

УДК 551.435.34 : 504.056 : 004.946

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕТРОСПЕКТИВНОГО СФЕРИЧЕСКОГО ВИДЕОДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ДЛЯ СБОРА ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ПОСЛЕДСТВИЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ)

© 2025 г. О. А. Хорошев^{а, *}, А. А. Хорошева^{а, **}

^аФедеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
Ростов-на-Дону, Россия

*E-mail: ourregion@mail.ru

**E-mail: a.horosheva@gmail.com

Поступила в редакцию 19.02.2024 г.

После доработки 25.02.2025 г.

Принята к публикации 10.03.2025 г.

Внедрение современных технологий способствует возникновению новых способов получения визуальных данных об особенностях трансформации морских и речных берегов, а также расположенных на них объектов природного и антропогенного происхождения. Приведены результаты разработки и последующего применения в пределах отдельных участков побережья Азовского моря технологии ретроспективного сферического видеодокументирования последствий проявления опасных береговых процессов. Технология базируется на использовании ретроспективного подхода к проведению съемочных работ в 360-градусном формате — панорамной видеофиксации через определенные интервалы времени одних и тех же локаций побережья. Опробование технологии произведено в пределах 13 точек и отрезков береговой зоны Таганрогского залива и дельты р. Дон в ходе экспедиций ЮНЦ РАН в период с 2019 по 2023 г. По итогам экспериментальных работ создано 13 панорамных видеоретроспектив, подробно иллюстрирующих последствия интенсивного проявления морских абразионных, оползневых, а также речных эрозионных процессов в интервале времени от нескольких месяцев до трех лет.

Ключевые слова: опасные береговые процессы, Таганрогский залив Азовского моря, дельта реки Дон, визуальные данные, иммерсивное видео, сферическое видеодокументирование, панорамная видеоретроспектива

DOI: 10.31857/S0869607125010029, EDN: LIZCKP

ВВЕДЕНИЕ

Регистрируемые в последние десятилетия и прогнозируемые в будущем изменения климата и повышение уровня Мирового океана могут способствовать усилению опасных береговых процессов (ОБП) в береговой зоне морей [2, с. 9]. В полной мере этот прогноз касается и Азовского моря — самого маленького по площади из всех морей, омывающих Россию, в пределах береговой зоны которого отмечаются активное проявление абразионных и оползневых процессов, размывы аккумулятивных тел, затопление прибрежных территорий при нагонном повышении уровня морских вод и пр. [6, с. 483]. Наибольшее влияние на разрушение берегов оказывают при-

родные факторы, наиболее значимыми из которых являются геологические условия, а также динамика вод в береговой зоне [2, с. 11]. При этом воздействие природных факторов усиливается на фоне возрастающего антропогенного воздействия, в том числе такими его проявлениями, как распашка сельскохозяйственных угодий, строительство капитальных сооружений и добыча полезных ископаемых в пределах прибрежных защитных полос [14, с. 95].

Самым крупным заливом Азовского моря является Таганрогский, протянувшийся с северо-востока на юго-запад почти на 140 км. Только в пределах Ростовской области его побережье подвержено воздействию активных абразионных и оползневых процессов на протяжении почти 90 км (без учета береговой зоны г. Таганрога и Миусского лимана) [2, с. 180], из которых 50.9 км приходится на берега, для которых характерна среднемноголетняя скорость абразии, превышающая 1 м/год. Последствия проявления ОБП выражаются в причиняемом материальном ущербе объектам жилищного строительства, хозяйственного назначения, культурного наследия и пр. При этом исследования процессов трансформации берегов, динамики разрушения расположенных на них объектов необходимы для планирования берегоукрепительных и прочих мероприятий, направленных на обеспечение безопасности населения, сохранение материальных, культурных и природных ценностей прибрежных территорий.

Необходимо отметить, что экспедиционное изучение ОБП и последствий их проявления является трудоемким и, в отдельных случаях, рискованным для полевых специалистов процессом. Внедрение новейших технологий и технических средств для сбора визуальных данных о береговых ландшафтах, природных и антропогенных процессах (спутниковые технологии, беспилотные системы, лазерное сканирование и пр.) одновременно расширяет возможности получения новой информации, повышает оперативность работ и, что немаловажно, обеспечивает безопасность труда исследователей. Перспективным для применения в натурных береговых исследованиях является и сферический (панорамный) формат VR 360° (virtual reality 360°), представляющий из себя одно из динамично развивающихся направлений в семействе технологий виртуальной реальности (VR). Его популярность, востребованность в различных хозяйственных отраслях и сферах объясняется высокой степенью визуальной достоверности передаваемых образов, запечатленных, в том числе в динамике, объектов и явлений, наличием эффекта присутствия и пр.

Применительно к рассматриваемой тематике видится актуальной разработка алгоритмов использования VR-технологий для сбора и визуализации сферической, в частности ретроспективной, видеоинформации о последствиях проявления ОБП в пределах береговой зоны поверхностных водных объектов. Таким образом, цель представленного исследования заключается в разработке и опробовании экспериментальным путем технологии ретроспективного сферического (панорамного) видеодокументирования последствий проявления ОБП в пределах отдельно взятых участков побережья Таганрогского залива Азовского моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

К традиционным методам сбора визуальной информации о компонентах окружающей среды можно отнести видеодокументирование, в результате применения которого создаются видеодокументы (видеофонограммы), считающиеся в документоведении и источниковедении разновидностью кинодокументов [3, с. 36].

