ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БЕРЕГОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Мисиров С.А.^{1,2}, Беспалова Л.А.², Сапрыгин В.В.¹

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону¹

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону²

sam.misirov@gmail.com, bespalowaliudmila@yandex.ru, vv.saprygin@gmail.com

Аннотация. В статье предложена новая методика исследования геоморфологических особенностей берегов на основе использования беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Установлены оптимальные параметры БЛА для наблюдения за абразионными, оползневыми и аккумулятивными берегами. Создан банк данных фотоматериалов с БЛА. Отработана методика определения морфологических и морфометрических характеристик берегов различных типов с использованием инструментария программы Agisoft PhotoScan.

Ключевые слова: Беспилотный летательный аппарат, абразионный берег, оползневой берег, овражно-балочная сеть, ортофотоплан, цифровая модель рельефа, Таганрогский залив.

Исследования берегов Азовского моря насчитывают более 60 лет. В основе мониторинга лежат данные наблюдений на реперной сети, состоящей из более чем 100 опорных точек. Но существуют, как минимум две проблемы – это трудоемкость полевых исследований и малодоступные участки для наблюдений. Одним из способов решения этих проблем является использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) [1].

Широкое развитие на побережье получили абразионно-оползневые разрушения береговых обрывов, размыв аккумулятивных тел (кос, пляжей), затопление прибрежных территорий в результате нагонного повышения уровня. Наиболее масштабными опасными процессами следует признать абразионные и абразионно-оползневые разрушения береговых обрывов; эти процессы охватывают 80 % морского побережья. [2].

Цель проводимых исследований – отработка методики мониторинга береговой зоны Азовского моря при помощи БЛА и ГИС-технологий

Материалы и методы

Методика аэрофотосъемки береговых форм с использованием БЛА отрабатывалась на полигоне южного берега Таганрогского залива. Съемка проводилась при помощи БЛА Phantom 3 Professional производства DJI (Китай) с установленной, стабилизированной по трём осям камерой (табл. 1), в заводской комплектации.

Для отработки методики мониторинга побережья применялись различные режимы работы БЛА. При фотосъемке берега объектив камеры был направлен в надир (вертикально вниз), а при фотосъемке берегового уступа – субгоризонтально (перпендикулярно

к плоскости обрыва) или под углом. Фотосъемка берегового уступа выполнялась в ручном режиме управления, на высоте от 4 до 50 метров относительно точки взлёта (ТВ) БЛА [3], в зависимости от строения берега и возможности поддержания устойчивой связи оператора с БЛА. Фотосъемку берега выполняли в автоматическом режиме на высоте 300 метров, с поперечным и продольным перекрытиями снимков 60 и 70 % соответственно. Для подготовки полётного задания использовали программный комплекс DroneDeploy (США).

Таблица 1
Основные характеристики камеры,
установленной на БЛА

Характеристики	Значения
размер матрицы, мм	6.3×4.7
разрешение, млн эффективных пикселей	12
максимальный размер кадра, пикселей	4000×3000
угол обзора	94°
фокусное расстояние в 35 мм эквиваленте	20
диафрагменное число	f/2.8
скорость затвора, с	1/8000–8
диапазон ISO	100–1600

Обработку снимков и построение ортофотопланов участков береговой зоны Азовского моря, 3D-модели местности, цифровых моделей поверхности и рельефа проводили в фотограмметрическом ПО PhotoScan производства Agisoft (Россия).

Отработка методики и измерения

Для отработки методики были выбраны два участка полета БЛА, на южном берегу Таганрогского залива в пределах Азовского района Ростовской области: участок № 1 – с. Займо-Обрыв – с.

Круглое, участок № 2 – с. Круглое – с. Стефанинодар. В геоморфологическом отношении этот полигон характеризуется большим разнообразием береговых форм: абразионные, оползневые, эрозийные (овраги, балки), аккумулятивные (пляжи, косы).

На втором этапе для выбранных участков с помощью программного обеспечения (ПО) Agisoft PhotoScan для детализации геоморфологического строения берегов были созданы различные слои: «ортофотоплан сверху», «ортофотоплан сбоку», «плотное облако», 3D изображение участков полёта.

Определение морфометрических характеристик берегов осуществлялось по ортофотопла-

ну вид сверху. Первоначально на ортофотоплане определялась протяжённость берега, координаты береговой линии, а также были выбраны точки обследования для берегов различных типов. При построении профилей береговых обрывов и аккумулятивных тел использовался последовательный ряд инструментов программы Agisoft PhotoScan (ломаная линия → измерить → плановые → профиль → полигон и др.).

