

Научная статья / Research Article

УДК 902.4:004

[https://doi.org/10.14258/tpai\(2025\)37\(4\).-05](https://doi.org/10.14258/tpai(2025)37(4).-05)

EDN: VNGPCE

ЦИФРОВОЕ ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ МОГИЛЬНИКА ЭПОХИ ВЕЛИКОГО ПЕРЕСЕЛЕНИЯ НАРОДОВ ЛЕВОПОДКУМСКИЙ-1 В КИСЛОВОДСКОЙ КОТЛОВИНЕ: ОТ ФОТОГРАММЕТРИИ К ТРЕХМЕРНОЙ ГИС

Дмитрий Сергеевич Коробов^{1*}, Екатерина Васильевна Романенко²,
Юрий Михайлович Свойский³, Анастасия Александровна Пичугина⁴,
Анастасия Николаевна Уральская⁵, Анна Павловна Гирич⁶

¹Институт археологии РАН, Москва, Россия;
dkorobov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9571-0405>

²Лаборатория RSSDA, Москва, Россия;
eromanenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5138-9202>

³Высшая школа экономики, Лаборатория RSSDA, Москва, Россия;
rutil28@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6256-4299>

⁴Институт археологии РАН, Москва, Россия;
ann.p.al@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-3993-1113>

⁵Государственный академический университет гуманитарных наук,
Лаборатория RSSDA, Москва, Россия;
astiaUral@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1767-8166>

⁶Лаборатория RSSDA, Москва, Россия;
girichap20@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3916-0733>

*Автор, ответственный за переписку

Резюме. Статья представляет собой описание первого опыта создания трехмерной ГИС по материалам раскопок курганного могильника Левоподкумский-1 близ Кисловодска. На памятнике по результатам геофизического обследования, проведенного в 2012 г., были раскопаны шесть подкурганных и 10 грунтовых катакомбных и подбойных захоронений, датируемых 2-й половиной II — рубежом IV–V вв. н.э. Археологические исследования 2024–2025 гг. сопровождались цифровым документированием, включавшим создание трехмерных цифровых представлений разного уровня (ландшафт, участок раскопок, исследованные погребальные сооружения, отдельные находки и антропологические материалы) методом фотограмметрии. Полученный массив цифровой информации был организован в виде трехмерной ГИС с использованием программных продуктов (ПО) ArcGIS и QGIS, а также с помощью современных веб-ГИС Potree, 3DHOP и ATON. В публикации описывается поэтапный процесс создания и оформления полученной цифровой информации в виде 3D-ГИС, что является первым отечественным опытом подобного рода.

Ключевые слова: Северный Кавказ, эпоха Великого переселения народов, ранние аланы, фотограмметрия, 3D-ГИС

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 24-28-01024 «Комплексное исследование могильника эпохи Великого переселения народов Левоподкумский-1 в Кисловодской котловине»).

Для цитирования: Коробов Д.С., Романенко Е.В., Свойский Ю.М., Пичугина А.А., Уральская А.Н., Гирич А.П. Цифровое документирование могильника эпохи Великого переселения народов Левоподкумский-1 в Кисловодской котловине: от фотограмметрии к трехмерной ГИС // Теория и практика археологических исследований. 2025. Т. 37, № 4. С. 79–99. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2025\)37\(4\).-05](https://doi.org/10.14258/tpai(2025)37(4).-05)

DIGITAL DOCUMENTATION OF THE LEVOPODKUMSKY-1 BURIAL GROUND OF THE GREAT MIGRATION PERIOD IN THE KISLOVODSK BASIN: FROM PHOTOGRAHAMMETRY TO 3D GIS

**Dmitry S. Korobov^{1*}, Ekaterina V. Romanenko², Yuri M. Svoysky³,
Anastasia A. Pichugina⁴, Anastasia N. Uralskaya⁵, Anna P. Girich⁶**

¹Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
dkorobov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9571-04052>

²RSSDA Laboratory, Moscow, Russia;
eromanenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5138-92023>

³Higher School of Economics, RSSDA Laboratory, Moscow, Russia;
rutil28@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6256-42994>

⁴Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
ann.p.al@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-3993-11135>

⁵State Academic University for the Humanities, RSSDA Laboratory, Moscow, Russia;
astiaUral@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1767-8166>

⁶RSSDA Laboratory, Moscow, Russia;
girichap20@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3916-0733>

*Corresponding Author

Abstract. The article describes the first attempt to create a three-dimensional GIS based on materials from excavations of the Levopodkumsky-1 burial mounds near Kislovodsk. At the site, based on the results of a geophysical survey conducted in 2012, six burial mounds and 10 flat catacomb and podboi burials dating from the second half of the 2nd to the turn of the 4th-5th centuries AD were excavated. Archaeological research in 2024–2025 was accompanied by digital documentation, including the creation of three-dimensional digital representations on various levels (landscape, excavation site, investigated burial structures, individual finds and anthropological materials) prepared with help of photogrammetry. The resulting array of digital information was organised into a three-dimensional GIS using ArcGIS and QGIS software products, as well as last versions of web GIS Potree, 3DHOP and ATON. The publication describes the step-by-step process of creating and formatting the obtained digital information in the form of a 3D GIS, which is the first domestic experience of this kind.

Keywords: North Caucasus, Great Migration period, early Alans, photogrammetry, 3D GIS

Acknowledgements: this work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 24-28-01024 “Comprehensive study of the Levopodkumsky-1 cemetery of the Great Migration period in the Kislovodsk Basin”).