В процессе проведения полевых работ в береговой зоне морей и рек на протяжении десятилетий активно используется фото- и видеодокументирование в двумерном (2D) формате. Однако, учитывая многозадачность и динамичный темп проведения комплексных экспедиций, масштабность проявления отдельных природных и антропогенных процессов в береговой зоне, неблагоприятные факторы среды и другие трудности, не всегда удается быстро и правильно выбрать подходящий ракурс 2D-съемки, зафиксировать все детали за короткий промежуток времени, отведенный для работы на точках маршрутов. В свете активного внедрения VR-технологий и создания доступных технических средств сферической видеофиксации — компактных цифровых видеокамер, позволяющих снимать иммерсивное видео в формате VR 360°, — появилась возможность расширения линейки методов сбора визуальной информации о берегах. К примеру, метод панорамного видеодокументирования состояния берегов и последствий проявления ОБП, разработанный в 2019 г. и опробованный в экспедициях ЮНЦ РАН по побережью Азовского моря (2019–2023 гг.) [2, с. 84; 13, с. 166; 14, с. 95], предполагает проведение репортажной видеосъемки в формате VR 360°, позволяющей захватывать объективами VR-видеокамер с функцией 360-градусного обзора все видимые элементы береговых ландшафтов. При необходимости из сферического видео можно извлекать 2D-фотоизображения интересующих локаций (скрин-кадры приемлемого качества). Таким образом, даже начинающий оператор получает возможность со всех ракурсов, в движении, легко и быстро документировать последствия проявления ОБП, одновременно фиксируя отдельные условия и процессы, влияющие на интенсивность разрушения берегов (направленность морских волн, проявления антропогенного воздействия, активность представителей животного мира в прибрежной полосе и др.).

В процессе изучения берегов Азовского моря на станциях наблюдения за абразией, а также на отдельных точках в пределах аккумулятивных форм рельефа, в период с 2018 по 2021 г. была впервые осуществлена видеофиксация последствий проявления ОБП с применением метода панорамного видеодокументирования [2, с. 84]. Работы были продолжены в 2022–2023 гг. в рамках экспедиционных исследований, проведенных в том числе при поддержке РГО на отдельных участках побережья Таганрогского залива, а также в дельтовой части р. Дон [7, с. 48]. Их пятилетним итогом, среди прочего, стала реализация в 2023 г. научно-просветительского мультимедийного проекта “Виртуальные видеоатласы Азовского моря: дорогами береговых экспедиций” [12], [13, с. 167], а также разработка серии сферических видеоэкскурсий [11].

Необходимо отметить, что сферическая видеосъемка эффективно используется не только в береговых исследованиях. С момента своего возникновения непривычный для многих формат VR 360° стал активно внедряться в мировую киноиндустрию [17, с. 184], области культуры и искусства [18, с. 567] и др. Обрел он свое признание и в России, будучи успешно используемым как в перечисленных выше сферах, так и в образовании, познавательном туризме [9, 10], практике криминалистики [4, с. 60], в области популяризации науки [8, 12], военной журналистике и пр.

Принимая во внимание различные, в том числе современные, сущностные трактовки понятия “технология”, изложенные в работе З.А. Литовой [5, с. 166], применительно к цели исследования более всего подходит производственное определение технологии как системы способов и средств, использование которых ведет к заданным результатам, гарантирует их количество и качество. Представленная техно-

логия ретроспективного сферического видеодокументирования должна стать простым и относительно безопасным инструментом для сбора визуальных данных о последствиях проявления ОБП. В общем виде она базируется на применении метода панорамного видеодокументирования берегов [7, с. 48; 13, с. 166], а также ретроспективном подходе к его использованию, предполагающем съемку в формате VR 360° через определенные интервалы времени одних и тех же локаций побережья, подверженных активному воздействию ОБП. Результатом опробования технологии является подготовка панорамных видеоретроспектив, визуально иллюстрирующих трансформацию берегов и состояние расположенных на них объектов. При проведении съемочных работ на побережье Азовского моря использовались коммерческие модели компактных цифровых панорамных экшен-камер. Съемки производились статичным и динамическим способами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Реализация технологии ретроспективного сферического видеодокументирования последствий проявления ОБП включает три последовательных этапа: подготовительный (полевой рекогносцировочный), полевой (съемочный) и камеральный. В рамках первого этапа проводится визуальное натурное обследование предполагаемых участков проведения съемок, в ходе которого изучаются ограничивающие работы факторы, выбираются оптимальные способы съемки, оформляются все необходимые разрешительные документы и пр. В определенных случаях первый этап может быть совмещен со вторым, к примеру, если видеодокументирование берегов предполагается осуществлять на дальних и ограниченных по времени экспедиционных маршрутах.

Второй этап реализации технологии включает ряд шагов по проведению полевых съемочных работ. Так, в процессе видеодокументирования фиксируются географические координаты начальных и конечных точек линейных отрезков берегов, в пределах которых планируется собрать визуальные данные динамическим способом, или отдельных точечных локаций. Качественная привязка к местности позволит по прошествии времени с точностью осуществить повторную видеофиксацию выбранного участка берега, который, в свою очередь, может быть изменен до неузнаваемости воздействием береговых процессов.

Съемочные работы производятся статичным или динамическим способами (в пешем ходу, с авто-, мото- или велотранспорта, маломерных судов, а также с беспилотных аппаратов). К примеру, в августе 2021 г. была осуществлена панорамная видеофиксация последствий проявления ОБП на точке в пределах восточного коренного берега песчано-ракушечной косы Азовского моря — Долгой (рис. 1).

