозводимых конструкций отмечены на рис. 8 зелёным цветом.

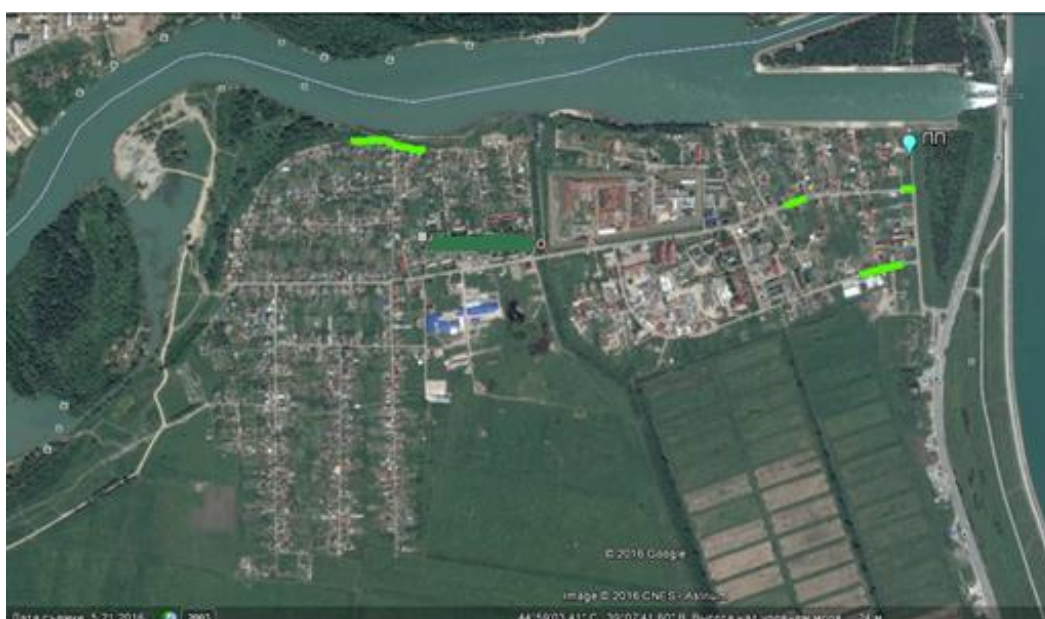


Рис. 8. Места расположений защитных конструкций

С учётом данного предложения можно увеличить время на эвакуацию по автотранспортным маршрутам почти на час, тем самым увеличить количество населения, эвакуированного посуху, на 40 %.

Ниже приведен список данных, использованных для расчёта количества автотранспортных средств, движение которых будет организовано по выбранным маршрутам эвакуации (рассмотрен случай эвакуации в дневное время суток).

1. Длина маршрута. Определяется по карте.

2. Скорость движения транспорта по маршруту. Определяется, в зависимости от глубины затопления и скорости потока воды, с использованием таблиц и методических рекомендаций по планированию эвакуации [7].

3. Продолжительность эвакуации. Определяется, исходя из времени прихода волны паводка (в соответствии с данными расчёта в программном комплексе) и максимального уровня подъема воды за это время на территории населённого пункта.

4. Число эвакуируемых. Представляется исходя из отчётов администрации населённого пункта.

5. Вместимость средств эвакуации. Определяется в зависимости от вида средства, согласно нормам посадки [7].

6. Коэффициенты времени суток и использования автомобильной техники. Выбирают согласно методикам по расчёту сил и средств для эвакуации населения при затоплении [7].

С использованием этих данных можно определить количество потребного автотранспорта для эвакуации населения из зон возможного затопления, а также оценить эффективность использования средств инженерной защиты территорий при планировании эвакуационных мероприятий:

$$N_{am} = \sum_{i=1}^m \frac{N_{ЭН.i}^{am} \cdot R_i^{am}}{N_{ВМ.i}^{am} \cdot T} \cdot k_c \cdot k_T,$$

где N_{am} – количество автотранспорта, необходимого для перевозки пострадавшего населения;

T – продолжительность эвакуации (спасательных работ), ч.;

$N_{ЭН.i}^{am}$ – количество пострадавшего населения, перевозимого i -м видом автотранспорта, чел.;

$N_{ВМ.i}^{am}$ – вместимость i -го вида автотранспорта, чел.;

R_i^{am} – продолжительность использования i -го автотранспорта, ч.;

k_c – коэффициент времени суток;

k_T – коэффициент использования автомобильной техники.