For citation: Korobov D.S., Romanenko E.V., Svoysky Yu.M., Pichugina A.A., Uralskaya A.N. Girich A.P. Digital Documentation of the Levopodkumsky-1 Burial Ground of the Great Migration Period in the Kislovodsk Basin: from Photogrammetry to 3D GIS // Teoriya i praktika arheologicheskikh issledovanij = Theory and Practice of Archaeological Research. 2025;37(4):79–99. (In Russ.). [https://doi.org/10.14258/tpai\(2025\)37\(4\).-05](https://doi.org/10.14258/tpai(2025)37(4).-05)

Bведение

Цифровая археология как особое направление применения компьютерных технологий в археологических исследованиях сформировалась уже несколько десятилетий назад (Zubrow, 2006; Коробов, 2023). За это время, начиная с 1990-х гг., наметилось несколько подходов к цифровой фиксации археологических памятников, объектов и находок (Doneus, Neubauer, 2005; Neubauer et al., 2005; Campana, 2014; Dell'Unto, Landeschi, 2022, p. 18–28). Последние годы характеризуются поистине революционным процессом внедрения новых технологий археологического цифрового трехмерного документирования, получаемых в ходе полевых исследований, из которых наибольшую популярность завоевало трехмерное моделирование фотограмметрическим способом (Gisiger et al., 1997; Сингатуллин, 2013; Зайцева, 2014; Шуберт, 2016; Sapirstein, Murray, 2017; Грушин, Сосновский, 2018), хотя сам этот способ имеет длительную историю применения, в том числе в области археологии (Anderson, 1982; Fussel, 1982; Лобанов, 1984).

При этом большинство примеров опубликованных работ касаются проведения моделирования на одном из пространственных уровней (памятник и его окрестности, участок раскопок, зафиксированные сооружения, полученные археологические материалы) (см. напр. сборники конференции «Виртуальная археология»: Виртуальная археология, 2015, 2018, 2021), а попытки связать все перечисленные уровни в единую геоинформационную систему крайне редки (Леонов, 2015).

Фактически только в последние годы появились технические возможности создания полноценных трехмерных ГИС, которые до этого момента даже при наличии элементов трехмерного моделирования можно было называть трехмерными лишь условно. Возник даже специальный термин для обозначения этого явления — 2.5D GIS (Dell'Unto, Landeschi, 2022, p. 29). Однако с выходом новых версий наиболее широко распространенного программного ГИС-обеспечения, таких как ArcGIS версии 10.2.2 и выше, ArcGIS Pro, а также QGIS версии 3.42 и выше, появились специальные модули по визуализации трехмерных цифровых представлений археологических объектов любого уровня, от обширных ландшафтов до отдельных находок, — которые могут быть увязанными в единую пространственную модель. Особую роль стали играть веб-версии трехмерных ГИС, такие как Potree (<https://github.com/potree/potree/>), 3DHOP (<https://3dhop.net/index.php>) или ATON (<https://osiris.itabc.cnr.it/aton/>), позволяющие пользователю облачные решения размещения своих цифровых данных и широкие возможности их визуализации для любых заинтересованных веб-клиентов при наличии доступа к соответствующей информации.

Существующая зарубежная литература, в которой рассматривается опыт подобных проектов создания трехмерных ГИС по археологическим памятникам, пока что ограничена (Katsianis et al., 2008; Callieri et al., 2011; Doneus et al., 2011; De Reu et al., 2013, 2014; Dell'Unto, 2014). Однако не так давно появилось монографическое обобщение данного опыта, весьма востребованное в профессиональном сообществе (Dell'Unto, Landeschi, 2022). Отечественных примеров подобных работ, опубликованных в ведущих журналах или тематических сборниках, нам пока что не известно.

Предлагаемый нашим коллективом способ создания трехмерной ГИС по результатам раскопок курганныго могильника Левоподкумский-1 близ Кисловодска является, таким образом, по-своему уникальным опытом создания подобных систем в отечественной археологии. Он был получен в ходе комплексных исследований данного памятника в рамках проекта РНФ № 24–28–01024, осуществляемых сотрудниками Института археологии РАН, лаборатории RSSDA и НИУ «Высшая школа экономики»¹.

Описание объекта исследования

Полигоном для отработки методики создания трехмерной ГИС стал курганный могильник Левоподкумский-1, находящийся в Малокарачаевском районе Карачаево-Черкесской Республики, недалеко от г. Кисловодска. Он был обнаружен одним из авторов статьи на аэрофотоснимке, сделанном в сентябре 1970 г., на котором различаются мысовое городище Подкумское-2, несколько отдельно стоящих курганов группы Джагинская-5 и могильное поле с распаханными курганами могильника Левоподкумский-1, среди которых с воздуха был различим крупный ров с перемычками, расположенным в меридиональном направлении (рис. 1). В ходе археологических разведок было установлено, что городище представляет собой типичное укрепленное поселение раннего этапа аланской культуры и может предварительно датироваться в пределах III–IV вв. н.э. (Коробов, 2017, с. 45–57). Возникло предположение, что примыкающий к городищу курганный могильник Левоподкумский-1 оставлен его жителями.

Данный могильник изучался нами в ходе раскопок 2012–2013 и 2024–2025 гг., в результате чего были установлены его хронологические рамки от 2-й половины II до начала V в. н.э., а также определены культурные характеристики раскопанных захоронений. Раскопки велись по результатам магнитной разведки, которую проводил профессор Мюнхенского университета Й. Фассбиндер в мае 2012 г. (Коробов, Малашев, Фассбиндер, 2014). Им на двух участках съемки были выявлены многочисленные ровики квадратной формы, окружавшие распаханные курганные насыпи, а также ряд бескурганных захоронений (рис. 2). Всего за годы исследования некрополя были раскопаны крупный ров, не содержащий погребений и представлявший собой, скорее всего, ритуальную площадку, шесть подкурганных и десять грунтовых захоронений, устроенных в разных по типу погребальных сооружениях. Они были представлены как Т-образными катакомбами, характерными для аланской археологической культуры (Коробов, Малашев, Фассбиндер, 2014), так и камерными погребениями других типов, которые в настоящий момент выделяются В.Ю. Малашевым в особую культурную группу «Подкумок-Хумара» (Малашев, 2021). Любопытно отметить, что у представителей этих двух культурных групп населения, оставившего могильник Левоподкумский-1, отличаются не только погребальные сооружения, но и антропологический тип по данным краниологии (Березина, Фризен, Коробов, 2014), тогда как их генетический портрет представляется достаточно близким (Коробов, 2019, с. 131–132).