Наиболее оптимальной на данной локации представлялась съемка в пешем ходу со стороны моря, от которой пришлось отказаться из соображений безопасности. Поэтому сбор видеоинформации был произведен альтернативными способами: статичным с берега (рис. 1а, б) при помощи компактной цифровой VR 360°-видеокамеры Insta360 One X, закрепленной на моноштативе, и динамическим (рис. 1в) — с помощью надводного беспилотника “Водомерка”, оснащенного аналогичным съемочным оборудованием. В результате удалось зафиксировать со всех ракурсов не только последствия абразионного разрушения берега, но и ряд

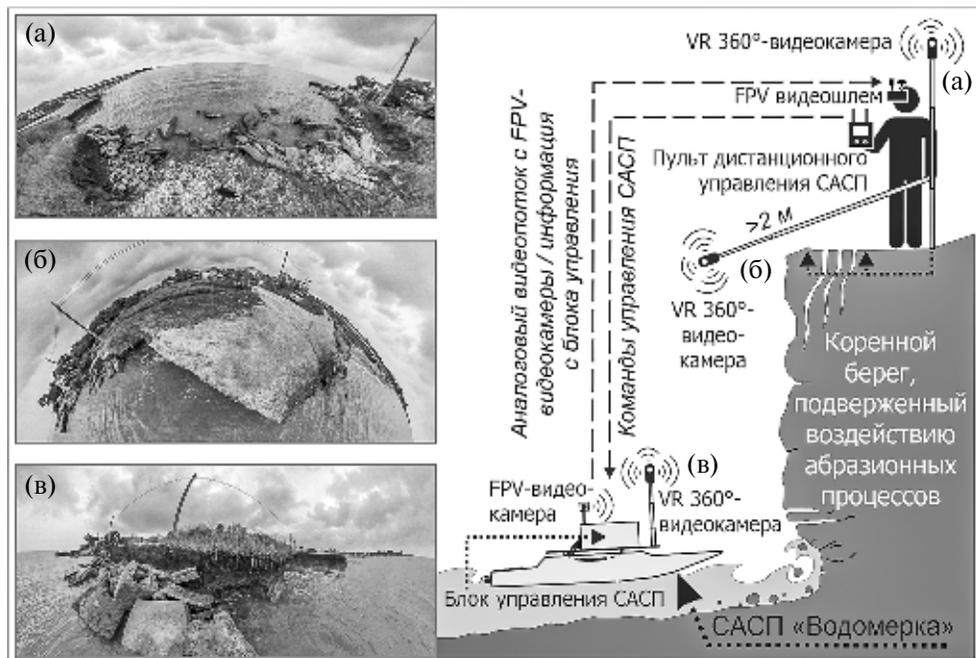


Рис. 1. Пример различных способов панорамного видеодокументирования последствий абразии на участке восточного коренного берега косы Долгой и результаты съемки в виде скрин-кадров: (а), (б) — съемки в статичном режиме с моноштатива; (в) — съемки в динамическом режиме со сверхмалого автономного самоходного плавсредства (САСП) “Водомерка”.

Fig. 1. Examples of different methods of panoramic video documentation of the consequences of abrasion on the eastern root bank of the Dolgaya Spit and the results of shooting in the form of screen-captures: (a), (b) — shooting in static mode from a mono tripod; (c) — shooting in dynamic mode from the ultra-small autonomous self-propelled watercraft “Vodomerka”.

процессов, влияющих на его интенсивность, вызванных как природными, так и антропогенными факторами.

Съемки рекомендуется производить на максимальных настройках детализации и частоты изображения, а продолжительность отснятых видеофрагментов для удобства обработки желательно ограничивать 3–5 минутами. При видеодокументировании верхних ярусов клифов и находящихся на них объектов удобно использовать телескопические моноштативы длиной не менее двух метров, позволяющие обезопасить от падения с высоты оператора, работающего в близости от кромок береговых уступов (рис. 16).

Третий — заключительный — этап предполагает выполнение работ по конвертации отснятого видеоматериала в формат выбранного медиаконтейнера, его обработку, монтаж и озвучивание, добавление к видеоролику элементов дополнительной визуализированной информации [15, с. 47], метаданных и размещение готового видеофайла панорамной видеоретроспективы в электронном пространстве.

Первым делом отснятое камерами линейки Insta в INSV-формате сферическое видео конвертируется, например, в формат медиаконтейнера MPEG-4, при этом оригинальные видеофайлы сохраняются на полупроводниковых или магнитных носителях для возможности их использования в будущем. С помощью одной

из программ видеомонтажа, к примеру Wondershare Filmora, съемочный материал объединяется в хронологической последовательности по заранее подготовленному сценарию в единый видеоролик (видеоретроспективу), который при необходимости дополняется фрагментами 2D-видео, фотоизображениями, картами, элементами 3D-графики, текстовыми титрами, звуковым сопровождением и пр. В смонтированный VR 360°-видеофайл с помощью программы Spatial Media Metadata Injector записываются метаданные, без которых он не будет корректно воспроизводиться в электронном пространстве. Финишным шагом является размещение панорамной видеоретроспективы на площадках онлайн-сервисов, поддерживающих потоковое воспроизведение сферического видео (к примеру, Rutube или YouTube), тематических интернет-сайтах или в облачных хранилищах и ГИС-приложениях. С примером размещения сферического видео можно ознакомиться на YouTube-странице студии DonCyberGeo ЮНЦ РАН [11].