Участок № 1 от с. Займо-Обрыв – до с. Круглое имеет протяжённость 5,93 км. В пределах данного участка развит преимущественно абразионный и абразионно-осыпной типы берега (рис. 1.)

Рис. 1 – Ортофотоплан участка (вид сверху)

Рис. 2 – Определение координат и высоты абразионного берега: а) – фото с БЛА; б) – местоположение профиля на абразионном склоне; в) – координаты профиля; г) профиль абразионного склона

Абразионный берег имеет высоту – 10,8 м, уклон склона обрыва (отношение превышения к проложению) – 0,11, пляж не широкий – 5,0 м.

Склон практически не задернован, что свидетельствует об активности абразионного процесса. (рис. 2).

Рис. 3 – Участок № 2, слой «ортофотоплан» (вид сверху)

На участке № 2 с. Круглое – с. Стефанидинодар, протяжённость которого составляет 8,75 км, преобладает оползневой тип берега (рис.3). Для отработки методики определения морфологических и морфометрических особенностей оползневого берега вначале определялось местоположение профиля (рис.4.а). Используя инструменты: ломаная линия → измерить → плановые были получены координаты профиля (рис. 4. б) и инструменты → профиль – профиль берегового уступа (рис. 4. в).

В дальнейшем на профиле определялись морфометрические характеристики оползневого берега. По результатам измерений высота обрыва составляет – 13 м; уклон склона обрыва – 0,3; ширина пляжа по сравнению с предыдущим участком увеличивается вдвое – до 10 м. Для определения площади оползневого тела был использован инструмент «Полигон», путем оконтуривания оползневого тела на ортофотоплане

(рис. 5. а). Затем определены координаты, периметр и площадь оползневого тела (13061,2 м²) (рис. 5). Полученные показатели можно использовать при повторных съемках участка берега, для определения интенсивности проявления оползневых процессов.

Для определения площади проективного покрытия оползня растительностью используем инструмент «Полигон». Оконтурируем территорию занятую растительностью на ортофотоплане (рис. 6), с помощью функции «Измерить» определяем площадь занятую растительностью – 12582,7 м². Таким образом, задернованность тела оползня (площадь проективного покрытия) составила – 96 %. При увеличении масштаба ортофотоплана можно идентифицировать характер растительного покрова. На данном объекте растительный покров представлен деревьями, кустарниками и травянистой растительностью.

Рис. 4 – Морфометрические характеристики оползневого берега: а) местоположение профиля на оползневом склоне; б) – определение координат крайних точек профиля; в) – построение профиля оползневого берега

Рис.5 – Использование инструмента «Полигон» на ортофотоплане для определения координат и площади оползня: а) – *оконтуривание оползня*; б) – *определение координат и площади оползневого тела*

Рис. 6 – Определение проективного покрытия растительностью оползневого тела: а) – *оконтуривание растительности*; б) – *определение площади проективного покрытия растительностью оползневого тела*

Исследуемые полигоны, помимо активной абразивной и оползневой деятельности, характеризуются развитием эрозионных процессов, представленных овражно-балочной сетью.

Предложенная методика позволяет также определять морфологические и морфометрические харак-

теристики оврагов, балок, промоин и других эрозионных форм. На примере оврага берегового типа, расположенного в пределах участка № 2 (рис. 7) были определены его площадь, периметр, длина и уклон тальвега, а также морфология поперечного профиля оврага в верховье и в устье (рис. 8).

Рис. 7 – Координаты и положение оврага: а) – *положение оврага на ортофотоплане, оконтуривание объекта*; б) – *определение координат, периметра и площади оврага*

Таблица 2
Показатели морфологии и морфометрии оврага

Морфометрия оврага	Результаты измерений	Морфометрия поперечного профиля оврага в верховье	Результаты измерений	Морфометрия поперечного профиля оврага в устье	Результаты измерений
периметр	510,5 м	крутизна склона правый борт	0,55	крутизна склона правый борт	0,63
площадь	6815,2 м²	крутизна склона левый борт	0,53	крутизна склона левый борт	0,54
длина по тальвегу	168 м	глубина оврага в верховье	7,2 м	глубина оврага в устье	20,3
уклон тальвега	0,02	ширина днища в верховье	3.5 м	ширина днища в устье	15

Рис.8 – Определение морфометрических характеристик оврага: а) – профиль тальвега оврага; б) – поперечный профиль в верхней части оврага; в) – поперечный профиль в нижней части оврага

Заключение/выводы

Полученные в ходе отработки методики данные, показали, что беспилотные летательные аппараты могут успешно использоваться для мониторинга береговых процессов и детализации типов берегов Азовского моря. Обработанные фотоматериалы с БЛА с использованием инструментария программы PhotoScan позволяют проводить детальные морфометрические исследования берегов всех типов, заменив тем самым трудоёмкие полевые работы, а также осуществлять мониторинг береговой зоны малодоступных участков.