¹ Съемка объектов и их последующее моделирование осуществлялись Ю.М. Свойским, Е.А. Галкиной (НИУ ВШЭ, RSSDA), Е.В. Романенко, А.Н. Уральской, Д.М. Павловым, А.П. Гирич (RSSDA), А.А. Пичугиной (ИА РАН).

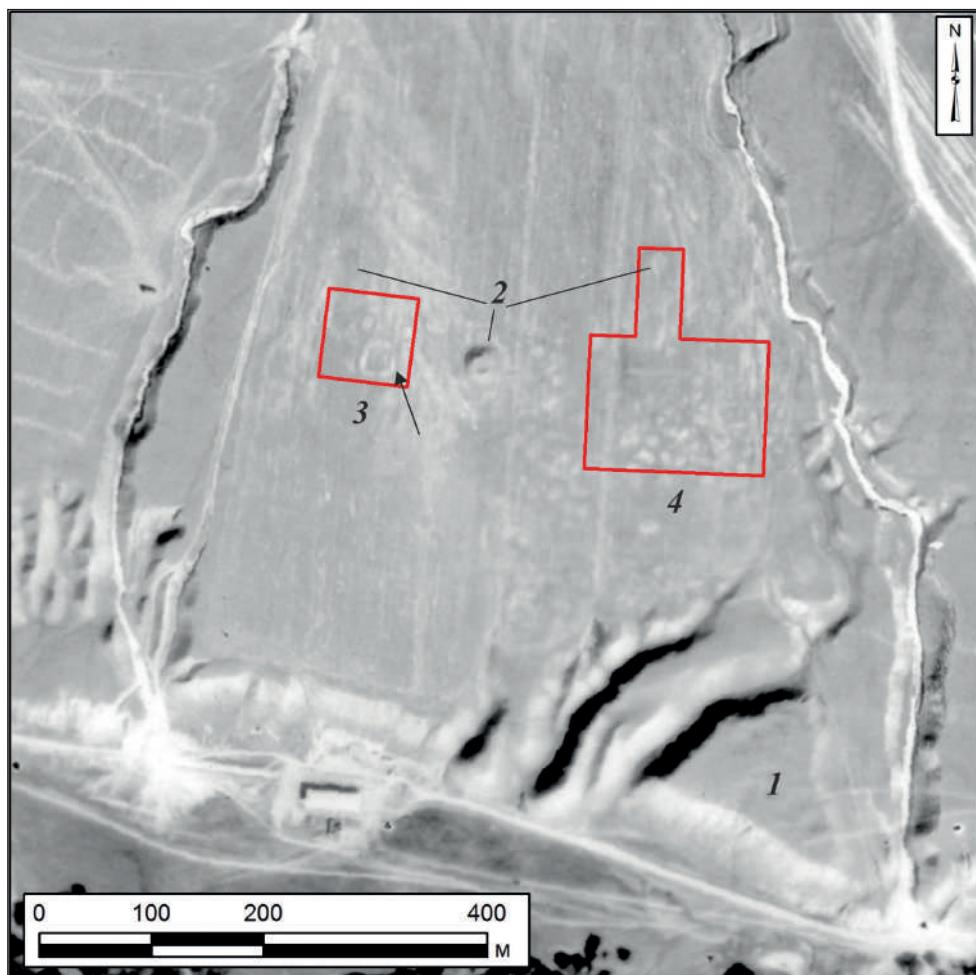


Рис. 1. Аэрофотоснимок сентября 1970 г., на котором различимы: городище Подкумское-2 (1), курганы группы Джагинская-5 (2), участки курганных могильника Левоподкумский-1, на которых проведено геофизическое обследование (3, 4). Стрелкой отмечен крупный ров
Fig. 1. Aerial photograph from September 1970, showing: the Podkumskoye-2 settlement (1), the mounds of the Dzaginskaya-5 group (2), and sections of the Levopodkumskoye-1 burial mound cemetery, where geophysical surveys were conducted (3, 4). The arrow indicates a large ditch

Основой для организации данных археологических раскопок в виде трехмерной ГИС послужили результаты полевых исследований 2024 г. (рис. 3). В этом сезоне нами были раскопаны две подкурганные катакомбы курганов № 18 и 19, относящиеся к типу IV по К.Ф. Смирнову, у которых длинные оси входных ям и камер расположены параллельно (рис. 4.-1); три двухкамерные грунтовые катакомбы II–IV (рис. 4.-2), одно захоронение в катакомбе V типа II (расположение осей входной ямы и камеры на одной прямой), а также одно погребение VI в яме с заплечиками. Все эти захоронения были разграблены