Экспериментальные работы по применению технологии были произведены в ходе экспедиций ЮНЦ РАН по береговой зоне Азовского моря и дельте р. Дон (2018–2023) [2, с. 84; 7, с. 48; 14, с. 95]. Для локаций № 1–7 (рис. 2а), расположенных на участках берегов Таганрогского залива (со среднемноголетней скоростью абразии более 1 м/год) в пределах Ростовской области, и № 8–10 (рис. 2б), находящихся в Краснодарской части его побережья, разработаны разновременные — как двух-трехлетние, так и с более коротким интервалом съемки, панорамные видеоретроспективы, иллюстрирующие трансформацию берегов и состояние расположенных на них объектов. Еще две видеоретроспективы, отражающие последствия речных эрозионных процессов, были смонтированы для локаций № 11–12 (рис. 2в), расположенных в Донской дельте. С использованием собранных в 2020–2022 гг. визуальных данных о береговых ландшафтах [7, с. 49] создана видеоретроспектива двухкилометрового участка линейного водоема в дельте р. Дон — гирла Свиное (рис. 2в), позволившая зафиксировать особенности трансформации береговых ландшафтов за трехлетний период.

На скрин-кадрах панорамной видеоретроспективы (рис. 3) представлена информация о трансформации берегового обрыва в с. Петрушино Ростовской области (локация № 4 на рис. 2), а также состоянии объектов рекреационной инфраструктуры на прилегающих к нему участках. Съемки были выполнены у подножия берегового уступа (клифа) с декабря 2022 по декабрь 2023 г. Сравнение первого (рис. 3а) и второго снимков (рис. 3б) показывает, что задернованный, поросший деревьями склон, как и прилегающая к нему терраса, сохраняли свою целостность, несмотря на регулярное воздействие волн и ледовых образований. Также удалось зафиксировать детали, казавшиеся во время полевой фотофиксации в ноябре 2023 г. несущественными, в частности, факт размещения на прилегающих к склону участках беседок. Последующими съемками (06.12.2023), проведенными на данной точке после сильного штормового нагона, случившегося 26–27.11.2023, выявлены как факты разрушения самого клифа с образованием волноприбойных ниш и полного размыва прилегающей к нему террасы, так и свидетельства уничтожения расположенных западнее беседок (рис. 3в).

В мае — июне 2023 г. были произведены работы по сферическому видеодокументированию на протяжении 50,9 км всех выявленных специалистами ЮНЦ РАН участков побережья Таганрогского залива в пределах Ростовской области (за исключением берегов г. Таганрога и Миусского лимана), для которых характерна среднемноголетняя скорость абразии более 1 м/год, с созданием непрерывных динамических VR 360°-видеообразов береговых клифов (от начальной до конечной точки

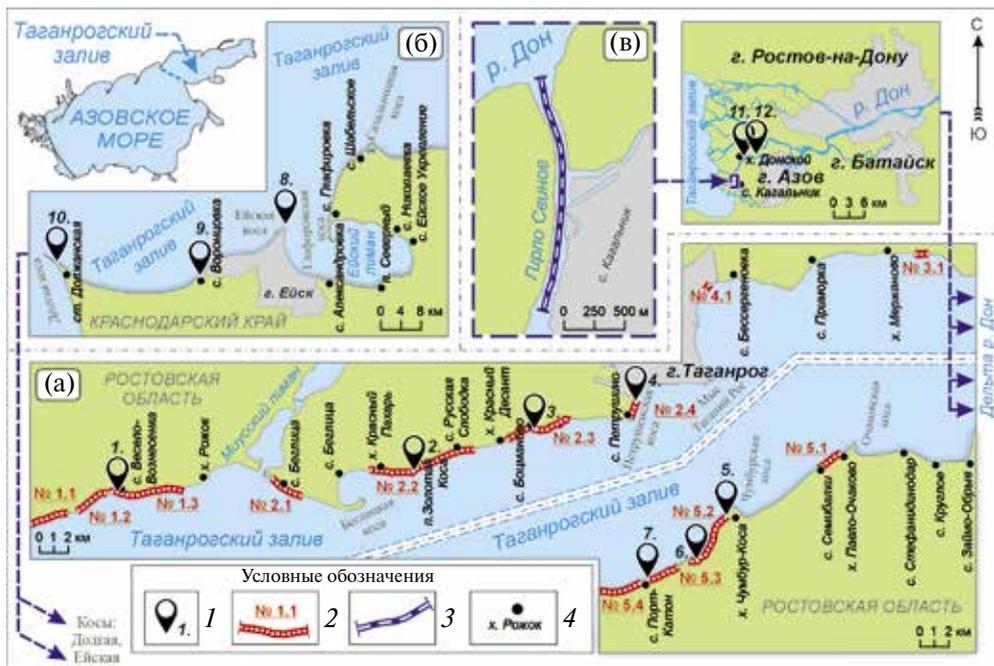


Рис. 2. Схема расположения отдельных локаций и участков побережья, для которых были разработаны разновременные панорамные видеоретроспективы и непрерывные динамические VR 360°-видеообразы, иллюстрирующие последствия проявления ОБП: (а) — береговая зона Таганрогского залива в пределах Ростовской области; (б) — береговая зона Таганрогского залива в пределах Краснодарского края; (в) — дельта р. Дон. 1 — локации береговой зоны Таганрогского залива и дельты р. Дон, для которых были разработаны панорамные видеоретроспективы; 2 — участки береговой зоны Таганрогского залива со среднегоголетней скоростью абразии более 1 м/год; 3 — участок гирла Свиного; 4 — сельские населенные пункты.

