

Создание цифровых моделей историко-археологических объектов. Актуальность перехода от 3D к 4D моделированию в подводной археологии

Creation of digital models of the historical and archaeological sites. The relevance of the transition from 3D to 4D modeling in underwater archaeology

Башенкова Александра Алексеевна

Bashenkova Aleksandra Alekseevna

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт востоковедения Российской академии наук, младший научный сотрудник

Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences, Junior Research Fellow

alexandra.bashenkova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5294-9814>

В данной статье рассказывается о методах развития и способах фиксации археологических объектов от двухмерных чертежей до создания трехмерных моделей, о пользе применения фотограмметрии при работе с подводными археологическими объектами, а так же рассматривается четвертая единица измерений – время, как ключевой элемент для создания четырехмерных моделей и его актуальность непосредственно при работе с подводными объектами исследований.

Ключевые слова: подводная фотограмметрия, подводная археология, фиксация результатов археологических раскопок, 3D и 4D моделирование

This article describes the methods of development and method of fixation the archaeological objects from two-dimensional drawings to the creation of three-dimensional models, the benefits of using photogrammetry for work with underwater archaeological objects, and also discusses the fourth measurement – time, as a key element for creating four-dimensional models and its relevance directly while working with underwater research objects.

Keywords: underwater photogrammetry, underwater archeology, fixation of the archaeological results, 3D and 4D modelling

Введение

Известно, что одними из основополагающих задач археологии являются сохранение целостности объектов максимально близко к их исходному виду, а также фиксация, накопление и сохранение данных об объекте для последующих исследований и передачи этой информации будущим поколениям. Учитывая, что в процессе раскопок или просто под воздействием времени объекты могут подвергнуться разрушению или вовсе быть утрачены, единственная возможность, позволяющая нам вновь «вернуться» к объекту исследования для работы или

проверки своих выводов – это обращение к полевой документации и ко всем материалам, собранным в процессе раскопок и отображающим результаты исследования.

Методы технологической фиксации в археологии начали свое активное развитие еще с начала изобретения и применения фотографии. Ведь теперь, помимо зарисовок и чертежей, археологи могли дублировать свои собственные наблюдения с помощью фотографий, которые, несомненно, могли более четко передать необходимую информацию.

Ключевым прорывом стало изобретение, цифровой фотографии и использование электронного тахеометра.

Именно цифровая фотография помогла решить ряд проблем традиционной фотографии, связанных с количеством кадров и временем съемки, а также со скоростью получения самих снимков. Продвинулось и развитие программного обеспечения для составления полноценных фотограмметрических изображений.



Рис. 1. Демонстрация цифровой фотофиксации материала в рамках выступления.

Теперь все результаты фиксации, снятые на месте раскопок, могли переводиться в цифровой формат и обрабатываться в компьютерных программах. Но, так или иначе, чертежи оставались плоскостными. Даже с учетом создания чертежей, отображающих сечения объекта или целый разрез, все равно, эти данные дают нам лишь возможность представить сам объект трехмерным, но, все еще, с некоторой неточностью. Так как самой полной информацией будет обладать только тот, кто непосредственно проводит раскопки и занимается фиксацией, и решает, что и на каком этапе будет фиксироваться, с учетом «человеческого фактора», так или иначе часть информации будет утрачена.