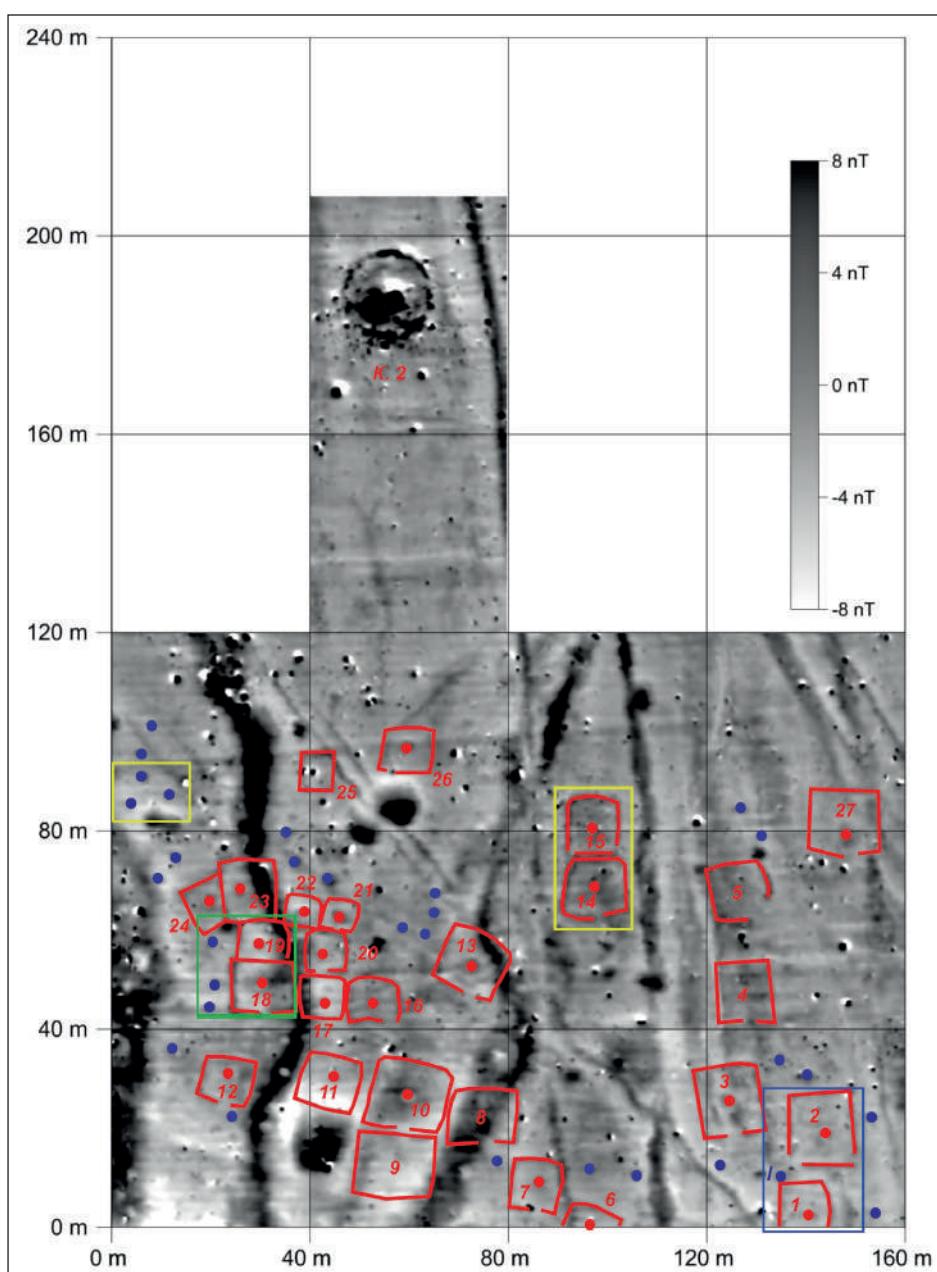


Рис. 2. Карта магнитного поля участка 2 курганного могильника Левоподкумский-1 с отмеченными ареалами раскопок 2012 г. (синий цвет), 2024 г. (зеленый цвет) и 2025 г. (желтый цвет). Красным цветом отмечены курганные погребения, синим — бескурганные захоронения

Fig. 2. Magnetic field map of section 2 of the Levopodkumsky-1 burial mound cemetery with marked areas of excavations in 2012 (blue), 2024 (green) and 2025 (yellow). Burial mounds are marked in red, while non-burial mounds are marked in blue

в древности, поэтому большинство предметов были обнаружены в заполнении входных ям и камер, представлявшем собой грабительский перемес. В редких случаях на дне камер удалось зафиксировать перемещенные при ограблении кости погребенных и погребальный инвентарь. Среди обнаруженных предметов инвентаря имеется ряд украшений и деталей поясной и обувной гарнитуры, позволяющих определить время совершения захоронений в пределах 1-й половины — середины III в. н.э. (Коробов, 2025).