Fig. 2. Layout of individual locations and coastal areas for which multi-temporal panoramic video retrospectives and continuous dynamic VR 360° video images were developed, illustrating the consequences of hazardous coastal processes: (a) — coastal zone of the Taganrog Bay within the Rostov Region; (b) — coastal zone of the Taganrog Bay within the Krasnodar Region; (c) — Don River delta. 1 — locations of the coastal zone of the Taganrog Bay and the Don River delta, to which panoramic video retrospectives were developed; 2 — areas of the coastal zone of Taganrog Bay with an average annual abrasion rate of more than 1 m/year; 3 — section of the Svinoye girlo; 4 — rural settlements.

каждого участка) (рис. 2а). Серия панорамных видеоретроспективов, которые планируется создать после повторного проведения съемок на данных участках побережья, позволит проанализировать информацию о видимых последствиях проявления абразионных и оползневых процессов.

В процессе рекогносцирования Таганрогского залива в 2023 г. метод панорамного видеодокументирования также применялся для сбора визуальных данных о состоянии отдельных типов конструкций берегоукрепительных сооружений. С помощью закрепленной на моноштативе экшен-камеры Insta360 One X3, передающей потоковое цифровое сферическое видеоизображение в режиме реального времени через Wi-Fi соединение, удалось обследовать и видеодокументировать образовавшиеся полости в сооружениях (откосах) из железобетонных плит и блоков, защищающих морские берега в г. Таганроге и с. Петрушино Ростовской области (рис. 4).



Рис. 3. Скрин-кадры панорамной видеоретроспективы, иллюстрирующей годовую динамику абразионного разрушения участка берега в с. Петрушино: (а, б) — 24.12.2022 и 02.06.2023 — обрыв задернован, берег не подвержен активной абразии, присутствие террасы у подножия клифа; (в) — 06.12.2023 — значительное разрушение берега с образованием волноприбойных ниш, терраса у подножия клифа полностью смыта штормовым нагоном вод 26–27.11.2023, также разрушена большая часть пляжных беседок.

Fig. 3. Screenshots from a panoramic video retrospective illustrating the annual dynamics of abrasion destruction of a section of the coast in the Petrushino village: (a, b) — 12/24/2022 and 06/02/2023 — the cliff is turfed, the coast is not subject to active abrasion, the terrace is present at the foot of the cliff; (c) — 12/06/2023 — significant destruction of the coast with the formation of wave-breaking niches, the terrace at the foot of the cliff was completely washed away by the storm surge of water on 11/26–27/2023, most of the beach pavilions were also destroyed.

Необходимо отметить, что некоторые из полученных сферических видеодокументов имели ряд недостатков. От появления первой в истории кинематографической системы, позволяющей снимать 360-градусные фильмы [1, с. 21], до выхода в 2016 г. на рынок высоких технологий [4, с. 60] массовых, удобных для использования в условиях полевых работ цифровых панорамных видеокамер прошло больше века. При опробовании технологии ретроспективного сферического видеодокументирования авторами использовались модели современных (2016–2022 гг. выпуска), относящихся к сегменту любительских экшен-камер. На кадрах видеодокументов, отсня-

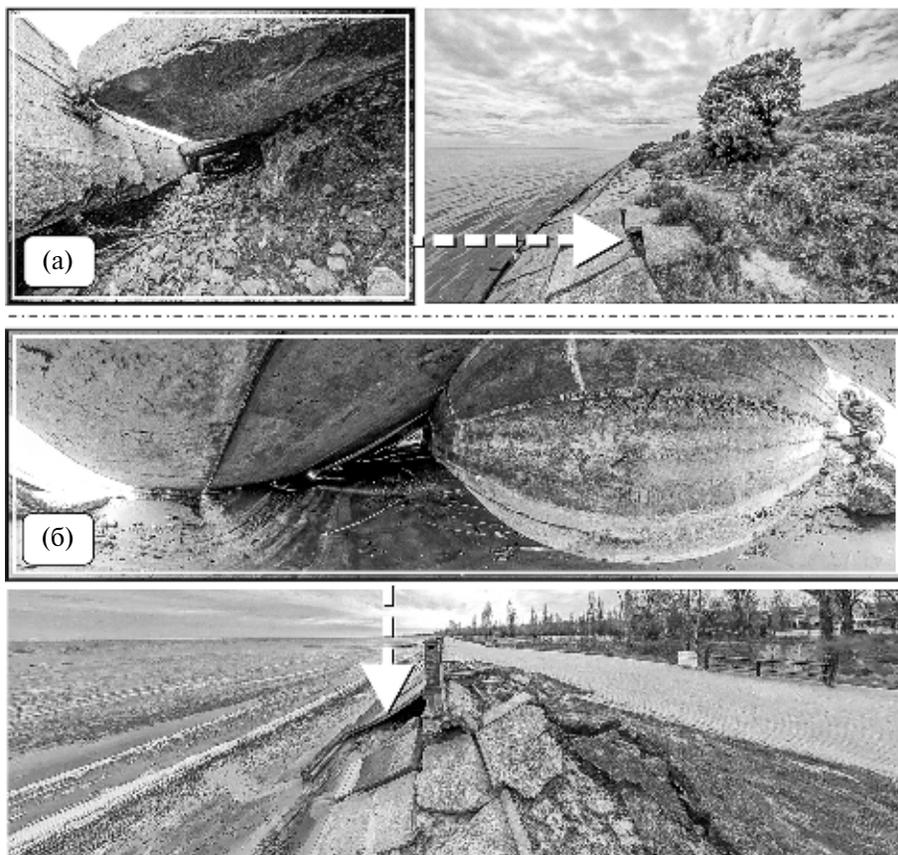


Рис. 4. Скрин-кадры сферического видео, на которых отражены последствия разрушения морем конструкций берегоукрепительных сооружений: (а) — внутренние полости, образовавшиеся в откосе из железобетонных плит в с. Петрушино (02.06.2023); (б) — внутренние полости, образовавшиеся в откосе из железобетонных плит на набережной в г. Таганроге (06.12.2023).