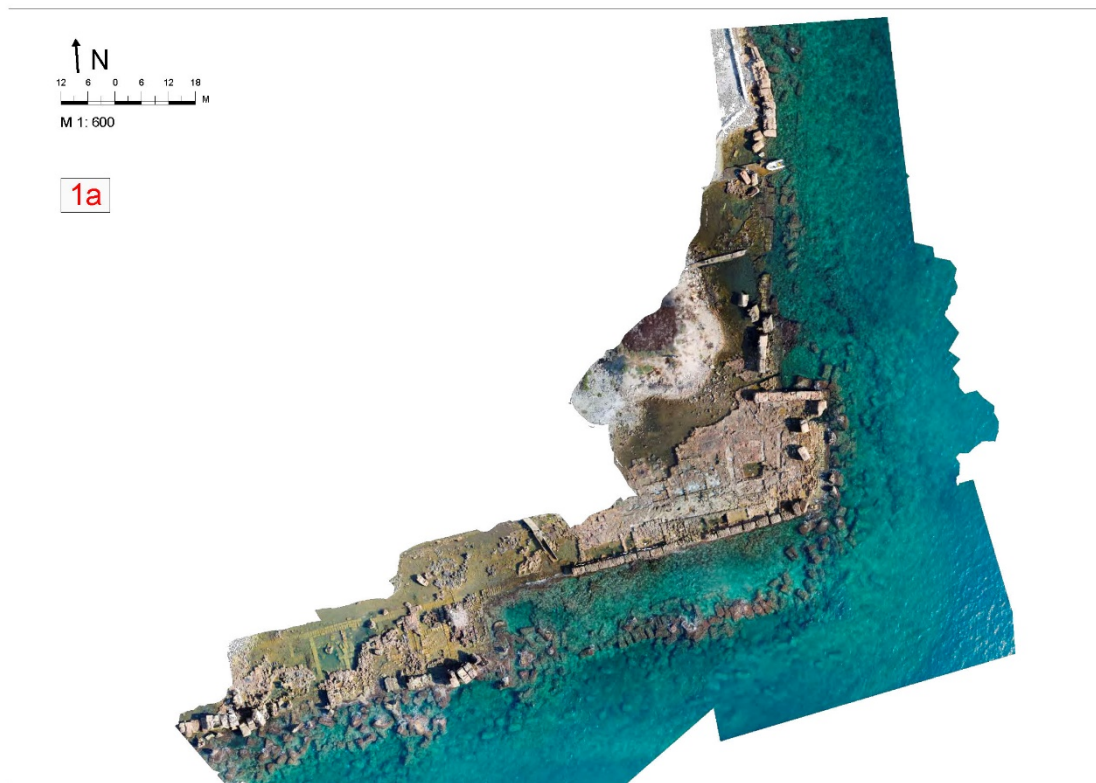


Рис 2. Остров Арвад, юго-восточная часть
(аэрофотосъемка собранная в программе Agisoft PhotoScan) [4]

Все вышесказанное относится так же и к подводной археологии, но для объектов, находящихся под водой, есть свои нюансы, такие как сложные условия съемки, подводные течения, проблемы с освещенностью и видимостью в зависимости от глубины нахождения материала и т.п.

С ними, еще в 1890-х годах, первым столкнулся подводный фотограф Луи Бутан, а, в последствии, в 1960-х годах, и подводный археолог Джордж Брасс [5], который первым провел профессиональные подводные раскопки. Уже тогда, на самых первых этапах развития и применения цифровой фотографии, было предложено инновационное применение фотограмметрии, т.е. определения формы и измерения размеров предметов по их фотографиям [6]. Этот научно-технический способ появился в середине XIX в. вслед за самой фотографией. Использовать фотографии для работы над топографическими картами начал французский геодезист Доминик Ф. Араго в 1840 г.

Понимание всех этих проблем позволило осознать, что с учетом развития технологий появляется и необходимость в создании трехмерных (3D) моделей, к которым можно было бы обращаться повторно.

Среди основных средств по созданию 3D моделей в археологии можно выделить два направления – это лазерное сканирование и фотограмметрия.

Подводная фотограмметрия занимается получением трехмерных изображений собранных из множества двумерных кадров с помощью специального программного обеспечения для воссоздания подводного пейзажа или объекта. 3D-моделирование с помощью фотограмметрии дает возможность оценить реальные размеры и фактуру объекта с большой мерой детализации, но уступает сканированию в точности.

Оба направления позволяют получить отличные результаты, но фотограмметрия все-таки является более доступной, т.к. не требует отдельного специализированного оборудования, а сама технология съемки проще, чем у лазера. При этом, в зависимости от возможности и необходимости, их можно использовать и совместно.

В идеале, вышеупомянутый метод применяют в условиях хорошей видимости и прозрачности воды, что становится уже обычной практикой в подводной археологии.

Конечно, было бы крайне неверно проводить исследования, основываясь на изучении археологических объектов и памятников, расположенных только на мелководье. Но благодаря развитию цифровой техники, оптики и компьютерных программ – все усовершенствования позволили применять те же технологии и на больших глубинах.