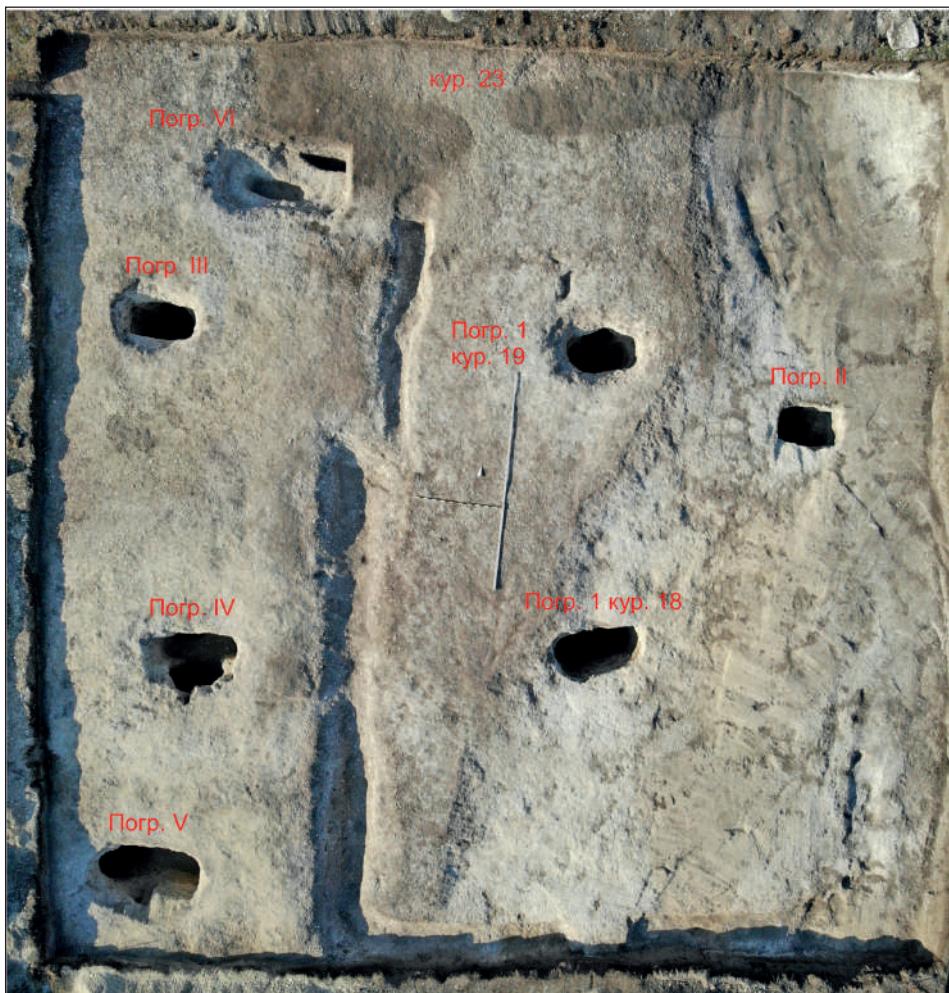


Рис. 3. Аэрофотоснимок участка раскопок 2024 г. после окончания расчистки погребальных сооружений

Fig. 3. Aerial photograph of the 2024 excavation site after the completion of the clearing of the burial structures

Полевая фиксация раскопок в сезоне 2024 г. была организована исключительно на основе применения цифровых технологий. Цифровое документирование раскопок на всех уровнях, от составления топографического плана до моделирования бро-

вок, разрезов, исследованных объектов, а также некоторых находок (черепа погребенных, целые керамические формы и фрагменты керамики) осуществлялось методом фотограмметрии. Впоследствии все эти материалы были сведены в единую географо-информационную систему на основе единых пространственных координат. Ниже рассматривается несколько этапов проведенных работ по цифровому документированию: 1) подготовка цифровой топографической основы изучаемого памятника и его окрестностей; 2) трехмерное компьютерное моделирование погребальных сооружений; 3) цифровое моделирование некоторых предметов погребального инвентаря (керамических сосудов) и черепов погребенных; 4) объединение всей полученной в ходе цифрового документирования информации в единую трехмерную ГИС.

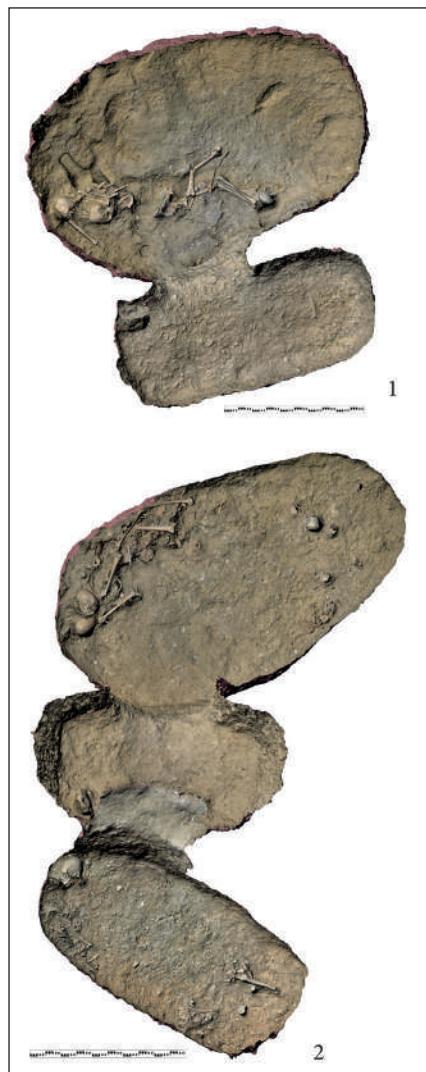


Рис. 4. Примеры цифровых моделей катакомбных погребений: 1 — курган № 18, погр. 1; 2 — погр. III
Fig. 4. Examples of digital models of catacomb burials: 1 — barrow 18, grave 1; 2 — grave III

Методика цифровой фиксации и результаты моделирования

Этап 1. На первом этапе были проведены топогеодезические работы на площади свыше 113 га, которые охватывали территорию городища Подкумское-2 и курганного могильника Левоподкумский-1. Они проводились с помощью беспилотного летательного аппарата Mavic 2 Pro с использованием камеры L1D-20c с размером матрицы 12,8×9,6 мм и объективом с фокусным расстоянием 28 мм, а также калибровочной мишени для последующей цветокоррекции. Пространственная привязка результатов топогеодезической съемки осуществлялась с помощью двух мультисистемных двухчастотных GNSS приемников.