Fig. 4. Screenshots of a spherical video shows the consequences of the sea destruction of bank protection structures: (a) — internal cavities formed in a slope of reinforced concrete slabs in the Petrushino village (06/02/2023); (b) — internal cavities formed in a slope made of reinforced concrete slabs on the embankment in Taganrog (12/06/2023).

тых в 2018–2022 гг. с их помощью, в отдельных случаях был отмечен ряд недостатков: цифровой шум на видеоизображениях, полученных в условиях недостаточной освещенности; искажение изображений по периметру угла обзора объективов; присутствие “стыков” на сшиваемых процессором камер видеоизображениях. Некоторые из перечисленных дефектов можно заметить и на кадрах первой, созданной в 2021 г. видеоретроспективы (рис. 5). Данный видеоролик демонстрирует в хронологической последовательности морфологические изменения за четырехлетний период крайней точки дистальной оконечности косы Долгой (локация № 10 на рис. 2).

С учетом того, что информативность сферического видео напрямую зависит от его четкости и детализации, что, в свою очередь, обеспечивается настройками разрешения камеры (рекомендуется не менее 4096×2048 пикселей), возникают сложности с потоковой передачей и хранением видеофайлов, обладающих большим размером. В настоящее время над данной проблемой активно работают, в частности,



Рис. 5. Пример панорамной видеоретроспективы, иллюстрирующей морфологические изменения оконечности косы Долгой в период с 2018 по 2021 г. (со сферическим видеороликом можно ознакомиться, отсканировав QR-код).

Fig. 5. Example of panoramic video retrospective illustrating morphological changes at the tip of the Dolgaya Spit in the period from 2018 to 2021 (you can view the spherical video by scanning the QR code).

ирландские специалисты [16, с. 29379], изучающие вопросы применения различных приемов, в том числе цифрового кодирования, для сжатия иммерсивного видео с сохранением его качества.

Несмотря на относительную новизну формата VR 360° и имеющиеся у сферического видео недостатки, создаваемые с его помощью видеоретроспективы могут стать полезным источником одновременных визуальных данных о последствиях трансформации берегов, дополняющих материалы, полученные с помощью фото- и видеофиксации в двумерном формате. Экспериментальным путем отмечено, что в условиях введения временных ограничений на гражданское использование беспилотных летательных аппаратов панорамное видеодокументирование верхних ярусов береговых клифов и расположенных на них сооружений является достаточно информативным способом сбора визуальной информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования была разработана и опробована экспериментальным путем технология ретроспективного сферического видеодокументирования, представляющая собой простой, оперативный и безопасный для работы в близости от кромок береговых уступов способ сбора визуальных данных о последствиях проявления ОБП: поверхностных особенностях трансформации береговых ландшафтов, текущем состоянии объектов жилищного строительства, хозяйственного назначения, культурного наследия, берегоукрепительных сооружений и пр.

Опробование технологии было произведено в период с 2019 по 2023 г. на 13 локациях (точках и отрезках) береговой зоны Таганрогского залива и дельты р. Дон в ходе экспедиций ЮНЦ РАН. По итогам экспериментальных работ разработана серия из 13 панорамных видеоретроспектив, иллюстрирующих последствия интенсивного проявления морских абразионных, оползневых, а также речных эрозионных процессов.