Согласно [7], для дневного времени суток $k_c = 1,5$; в случае использования автотранспорта при эвакуации населения $k_T = 1$.

Сведём результаты расчётов в таблицу.

Таблица 1

Результаты расчётов

| Номер маршрута | Количество транспортных средств $N_{ат}$ | | Продолжительность эвакуации T , ч. | | Количество населения, эвакуированного транспортом N , чел. | |
|----------------|--|------------------------|--------------------------------------|------------------------|--|------------------------|
| | С использованием дамб | Без использования дамб | С использованием дамб | Без использования дамб | С использованием дамб | Без использования дамб |
| № 1 | 18 | 18 | 1,67 | 1 | 1311 | 787 |
| № 2 | 15 | 15 | 1,67 | 1 | 1169 | 689 |

Критерием для расчёта *эффективности* (η) можно считать отношение количества населения, спасённого посуху без учёта применения водоналивных дамб, к количеству спасённого посуху населения в случае установки дамб. При этом считается, что количество необходимого автотранспорта для эвакуации населения в случае применения защитных сооружений и в случае их отсутствия остается неизменным:

$$\eta = \frac{(N_{M1}^{с дамбой} + N_{M2}^{с дамбой}) - (N_{M1}^{без дамбы} + N_{M2}^{без дамбы})}{(N_{M1}^{с дамбой} + N_{M2}^{с дамбой})} \cdot 100 \%,$$

где $N_{M1}^{с дамбой}$, $N_{M2}^{с дамбой}$ – количество населения, эвакуированного транспортом по маршрутам № 1 и № 2 в случае применения водоналивных дамб;

$N_{M1}^{без дамбы}$, $N_{M2}^{без дамбы}$ – количество населения, эвакуированного транспортом по маршрутам № 1 и № 2 в случае отсутствия водоналивных сооружений.

Согласно расчётам, эффективность применения быстровозводимых водоналивных конструкций составляет порядка 40 %:

$$\eta = \frac{(1311 + 1169) - (787 + 689)}{(1311 + 1169)} \cdot 100 \% = 40 \%,$$

что говорит о существенном снижении возможных потерь и ущерба на затопляемой территории. Использование дамб позволит эвакуировать всё население из зоны затопления почти за 2 часа, в то время как отсутствие дамб приведёт к необходимости спасения более половины населения с использованием плавсредств.

В соответствии с изложенными выше подходами можно провести расчёт сил и средств для аварийно-спасательных и других неотложных работ при проведении эвакуации населения из зон возможного затопления при аварии на ГТС для конкретных практически важных случаев.

В заключение следует отметить, что предложенный способ инженерной защиты населения и территорий при затоплениях – применение быстровозводимых водоналивных конструкций позволяет разработать наиболее эффективную схему эвакуации населения из зон возможного затопления, которая позволит существенно снизить возможные потери среди населения и материальный ущерб. Также следует отметить, что на указанных участках местности можно заблаговременно организовать постоянную инженерную защиту.

Учёт рельефа местности и применение средств инженерной защиты на маршрутах эвакуации способствуют повышению эффективности планирования эвакуационных мероприятий и упрощению выбора оптимальных маршрутов.

Литература

1. **Муйкич Эмин, Татаринев В.В.** Разработка путей эвакуации населения, проживающего в крупном населённом пункте, средствами ГИС // 8-я всеросс. конф. молодых учёных и специалистов "Будущее машиностроения России": сборник докладов. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. С. 704-707.

2. **Яковченко С.Г., Жоров В.А., Васильев А.А.** ГИС для подготовки пространственных данных и оценки зоны затопления волной прорыва плотины // Сб. матер. науч. конгресса ГЕО-СИБИРЬ-2005. Т. 4: ГЕОИНФОРМАТИКА. Новосибирск, 2005, С. 78-82.

3. **Влацкий В.В.** Моделирование речного стока с использованием ГИС-технологий // Вестник ОГУ. № 9 (115). 2010. С. 104-109.

4. **Сеник Е.В., Виноградов М.С., Воропаева А.А. и др.** Быстровозводимая дамба / Патент 154781 РФ на полезную модель № 154781. МПК: E02B3/04.

5. **Чижев А.Е.** Быстровозводимые водоналивные дамбы. <http://www.rassvet-k.ru/articles/5.html>.

6. **Документация** к программному комплексу MIKE 11 на сайте компании производителя. <http://www.mike-by-dhi.com>.

7. **Саков Г.П., Цивелев М.П., Поляков И.С.** Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях. М.: ЗАО "Папирус", 1998. 166 с.