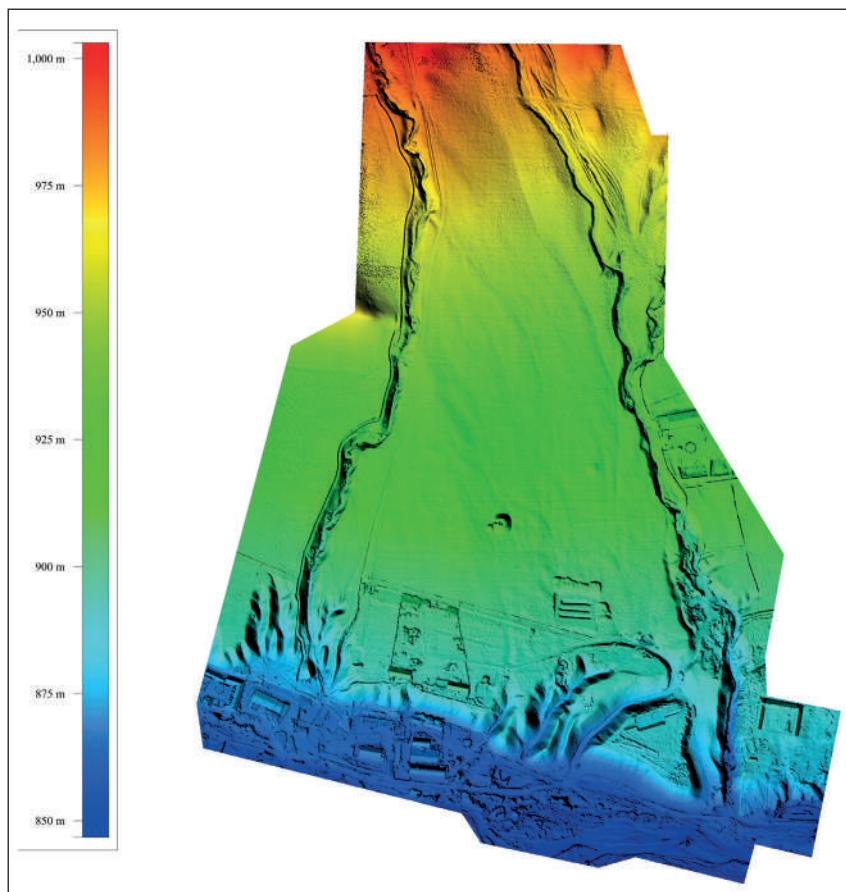


Рис. 5. Цифровая модель местности курганного могильника Левоподкумский-1 и городища Подкумское-2, выполненная в 2024 г.

Fig. 5. Digital model of the terrain of the Levopodkumsky-1 burial mounds and the fortified settlement of Podkumskoye-2, created in 2024

Съемка объектов предполагала дальнейшую обработку фотограмметрическим способом. Обработка данных включала цветокоррекцию, конвертацию снимков из формата DNG в формат JPG, фотограмметрическую увязку снимков, масштабирование, моделирование, обрезку и очистку моделей от мелких дефектов, колорирование. Расчет GNSS-измерений и пространственного положения фотографий проводился на основе уточненных данных эфемерид тех спутников, которые использовались в полевых измерениях. Эти данные были получены спустя две недели после полевых измерений.

Обработка материалов съемки выполнялась в ПО Agisoft Metashape 2.0.1. На основе данных съемки фотограмметрическим способом были сформированы: ортофотоплан с разрешением 5 см (формат TIFF и ECW); цифровые модели поверхности с разрешением (размером ячейки модели) 50, 25 и 10 см (формат ASC) (рис. 5). Для формирования цифровых моделей поверхности использовалось плотное облако точек. Все материалы проекта формировались в системе координат WGS84 проекции UTM, зона 38N; высоты ортометрические, условно принимаемые равными высотам Балтийской системы высот 1977 г.

Результаты проведенных топогеодезических работ легли в основу создания ГИС, которая включала ортофотоплан, цифровые модели поверхности, контур съемки, горизонтали (рис. 6). В дальнейшем эта топографическая основа использовалась для расчета координат по границам участков полевых работ и добавления слоев с результатами раскопок (трехмерные модели участков раскопок и вскрытых погребальных сооружений).

Этап 2. Полевые исследования на могильнике предварялись тщательным анализом имеющихся данных геофизического обследования, которые были также включены в ГИС (рис. 6). Так, в сезоне 2024 г. раскопкам подвергся участок могильника площадью около 400 кв. м, где прослеживались позитивные магнитные аномалии на месте ровиков подквадратной формы, окружавших насыпи двух курганных погребений, и три аномалии, маркирующие заполнения входных ям бескурганных захоронений (рис. 2). Намеченная для раскопа площадь была обозначена на местности по координатам, вычисленным в ГИС и вынесенным в натуру с помощью двухчастотных GNSS приемников. Далее были разбиты бровки над курганами № 18 и 19, затем площадь раскопа снижалась до материковой скалы с помощью землеройной техники.

В процессе раскопок осуществлялось цифровое документирование выявленных погребальных структур. Для низковысотной аэрофотосъемки (высота от 3 до 10 м) общей площади раскопок использовался беспилотный летательный аппарат Mavic Air. Съемка погребений велась фотокамерой Sony A7RII (полнокадровая матрица 7952×5304, 42 мегапикселя), оснащенной объективами Sony 28mm f/2.0 (SEL28F20) и Sony 35mm f/1.8 (SEL35F18F), а также фотокамерой Canon EOS 550D (кроп-матрица 5184×3456, 18 мегапикселей) с объективом Canon EF-S18–55mm f/3.5–5.6 IS II. Для равномерного освещения объекта использовался накамерный кольцевой светильник Grifon Witstro AR400. С целью последующей цветокоррекции делались снимки калибровочной мишени. Для масштабирования модели выполнялась съемка реперных точек, координаты которых были измерены геодезическими методами (использовался электронный тахеометр VEGA NX 42); для дополнительного контроля выполнялась съемка рейки. Съемка ве-

лась с поперечным перекрытием 60–70% и продольным перекрытием 70–80% между соседними фотографиями, в связи с чем число фотографий составило от 200 до 2000 снимков, в зависимости от размера объекта.