а



б

Рис. 3. Фотографии с подводной видеосъемки корабля XIX – начала XX вв. затонувшего в центральной части Северной бухты Севастополя.

Об этом могут свидетельствовать, в том числе, и разработки фотограмметрической съемки местности участка исследования в рамках экспедиции 2015 г. к.и.н. В. В. Лебединского в акватории г. Балаклава на месте кораблекрушения судна XI в. на глубине 85,6 м.

Съемки были ограничены по времени и проводились с нескольких камер в несколько погружений в течение недели. Результаты позволили представить модель и план археологического участка кораблекрушения. Были выделены наиболее значимые квадраты для работы под водой и скорректирован план последующих погружений. Именно подобные съемки и создание фотограмметрического плана прямо в процессе работы экспедиции, буквально после первых нескольких погружений, помогли в реальном времени оптимизировать следующие этапы экспедиции. Обработка выполнялась с использованием программы Agisoft PhotoScan (<https://www.agisoft.com/ru/>)



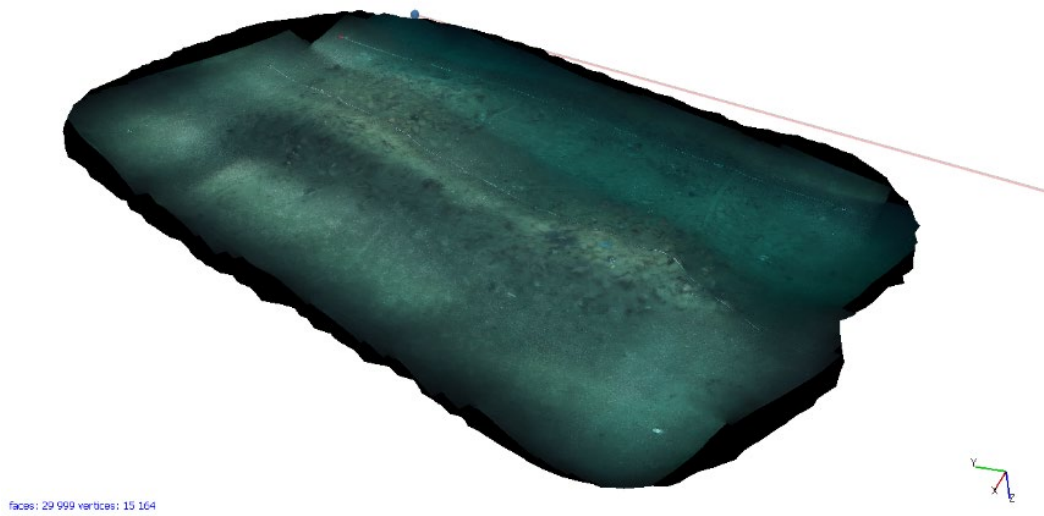
Рис. 4. Фотографии с подводной видеосъемки кораблекрушения XI–XII вв., название Балаклава-II.

Помимо фото и видео съемки, проводимой при погружениях вручную, также применяют и специализированное оборудование для съемки в сложных условиях. Так, например, в сезон 2018г. был использован телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА) «Марлин-350».

Полученные данные, а именно дополнительные 5 часов видеосъемок и серия снимков в следующие экспедиции, помогли дополнить и уточнить существующий фотограмметрический план, созданный в 2015 г. На его основе был создан графический план объекта. Большой объем данных, обновленная модель и сборка, сделанная в Agisoft PhotoScan, позволили сделать графический чертеж [3].

С помощью непрерывной видеосъемки, фиксируется весь процесс погружения и, в частности, маршрут движения на участке исследования. Оператор, ведущий съемку, двигается по определенному маршруту по участку раскопок. Маршрут должен проходить так, чтобы каждая траектория движения перекрывалась с предыдущим направлением. Именно видеосъемка или режим серийной фотосъемки «time laps», позволяет за меньшее количество проходов над объектом получить максимальное перекрытие снимков друг с другом, для успешной постобработки.