Видеодокументирование в формате VR 360° в совокупности с применением ретроспективного подхода к проведению съемочных работ позволяет расширить возможности получения визуальной информации о последствиях ОБП традиционными способами. На кадрах сферических видеодокументов фиксируются в движении и одновременно со всех ракурсов отдельные условия и процессы, влияющие на интенсивность проявления, к примеру, абразионных процессов. При этом через знакомство с визуальными образами берегов, собранных в разновременные видеоретроспективы, можно отметить неприметные на первый взгляд детали, помогающие выявить предпосылки и факторы, влияющие на активизацию отдельных типов склоновых процессов. Панорамное видеодокументирование также позволяет получать визуальные данные о состоянии верхних ярусов береговых клифов и расположенных на них объектов, что имеет актуальность на фоне временного запрета на гражданское использование в регионах Приазовья и Нижнего Дона беспилотных летательных аппаратов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке ВОО “Русское географическое общество” (проекты: № 07/2020-И, № 40/2022-И, № 04/2024-И “География малых рек и лиманов Приазовья:...”), а также в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН, № государственной регистрации 125011700416-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беленький И. В.* Лекции по всеобщей истории кино: Годы беззвучия: Кн. 1, 2: Учеб. пособие. М.: ГИТР, 2008. 416 с.
2. *Бердников С. В., Беспалова Л. А., Хаванский А. Д., Хорошев О. А., Магаева А. А., Мисиров С. А., Меринова Ю. Ю., Кулыгин В. В., Цыганкова А. Е., Иошпа А. Р., Сорокина В. В., Лихтанская Н. В., Булышева Н. И., Шохин И. В., Савикин А. И., Оганесян А. А., Смирнова Е. А.* Опасные абразионные и оползневые процессы в береговой зоне Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. 288 с.
3. *Еременко В. Т., Усачева О. И.* Документоведение: учебное пособие для высшего профессионального образования. Орел: Госуниверситет — УНПК, 2015. 254 с.
4. *Еремченко В. И.* Сферическая видеофиксация как перспективное направление развития криминалистической видеозаписи // Общество и право. 2020. Т. 73, вып. 3. С. 59–63.
5. *Литова З. А.* Сущность понятия “Технология” на современном этапе. Ученые записки // Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2019. Т. 50, вып. 2. С. 164–172.
6. *Матишов Г. Г., Беспалова Л. А., Ивлиева О. В., Цыганкова А. Е., Кропянко Л. В.* Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады академии наук. М.: Изд-во “Российская академия наук”. 2016. Т. 471, вып. 4. С. 483–486. <https://doi.org/10.7868/S086956521634020X>
7. *Матишов Г. Г., Хорошев О. А., Сушко К. С., Степаньян О. В., Малик Ю. В.* Нижний Дон: уникальная речная артерия и ее экологические проблемы // Природа. 2023. Т. 1291, вып. 3. С. 36–50. <https://doi.org/10.7868/S0032874X23030043>
8. Наука в формате 360° // Мультимедийный проект Российского научного фонда: [сайт]. URL: <https://360.rscf.ru/#projects> (дата обращения: 20.01.2024).
9. Образовательные экскурсии VR 360: канал YouTube. [2018]. URL: <https://www.youtube.com/c/Путешествия360/videos> (дата обращения: 20.01.2024)

10. Русское географическое общество: [сайт]. URL: <https://rgo.ru/activity/360-vr/> (дата обращения: 20.01.2024).
11. Студия DonCyberGeo Южного научного центра РАН: канал YouTube. [2018]. URL: <https://www.youtube.com/@dncybergegeo4840/videos> (дата обращения: 05.12.2023).
12. Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук: [сайт]. URL: https://www.ssc-ras.ru/virtualnye_vr_360_videoatlas/?search_keywords=видео (дата обращения: 05.12.2023).
13. *Хорошев О. А.* Об экспериментальном научно-просветительском проекте ЮНЦ РАН “Виртуальные (VR 360°) видеoaтласы Азовского моря: дорогами береговых экспедиций” // Материалы IV Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д. Г. Матишова “Развитие водных транспортных магистралей в условиях глобального изменения климата на территории Российской Федерации (Евразии)”, г. Ростов-на-Дону, 5–9 сентября 2022 г. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. С. 166–170.
14. *Хорошев О. А., Сушко К. С., Мисиров С. А.* Результаты выявления участков с проявлением нерационального природопользования в береговой зоне Азовского моря // Наука Юга России. 2021. Т. 17, вып. 3. С. 94–96.
<https://doi.org/10.7868/S25000640210311>
15. *Шабалин В. В.* Конструкт сферической визуализации пространства события. Развитие технологий создания современного телевизионного материала // Наука телевидения. 2019. Т. 15, вып. 3. С. 35–54.
<https://doi.org/10.30628/1994-9529-2019-15.3-35-54>.
16. *Abid Y., Togou M. A., and Muntean G.-M.* Dynamic viewport selection-based prioritized bitrate adaptation for tile-based 360° video streaming // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 29377–29392.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3157339>
17. *Godde M., Gabler F., Siegmund D., Braun A.* Cinematic Narration in VR—Rethinking Film Conventions for 360 Degrees // VAMR. 2018. Vol. 10910. P. 184–201.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-91584-5_15
18. *Hakulinen J., Keskinen T., Mäkelä V., Saarinen S., and Turunen M.* Omnidirectional video in museums — authentic, immersive and entertaining // ACE. 2017. Vol. 10714. P. 567–587.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-76270-8_39

Application of Retrospective Spherical Video Documentation Technology to Collect Visual Data on the Consequences of Hazardous Coastal Processes (Based on the Example of the Taganrog Bay of the Sea of Azov)

O. A. Khoroshev^{1,*}, A. A. Khorosheva^{1,}**

¹*Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,*

Rostov-on-Don, Russia

**E-mail: ourregion@mail.ru*

***E-mail: a.khorosheva@gmail.com*

Abstract — The introduction of modern technologies contributes to the emergence of new ways to obtain visual data on the features of the transformation of sea and river banks, as well as objects of natural and anthropogenic origin located on them. The article shows the results of the development and subsequent application of technology for retrospective spherical video documentation of the consequences of hazardous coastal processes in some areas of the Sea of Azov coast. The technology is based on the use of a retrospective approach to conducting filming work in 360-degree format — panoramic video

recording at certain intervals of time of the same coastal locations. The technology was tested on 13 points and sections of the coastal zone of the Taganrog Bay and the Don river delta during expeditions of the SSC of the RAS in the period from 2019 to 2023. Based on the results of experimental work 13 panoramic video retrospectives were created that show in detail the consequences of intensive manifestations of marine abrasion, landslide and river erosion processes in a period of time from several months to three years.

