

воды по склону, однако эффективность возрастает при использовании выше уровня воды (например, при комбинированном креплении).

УДК [574+504](576)

Экспериментальное исследование подтопления прибрежных территорий водохранилищ Беларуси с помощью дистанционных методов

Левкевич В. Е.¹, Мильман В. А.², Решетник С. В.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Приведены некоторые результаты полевых исследований процессов подтопления и абразии прибрежных территорий водохранилищ Беларуси с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Для оценки подтопления территории в прибрежной зоне водоемов различного хозяйственного назначения и прогнозирования процессов абразии (переработки берегов) с применением БПЛА был определен ряд тестовых водоемов. К ним были отнесены: Заславское, Дубровское, Чижовское водохранилища, а также водохранилище Волковичи (Птичь). Для дистанционной съемки был использован БПЛА модели DJI Phantom 3 Professional, представленный ОИПИ НАН Беларуси. Аппарат оборудован цветной 12-мегапиксельной камерой, позволяющей выполнять видеосъемку формата HD и делать 12-мегапиксельные фотографии. Внешний вид квадрокоптера показан на рис. 1.



Рис. 1. Квадрокоптер модели DJI Phantom 3 Professional

Для оценки точности результатов, полученных в процессе обработки материалов аэросъемок с БПЛА, были использованы результаты наземного мониторинга, полученные ранее [1, 2].

В качестве примера на рисунке 2 приведен снимок, полученный с использованием видеокамеры БПЛА на одном из тестовых водных объектах. На рисунке представлен пример проявления абразии берегов и подтопления прибрежных территорий тестового водохранилища.



Рис. 2. Заславское водохранилище: юго-западный берег

Полученные результаты полевых натурных исследований позволяют говорить о возможности применения дистанционных средств, в частности, БПЛА для сбора информации, необходимой для мониторинга прибрежных территорий и эксплуатации водных объектов страны.

Сравнительный анализ данных, полученных при наземных измерениях и данных, полученных в процессе обработки снимков с БПЛА, приведен в табл. 1.

Таблица 1
Результаты сравнения переработки берегов тестовых водоемов и данных, полученных при съемке с БПЛА

Тестовый водоем водохранилища	Измеренная средняя линейная переработка по тестовым участкам S_t , м	Данные съемки о линейной переработке с БПЛА S_t , м	Погрешность абсолютная, %
Заславское	8,50	8,0	5,9
Дубровское	4,50	4,0	11,10
Чижевское	5,30	5,0	5,70
Волковичское (Птичь)	4,0	3,5	12,5

Ниже в табл. 2 приведены результаты сравнения прогнозных расчетов подпора грунтовых вод и ширины зоны подтопления прибрежных территорий тестовых водоемов, и реальным гидрогеологическим условиям побережий водохранилищ Беларуси и данных, полученных с помощью БПЛА.

Как видно из приведенных результатов табл. 2, точность зафиксированных параметров объектов, подверженных съемкам с БПЛА – значения ширины зоны подтопления является достаточной, обеспечивающих среднюю погрешность в пределах 15 %, что является допустимой для проведения практических инженерных расчетов.

Таблица 2

Сравнение результатов прогнозных расчетов подпора подземных вод в прибрежной зоне тестовых водоемов и данных, полученных при съемке с БПЛА

Тестовый водоем (водохранилище)	Прогноз подпора УГВ по тестовым участкам		Данные съемки с БПЛА	Погрешность абсолютная, %
	Высота подпора на расстоянии 20 м от уреза воды, м	Ширина зоны подтопления, м	Ширина зоны подтопления, м	
Заславское	0,40	75,0	65,0	13,3
Дубровское	0,50	35,0	35,0	0
Чижевское	0,30	40,0	42,0	5
Волковичское (Птичь)	0,40	40,0	35,0	12,5

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что регистрация и наблюдение за развитием процесса разрушения естественных берегов водохранилищ и подтопления территорий с помощью беспилотных радиоуправляемых квадрокоптеров, оснащенных камерами с высоким разрешением, возможны, причем результаты получаются достаточно точные, что подтверждают как измеренные наземные данные и прогнозныe расчеты, так и полученные БПЛА (табл. 1, 2).