Perspective



faces: 29 999 vertices: 15 164

Рис. 5. 3D модель места кораблекрушения X-XI вв. у Балаклавы.
(Автор А. А. Башенкова)

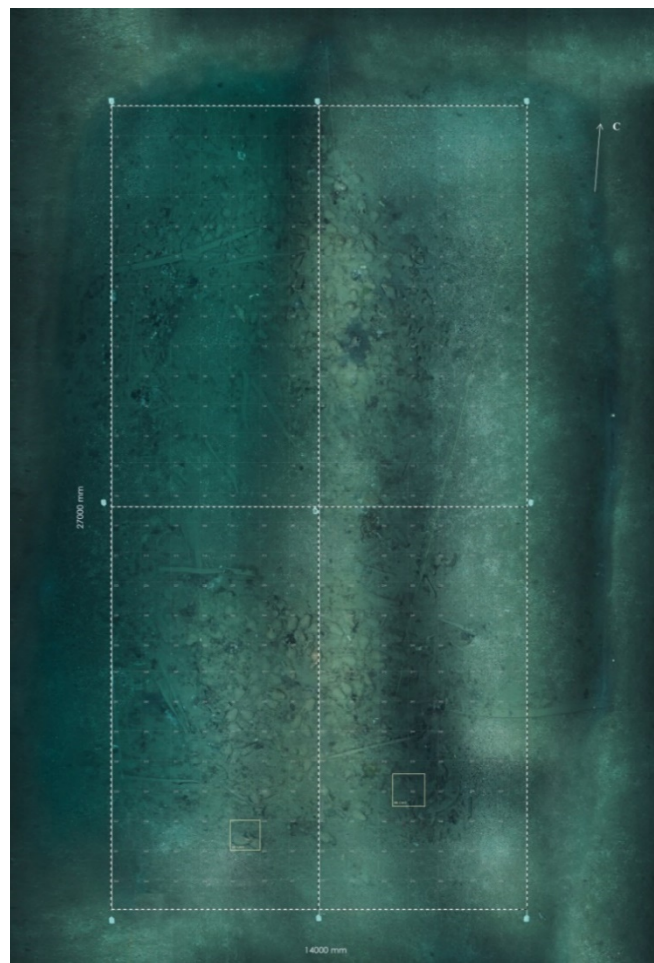


Рис. 6. Общий фотограмметрический план византийского судна X-XI вв.
у Балаклавы большой (Автор А. А. Башенкова).

Траектория маршрута тоже важна, и претерпевала ряд изменений. Так, например, существует традиционная трансектная съемка, когда оператор движется по параллельным линиям взад-вперед. И второй способ – съемка объекта по спирали.

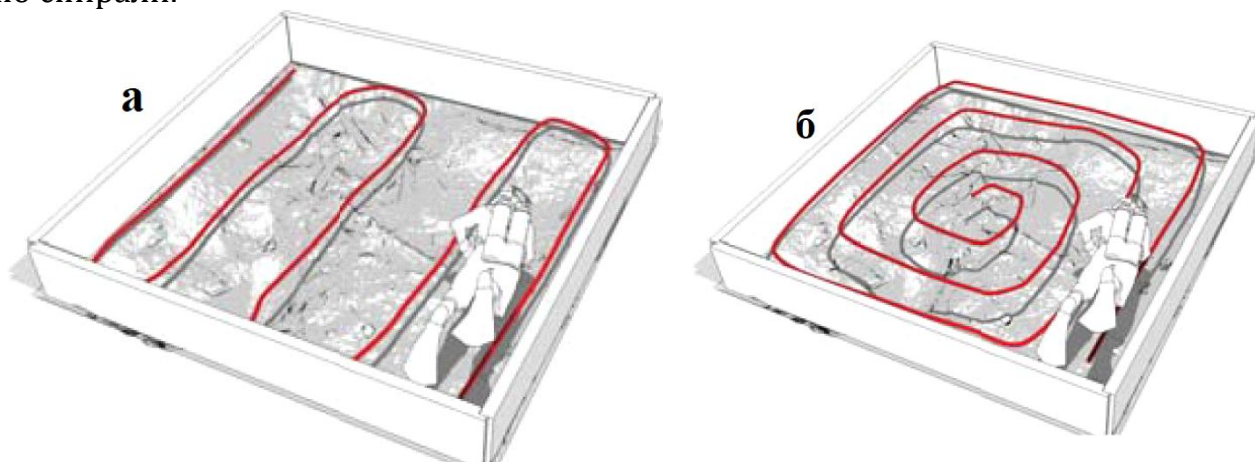


Рис. 7. Траектории перемещения оператора подводной фотосъемки:
а – первоначальная традиционная съемка по трансектам;
б – съемка по спиральной траектории (рис. Родриго Пачеко-Руиса [7])