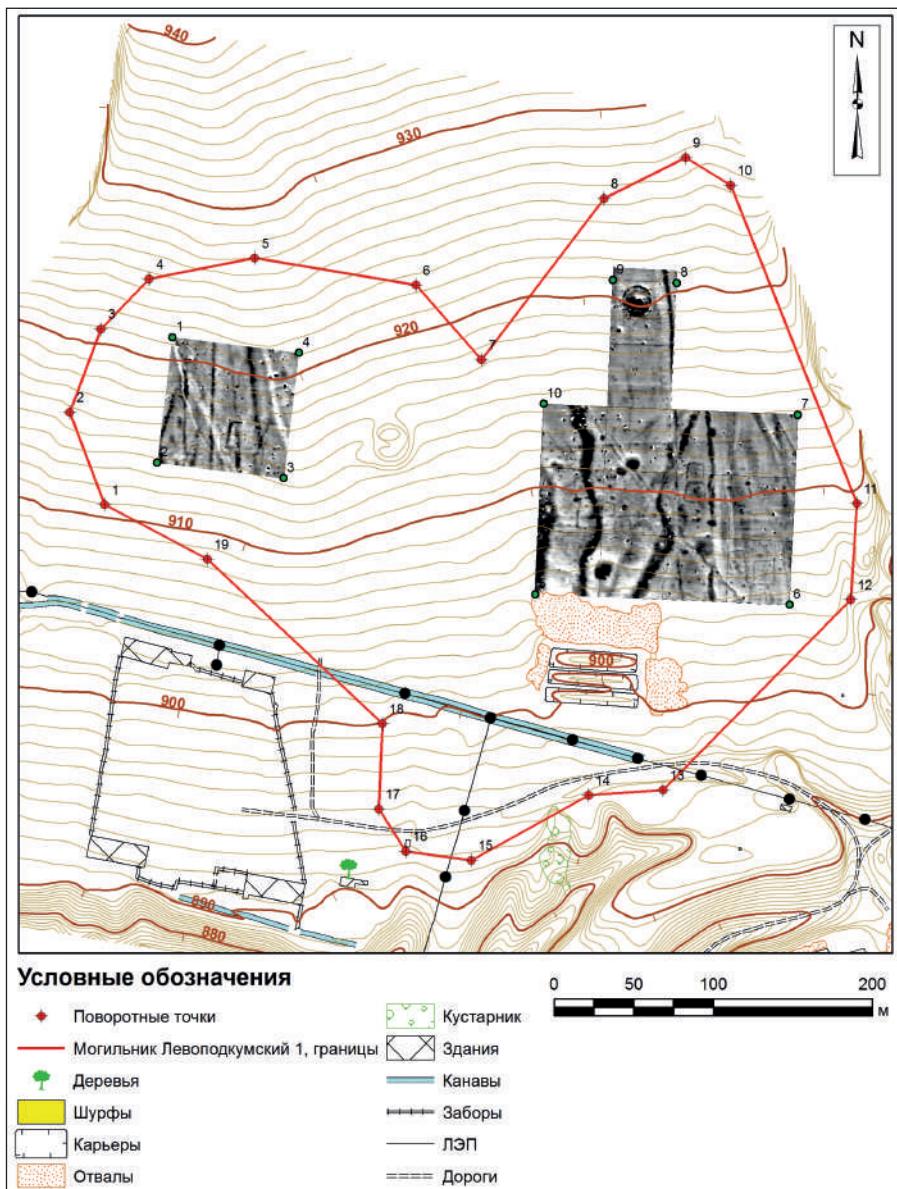


Рис. 6. Геоинформационная система курганного могильника Левоподкумский-1 с нанесенными участками геофизического обследования

Fig. 6. Geoinformation system of the Levopodkumsky-1 burial mounds with marked areas of geophysical survey

После процесса цветокоррекции фотографий, осуществлявшегося с помощью калибровочной мишени в ПО Capture One, производилось построение трехмерных фотограмметрических моделей, цифровых моделей рельефа и ортофотопланов в ПО Agisoft Metashape 2.1.3 и Reality Capture 1.4.0. и 1.5.1. При этом выполнялась увязка снятых в разные дни моделей одного погребения в едином рабочем пространстве. Всего было создано более 80 ортофотопланов и ЦМР и 18 полигональных трехмерных моделей.

Проведенное компьютерное моделирование дало возможность получить высококачественные трехмерные цифровые модели исследованных погребальных сооружений, каждая из которых обладала размерностью от 78 до 2026 млн полигонов с дискретностью (размером ребра полигона) в диапазоне от 1,7–4,3 до 3,3–11,1 мм (рис. 4).

Этап 3. После проведения реставрации найденных при раскопках археологических предметов и антропологических материалов наступила очередь трехмерного моделирования обнаруженных в погребениях керамических сосудов и черепов погребенных. Их фотосъемка выполнялась ротационным способом с помощью фотокамеры Sony A7RIVA (полнокадровая матрица 9504×6336, 61 мегапиксель), оснащенной объективом Sony 40mm f/2.5 G (SEL40F25G), в полуавтоматическом режиме на поворотной платформе. Каждый череп фотографировался в 3–4 различных положениях; было сделано от 333 до 559 фотографий. Для равномерного освещения объекта использовался накамерный кольцевой осветитель Grifon Witstro AR400.

Фотограмметрическая увязка снимков, задание размеров по масштабному базису и моделирование производились в ПО Reality Capture 1.4.0; редактирование модели выполнялось в ПО Gigamesh, Meshlab и др. С помощью ПО Geomagic WRAP была выполнена виртуальная сборка черепов, от которых отделилась нижнечелюстная кость, она снималась отдельно.

В результате было создано пять моделей черепов размером от 11 до 75 млн полигонов со средним размером полигона от 0,036 до 0,082 мм (рис. 7.-1), которые станут основой будущих реконструкций облика индивидов, погребенных в разных по своему происхождению погребальных конструкциях — подкурганной катакомбе аланской культуры и подкурганных и грунтовых катакомбах культурной группы «Подкумок-Хумара».

Аналогичным способом осуществлялось моделирование целых керамических сосудов и их фрагментов. В результате были получены трехмерные цифровые представления десяти целых или археологически целых сосудов и 18 профилированных их частей (рис. 7.-2). Для небольших фрагментов помимо ротационного применялся револьверный метод документирования (подробнее см.: Ольховский и др., 2025).