При изучении берегов (определения типов, их морфологических и морфометрических характеристик) на основе съёмок с БЛА применялись различные инструменты программы PhotoScan: «орто-

фотоплан сверху», «ортофотоплан сбоку», «плотное облако», а также 3D изображение участков полёта, панорамные фото и база фотоснимков с БЛА.

В рамках исследования был создан банк данных фотоматериалов с БЛА, который можно использовать при повторных съёмках участка берега, для определения интенсивности проявления абразионных, оползневых и других видов береговых процессов.

Публикация подготовлена в рамках реализации ПФИ Президиума РАН I.52 «Обеспечение устойчивого развития Юга России в условиях климатических, экологических и техногенных вызовов» (ГЗ ЮНЦ РАН на 2018 г., № гр. проекта АААА-А18-118011990324-5) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-05-80082.

Список литературы

1. Мисиров С.А. Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Таганрогского залива с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий / XIV Ежегодная молодежная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Достижения и перспективы молодых ученых в интересах развития Юга России»: тезисы докладов (г. Ростов-на-Дону, 12–26 апреля 2018 г.). – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 46

2. Матишов Г.Г., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Кропьянко Л.В. Эколого-географический анализ морского побережья Ростовской области. Доклады Академии наук. 2015. Т. 460. № 1. С. 88.
3. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Филатов А.А. Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий / Аридные Экосистемы, 2018, том 24, № 3 (76) с. 41–47.

INVESTIGATION OF THE GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE TAGANROG BAY USING UNMANNED AERIAL VEHICLE AND GIS TECHNOLOGIES

Misirov S. A.^{1,2}, Bespalova L. A.², Saprygin V.V.¹

Southern Scientific Center of RAS, Rostov-on-Don¹

Southern Federal University, Rostov-on-Don²

sam.misirov@gmail.com, bespalowaliudmila@yandex.ru, vv.saprygin@gmail.com

Abstract. the article proposes a new method of studying the geomorphological features of the coast based on the use of unmanned aerial vehicles (UAV). The optimal parameters of UAV for observation of abrasive, landslide and accumulative shores are established. A database of photo materials from UAV was created. The method of determining the morphological and morphometric characteristics of different types of banks using the tools of the program Agisoft PhotoScan.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, abrasive shore, landslide shore, accumulative cape, orthomosaic, digital elevation model, Taganrog Bay.

References:

1. *Misirov S.A.* Issledovanie morfologicheskix i morfometricheskix osobennostej beregov Taganrogskego zaliva s ispol'zovaniem bespilotny'x letatel'ny'x apparatov i GIS-texnologij [Investigation of specific morphological and morphometric features of the Taganrog Bay coasts using unmanned aerial vehicles and GIS Technologies] / XIV Ezhegodnaya molodezhnaya nauchnaya konferenciya studentov, aspirantov i molody'x ucheny'x «Dostizheniya i perspektivy molody'x ucheny'x v interesax razvitiya Yuga Rossii»: tezisyy dokladov [XIV Annual youth scientific conference of students, graduate students and young scientists "Achievements and prospects of young scientists in the interests of the development of the South of Russia": abstracts (Rostov-on-Don, April 12–26, 2018).] – Rostov-on-Don publishing house of the Southern Scientific Center of RAS, 2018. P. 46 [In Russian]
2. *Matishov G.G., Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Kropyanko L.V.* Ecological and geographical analysis of the sea coast of the Rostov region. Doklady earth sciences. 2015. t. 460. № 1. c. 53–57.
3. *Kosolapov A. E., Skripka G. I., Bespalova L. A., Ivlieva O. V., Filatov A. A.* Issledovanie morfologicheskix i morfometricheskix osobennostej beregov Cimlyanskogo vodoxranilishha s ispol'zovaniem bespilotny'x letatel'ny'x apparatov i GIS-texnologij [Investigation of morphological and morphometric features of the banks of Tsimlyansk reservoir using unmanned aerial vehicles and GIS technologies] / Arid Ecosystems, 2018, Volume 24, No. 3 (76) p. 41–47. [In Russian]