В статье Родриго Пачеко-Руиса и др. [7], говорится о преимуществах второго метода съемки, как наиболее подходящего для съемки в условиях плохой видимости. В рамках работы экспедиции В.В. Лебединского применялась традиционная съемка по заданным трансектам. Данный способ был выбран по причине большой протяженности участка исследования и вытянутой формы самого объекта. Исходя из своего опыта в работе с этими видеосъемками, могу отметить, что данный метод более удобен при ручной сборке фотограмметрического изображения всего плана участка. Параллельная траектория съемки более удобна для восприятия последовательности маршрута и сопоставления снимков между собой.



Рис. 8. Груз корабля: Амфора типа Gunsenin II: слева – фото, справа – 3D модель амфоры, собранная в программе Agisoft PhotoScan 2015 г.
(Автор 3D модели А. А. Башенкова).

Применение развивающихся технологий при подводной фотосъемке, позволяет с помощью снимков создавать так же и 3D модели отдельных объектов, расположенных на дне. По этим снимкам, можно как воссоздать утраченные части

методом сопоставления, так и получить цифровую модель, которую можно использовать в качестве виртуального музейного объекта, или с помощью 3D печати получить копии объекта в нужном масштабе.

3D моделирование, упомянутое ранее, уже не является чем-то необычным как для профессионалов, так и для рядовых пользователей.

В чем же заключается переход в четвертое измерение применительно к археологии?

Последовательная фотограмметрическая съемка того или иного объекта исследования, с регулярной фиксацией изменений во времени, позволяет понять, как менялся памятник на протяжении времени. И именно время – как четвертая единица измерения – является ключевым в этом переходе.

Время позволяет показать результат раскопок на том или ином этапе, а также на основе выявленных изменений предположить, как памятник или объект выглядел раньше или будет выглядеть в будущем.

В рамках работы на участке раскопа и именно в условиях сложных подводных исследований, фиксация этапов раскопок в пространстве и времени позволяет прямо в реальном времени скорректировать и оптимизировать весь процесс работы.

Подобные результаты впечатляют и дают широкие возможности для исследования такого рода сложных объектов, без непосредственного погружения на раскоп а так же, лишний раз доказывают, что фотограмметрия и 4D моделирование – это основной элемент для съемки подводных объектов и памятников археологии, в том числе при плохих освещении и видимости.

Впоследствии, результаты подобных работ могут быть представлены и широкой публике в виде виртуальных туров. Посетители и зрители подобных экспозиций могут сами приобщиться к процессу исследования, и время здесь уже позволяет не только наблюдать за изменениями в процессе раскопок, но и совершить своеобразное путешествие во времени.

В рамках работы в экспедиции 2016 г. в акватории г. Севастополя была предложена концепция проекта по внедрению цифровых демонстраций в туристические точки и места притяжений. Концепт заключался в онлайн видеотрансляции корабля, расположенного в центре главной бухты г. Севастополя, на экраны с тематической информацией и детализированными 3D моделями.

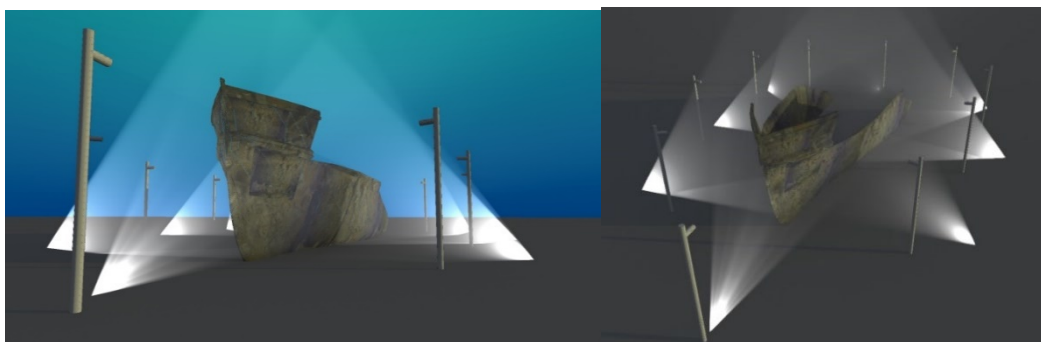


Рис. 9. Схематичная модель корабля XIX – начала XX вв. затонувшего в центральной части Северной бухты Севастополя: слева – вид 3/4, справа – вид сверху (рис. А. А. Башенковой.)