На основании набора полученных с БПЛА аэрофотоснимков была создана трехмерная модель местности и цифровая модель рельефа (ЦМР). Для создания трехмерной модели местности и цифровой модели рельефа (ЦМР) была использована программы Agisoft PhotoScan. Начальным этапом создания трехмерной модели местности является импорт фотоматериалов, настройка параметров и калибровка фотокамеры. Далее определяют-

ся координаты центров снимков и выполняется расстановка на исходных снимках маркеров, с помощью которых осуществляется трансформация модели. После расстановки маркеров, на всех снимках указываются их координаты. Следующим этапом является автоматическое построение трехмерной модели местности. Последним этапом является построение текстуры модели и процесс «насаживания» ее на трехмерную модель (драпировка). В результате проделанных действий получается трехмерная модель местности. Фрагмент ЦМР показан на рисунке 3. Затем на основании полученных данных строится ЦМР в виде поверхности с рельефными горизонталями. В результате получается следующая картографическая продукция: трехмерная модель местности, цифровая модель рельефа и ортофотоплан. Данные виды продукции пригодны для целей картографирования, инженерных изысканий, прогнозных расчетов.

На основе материалов натурных обследований и наблюдений, а также съемок с БПЛА на тестовых водохранилищах, были определены прогнозные зависимости, достаточные для моделирования береговых процессов и подтопления территорий, вызванного подпором грунтовых вод. Предложен метод построения цифровой модели местности (ЦМР), который может быть использован для расчета и прогноза деформаций берегов и их устойчивости.



Рис. 3. Трехмерная модель местности с маркерами

Выполненное обследование и аэрофотосъемки с БПЛА позволили оценить степень подтопления и заболачивания прибрежных территорий водохранилищ.

Результаты оценок процессов подтопления и деформаций берегов с учетом данных, получаемых с помощью БПЛА, показали эффективность применения современных дистанционных методов. Разработанные алго-

ритмы и программные средства для интерпретации отоматериалов могут быть в дальнейшем использованы совместно с любой геоинформационной системой (ГИС-системой).

Литература

1. Левкевич, В. Е. Оценка сооружений инженерной защиты, систем водоснабжения и водоотведения средствами дистанционной диагностики / В. Е. Левкевич, А. В. Бузук, В. А. Лосицкий, В. А. Мильман, С. В. Решетник, Ф. Н. Саидов // Материалы науч.-практич. конф., посвящ. 50-летию созд. Брест. гос. техн. ун-та, Брест, 6–7 октября 2021 г. – Брест, БрГТУ. – 2021. – С. 45–54.

2. Левкевич, В. Е. Использование средств дистанционной диагностики для мониторинга состояния водохозяйственных объектов и сооружений систем водоснабжения и водоотведения / В. Е. Левкевич [и др.] // Экологическая безопасность: 1991–2021: материалы науч.-практич. конф., посвящ. юбил. дате образ. РУП Бел НИЦ Экология, БелНИЦ Экология. – Минск, 2021. – С. 58–62.

УДК 656.621

Анализ информационных систем управления внутренним водным транспортом

Щербакова М. К.¹, Таболич Т. Г.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²ГУ «Государственная администрация водного транспорта»

Минск, Республика Беларусь

Инновационный путь развития транспортных систем требует новых методов контроля, эксплуатации и управления. Современным подходом модернизации внутреннего водного транспорта становится внедрение интеллектуального управления транспортными системами. В статье рассмотрено понятие и классификация информационных систем по различным признакам. Приведены определения интеллектуальной информационной системы и интеллектуальной транспортной системы.

Создание современной транспортной инфраструктуры с использованием самых передовых инновационных и информационных технологий относится к числу приоритетных направлений государственной политики Республики Беларусь. Так же важно интегрировать транспортную систему страны в мировое транспортное пространство и реализовать ее транзитный потенциал.