Keywords: hazardous coastal processes, Taganrog Bay of the Sea of Azov, Don River delta, visual data, immersive video, spherical video documentation, panoramic video retrospective

REFERENCES

1. *Belen'kij I. V.* Lekcii po vseobshhej istorii kino: Gody' bezzvuchiya: Kn. 1, Kn. 2: Ucheb. posobie. M.: GITR, 2008. 416 s.
2. *Berdnikov S. V., Bepalova L. A., Xavanskij A. D., Xoroshev O. A., Magaeva A. A., Misirov S. A., Merinova Yu. Yu., Kulygin V. V., Cygankova A. E., Ioshpa A. R., Sorokina V. V., Lixtanskaya N. V., Bulysheva N. I., Shoxin I. V., Savikin A. I., Oganessian A. A., Smirnova E. A.* Opasnye abraziionnye i opolznevyje processy v beregovoj zone Azovskogo morya i social'no-ekonomicheskie posledstviya ix proyavlenij. Rostov n/D: Izd-vo YuNCz RAN, 2022. 288 s.
3. *Eremenko V. T., Usacheva O. I.* Dokumentovedenie: uchebnoe posobie dlya vysshego professional'nogo obrazovaniya. Orel: Gosuniversitet — UNPK, 2015. 254 s.
4. *Eremchenko V. I.* Sfericheskaya videofiksaciya kak perspektivnoe napravlenie razvitiya kriminalisticheskoy videozapisi // *Obshhestvo Iroblo*. 2020. T. 73, vyp. 3. S. 59–63.
5. *Litova Z. A.* Sushhnost' ponyatiya "Texnologiya" na sovremennom etape. Uchenye zapiski // *Elektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2019. T.50, vyp. 2. S. 164–172.
6. *Matishov G. G., Bepalova L. A., Ivlieva O. V., Cygankova A. E., Kropyanko L. V.* Azovskoe more: sovremennye abraziionnye processy i problemy beregozashhity // *Doklady akademii nauk. M.: Izd-vo "Rossijskaya akademiya nauk"*. 2016. T. 471, vyp. 4. S. 483–486. <https://doi.org/10.7868/S086956521634020X>
7. *Matishov G. G., Xoroshev O. A., Sushko K. S., Stepan'yan O. V., Malik Yu. V.* Nizhnij Don: unikal'naya rechnaya arteriya i ee ekologicheskie problemy // *Priroda*. 2023. T. 1291, vyp. 3. S. 36–50. <https://doi.org/10.7868/S0032874X23030043>
8. *Nauka v formate 360°* // Mul'timedijnyj proekt Rossijskogo nauchnogo fonda: [sajt]. URL: <https://360.rscf.ru/#projects> (data obrashheniya: 20.01.2024).
9. *Obrazovatel'nye ekskursii VR 360: kanal YouTube*. [2018]. URL: <https://www.youtube.com/c/Путешествия360/videos> (data obrashheniya: 20.01.2024)
10. *Russkoe geograficheskoe obshhestvo: [sajt]*. URL: <https://rgo.ru/activity/360-vr/> (data obrashheniya: 20.01.2024).
11. *Studiya DonCyberGeo Yuzhnogo nauchnogo centra RAN: kanal YouTube*. [2018]. URL: <https://www.youtube.com/@doncybergeo4840/videos> (data obrashheniya: 05.12.2023).
12. *Federal'nyj issledovatel'skij centr Yuzhnyj nauchnyj centr Rossijskoj akademii nauk: [sajt]*. URL: https://www.ssc-ras.ru/virtualnye_vr_360_videoatlasy/?search_keywords=видео (data obrashheniya: 05.12.2023).
13. *Xoroshev O. A.* Ob eksperimental'nom nauchno-prosvetitel'skom proekte YuNCz RAN "Virtual'nye (VR 360°) videoatlasy Azovskogo morya: dorogami beregovyx ekspeditsij" // *Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii pamyati chlena-korrespondenta RAN D. G. Matishova "Razvitie vodnyx transportnyx magistralj v usloviyax global'nogo izmeneniya klimata na territo-*

rii Rossijskoj Federacii (Evrazii)”, g. Rostov-na-Donu, 5–9 sentyabrya 2022 g. Rostov n/D: Izd-vo YuNCz RAN, 2022. S. 166–170.

14. *Xoroshev O. A., Sushko K. S., Misirov S. A.* Rezul'taty vy'yavleniya uchastkov s proyavleniem neracional'nogo prirodopol'zovaniya v beregovoj zone Azovskogo morya // *Nauka Yuga Rossii*. 2021. T. 17, vyp. 3. S. 94–96.

<https://doi.org/10.7868/S25000640210311>

15. *Shabalin V. V.* Konstrukt sfericheskoj vizualizacii prostranstva sobytiya. Razvitie texnologij sozdaniya sovremennogo televizionnogo materiala // *Nauka televideniya*. 2019. T. 15, vyp. 3. S. 35–54. <https://doi.org/10.30628/1994-9529-2019-15.3-35-54>

16. *Abid Y., Togou M. A., and Muntean G.-M.* Dynamic viewport selection-based prioritized bitrate adaptation for tile-based 360° video streaming // *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 29377–29392. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3157339>

17. *Godde M., Gabler F., Siegmund D., Braun A.* Cinematic Narration in VR—Rethinking Film Conventions for 360 Degrees // *VAMR*. 2018. Vol. 10910. P. 184–201.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-91584-5_15

18. *Hakulinen J., Keskinen T., Mäkelä V., Saarinen S., and Turunen M.* Omnidirectional video in museums — authentic, immersive and entertaining // *ACE*. 2017. Vol. 10714. P. 567–587. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76270-8_39