Рис. 10. Концепт установки интерактивного стенда в центре города Севастополь (фотоколлаж А. А. Башенковой)

Примером такого виртуального тура на затонувший корабль, может быть проект под руководством В.В. Лебединского совместно с Севастопольским отделением РГО, разработанный в 2021г.

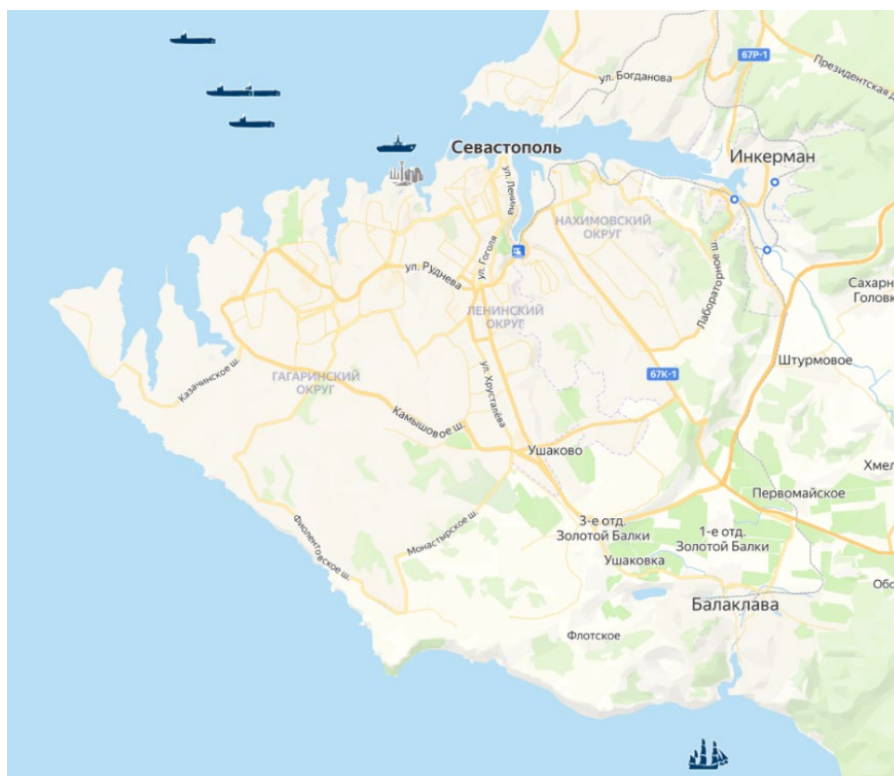


Рис. 11. Интерактивная карта затопленных подводных лодок. (Скриншот с сайта <https://podkarta.rgo.ru/>)

Так, по результатам нескольких экспедиций было принято решение о создании сайта с интерактивной картой по затонувшим судам в районах проведения экспедиций. [8] На данный момент это внешний рейд Севастопольской бухты, а также несколько объектов близ акватории г. Анапа и Новороссийск. Были подготовлены 3D модели отдельно по каждому кораблю. Таким образом, перемещаясь по карте с отметками кораблекрушений, посетители сайта могут посмотреть как всю модель целиком, так и отдельно видеосъемки с погружения на ту или иную часть объекта.

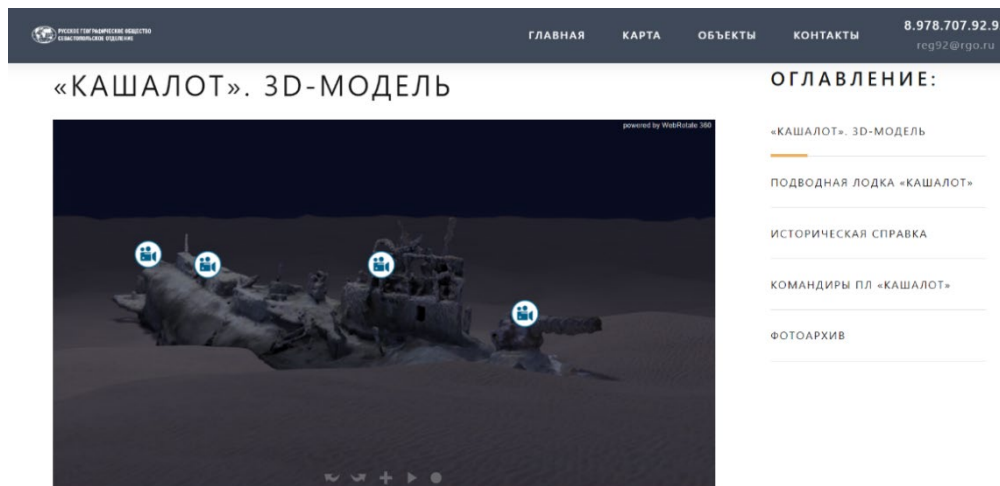


Рис. 12. 3D модель. Подводная лодка «КАШАЛОТ» (Скриншот сайта) [8].

С развитием технологий виртуальной реальности (VR), можно восстанавливать археологические памятники с учетом того, как они могли бы выглядеть десятки и сотни лет назад. Теперь можно не ограничиваться просмотрами и экскурсиями на сайтах или экранах в музее. Подобные же туры, вполне могут быть представлены в виде туров виртуальной реальности, с помощью VR. При помощи специального оборудования зрители смогут от первого лица наблюдать труднодоступные объекты в соответствующей среде, эпохе или локации.

Так же отдельные модели могут демонстрироваться с помощью мобильных телефонов, за счет наведения камеры на тот или иной объект экспозиции, будь то плоскостное изображение в книгах или часть музейной экспозиции. На экране поверх реального изображения может накладываться виртуальная модель реконструкции в зависимости от цели и направления тура или экскурсии.

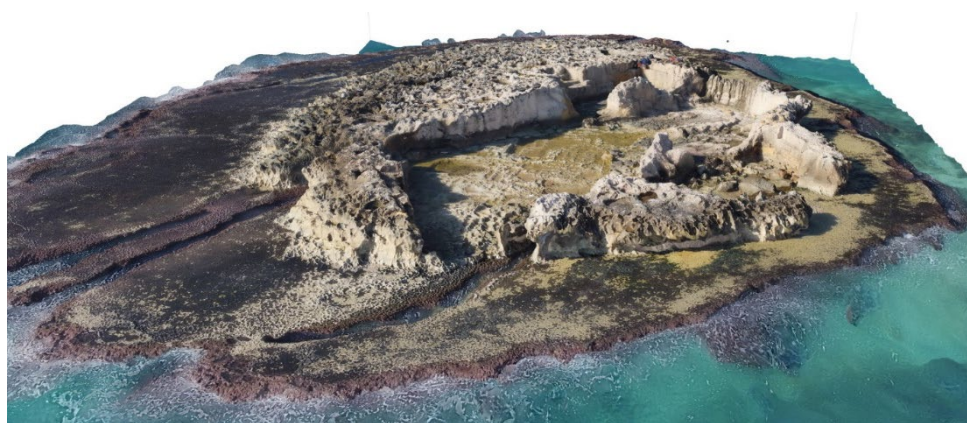


Рис. 13. Остров Эль Фанар (3D модель, собранная в программе Agisoft PhotoScan).[4]

Таким образом, 3D моделирование стало отправной точкой для реконструкции археологических памятников не только в смысле их целостности, но и во временном контексте. Как выглядел и менялся тот или иной археологический объект? Фиксация в виде 3D моделей и создание их цифровых копий в разные промежутки времени – т.е. то самое 4D-моделирование – позволяет так же сохранить

культурное наследие каждого памятника, и в любой момент времени вновь обратиться к этим данным в поиске аутентичности объектов, представляющих археологическую, историческую и культурную ценность.

Библиография

1. Лебединский В.В., Татарков Д.Б., Двухшерстнов В.И., Марван Хассан, Алаа Хаммуд. Подводные археологические исследования совместной сирийско-российской археологической экспедиции в акватории г. Тартус и острова Арвад Сирийской Арабской Республики в 2019 году / Отв. ред. Пронина Ю. А. Пер. на англ. яз.: Лезя Н. А., пер. на араб. яз.: Алаа Хаммуд. — М.: ФГБУН ИВ РАН, 2020. — 200 с.: ил.
2. Лебединский В. В., Татарков Д. Б., Пронина Ю. А. Подводно-археологические исследования у побережья Сирийской Арабской республики: история и современные изыскания. // Восток. Афро-Азиатские общества: история и современность. 2020. № 5. С. 68-81.
3. Лебединский В. В., Татарков Д. Б., Двухшорстнов В. И. Методические рекомендации по использованию телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов обзорного класса в ходе подводно-археологических исследований. Севастополь. 2019, — 25 с.
4. Лебединский В. В., Марван Хассан. Результаты исследований международной сирийско-российской подводноархеологической экспедиции в акватории провинции Тартус Сирийской Арабской Республики в сезон 2021–2022 годов: Ин-т востоковедения Росс. Акад. наук: отв. ред.: Пронина Ю. А. Пер. на англ. яз.: Большакова М. Г., Саган С. Н., пер. на араб. яз.: Башиер Нижуд Хассан. -М.: ФГБУН ИВ РАН, 2023. — 270 с.: ил.
5. Bass G. F. Archaeology under water // Ancient peoples and places. New York, 1966.
6. Green J. Maritime archaeology: a technical handbook. Academic Press, 1990. 282 p.
7. Pacheco-Ruiz R., Adams J., Pedrotti F. 4D modelling of low visibility underwater archaeological excavations using multi-source photogrammetry in the Bulgarian Black Sea // Geological and Environmental Engineering (international journal). World Academy of Science, Engineering and Technology, 2018. Vol. 12. № 4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1316478>
8. Интерактивная карта подводных культурно-исторических объектов (Цифровой проект Севастопольского городского отделения Русского географического общества). <https://podkarta.rgo.ru/>

References

1. Lebedinski V. V., Tatarkov D. B., Dvukhshorstnov V. I., Marwan Hassan, Alaa Hammoud Underwater archaeological research of a joint Syrian-Russian archaeological expedition in the waters of Tartous and the islands of Arwad of the Syrian Arab Republic in 2019 / Edited by Pronina J.A. English translation: Lezhya N.A. Arabic translation: Alaa Hammoud. -Moscow: Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences, 2020. - 200 p.: ill.
2. Lebedinsky V. V., Tatarkov D. B., Pronina Yu. A. Underwater Archaeological Research Offshore the Syrian Arab Republic: History and Current Studies // East. Afro-Asian Communities: The Past and the Present. No. 5. 2020. P. 68–81.

3. Lebedinsky V. V., Tatarkov D. B., Dvukhsherstnov V. I. Methodological Recommendations for Use of Remotely Operated Unmanned Inspection-Class Submersibles in Underwater Archaeological Research. Sevastopol: Sevastopol State University, Institute of Oriental Studies RAS, 2019. 25 p.
4. Lebedinski V. V., Marwan Hassan. Results of Research of the International Syrian-Russian Underwater Archaeological Expedition in the Waters of the Tartus Province of the Syrian Arab Republic in the 2021-2022 season. / Edited by Pronina J.A. English translation: Bolshakova M.G., Sagan S.N. Arabic translation: Negood Hassan. – Moscow: Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences, 2023. — 270 p.: ill.
5. Bass G. F. Archaeology under water // Ancient peoples and places. New York, 1966.
6. Green J. Maritime archaeology: a technical handbook. Academic Press, 1990. 282 p.
7. Pacheco-Ruiz R., Adams J., Pedrotti F. 4D modelling of low visibility underwater archaeological excavations using multi-source photogrammetry in the Bulgarian Black Sea // Geological and Environmental Engineering (international journal). World Academy of Science, Engineering and Technology, 2018. Vol. 12. № 4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1316478>
8. Interactive map of underwater cultural and historical objects <https://podkarta.rgo.ru/>