Этап 4. Полученные в ходе полевых работ цифровые материалы в дальнейшем были включены в трехмерную ГИС, созданную на основе ПО ArcGIS Pro. Она содержала слои векторной (полигональные модели, облака точек, матрицы высот) и растровой (ортотопланы памятника и участка раскопок, данные магнитометрии) информации, в том числе трехмерные модели раскопанных объектов, разрезов ровиков курганов и фасов их бровок и т.п. Некоторые материалы представляли разные этапы расчистки и фиксации исследованных объектов.

Дополнительно к основной геоинформационной системе были созданы версии веб-ГИС, которые обеспечивали удаленный доступ к накопленным пространственным данным через Интернет. Для этого применялось два варианта представления цифровой

информации — в виде рендеринга облаков точек, для чего использовалась среда Potree, и в форме рендеринга полигональных моделей, реализованных с помощью браузерного решения 3DНОР. Дополнительно данные объединялись с помощью интерактивного картографического интерфейса на основе QGIS (рис. 8). Помимо трехмерных моделей погребальных сооружений с помощью системы перекрестных ссылок пользователь может получить доступ к цифровым моделям краниологического материала и некоторых находок (целых и фрагментированных керамических сосудов), которые располагались в том или ином захоронении. С созданным нашим коллективом примером подобной ГИС можно познакомиться по ссылке: <https://rssda.su/auxil03/ru-kc-12R-2024s.html>.



Рис. 7. Примеры цифровых моделей находок из могильника Левоподкумский-1:

1 — череп 2 (Ж) из погр. 1 курган № 1; 2 — кружка из погр. III, камера 2

Fig. 7. Examples of digital models of finds from the Levopodkumsky 1 burial mounds:

1 — skull 2(F) from barrow 1, grave 1; 2 — mug from burial III, chamber 2



Рис. 8. Пример созданной трехмерной ГИС: 1 — в окне программы QGIS в 2D- (слева) и 3D-виде (справа); 2 — погребения в виде облака точек в окне веб-ГИС Potree и полигональные представления находок черепов и керамики в окнах программы 3DHOP. Возможен просмотр 3D-ГИС с помощью QR-кода

Fig. 8. Example of the created 3D GIS: 1 — in the QGIS program window in 2D (left) and 3D (right); 2 — burials in the form of a point cloud in the Potree web GIS window and polygonal representations of finds of skulls and ceramics in the 3DHOP program windows. 3D GIS can be viewed using a QR code

Другим вариантом визуализации стало использование трехмерной веб-ГИС ATON (рис. 9), разработанной в Институте исследований культурного наследия Национального исследовательского совета Италии (ISPC CNR), по праву считающимся лидером в области цифрового трехмерного моделирования объектов культурного наследия. В данной ГИС существуют обширные возможности трехмерных представлений поли-

гональных 3D-моделей с возможностью «заглянуть» внутрь структур через их полу-прозрачные контуры и вывести в отдельные окна через систему перекрестных ссылок моделируемые находки внутри археологических контекстов. Пример такой ГИС представлен по ссылке: <https://rssda.su/auxil08/ru-кc-12R-2024.html>.

Одним из важных преимуществ выбранной архитектуры трехмерной ГИС является возможность визуализации ее компонентов через веб-браузеры, что не предполагает установки пользователем специального программного обеспечения.

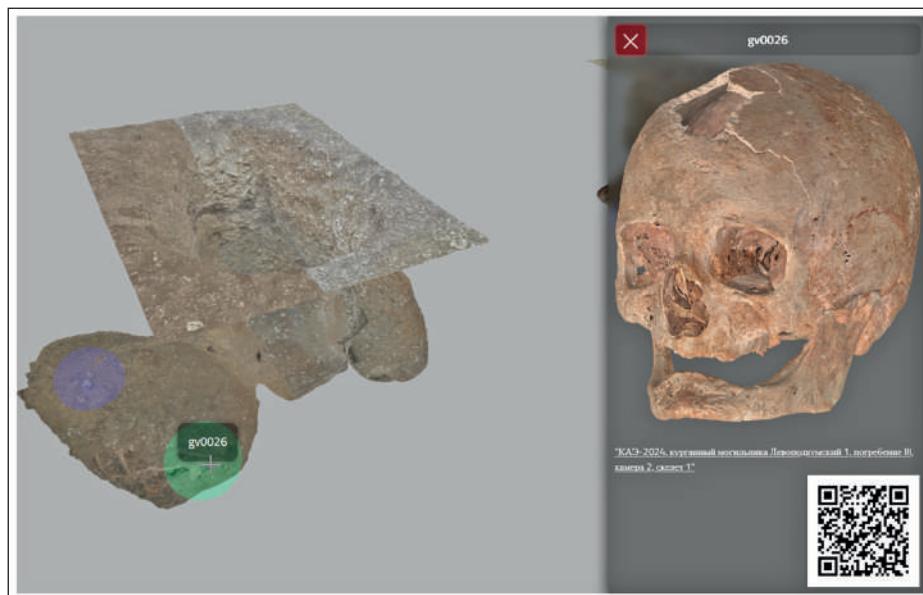


Рис. 9. Фрагмент созданной трехмерной ГИС в окне веб-программы ATON в виде полигональных представлений погребения (слева) и находки черепа (справа). Возможен просмотр 3D-ГИС с помощью QR-кода

Fig. 9. Fragment of the created 3D GIS in the ATON web programme window in the form of polygonal representations of burials (left) and skull find (right). 3D GIS can be viewed using a QR code

Заключение

Созданная трехмерная ГИС в настоящий момент представляет данные только одного полевого сезона раскопок курганного могильника Левоподкумский-1, и уже поэтому полученные нами результаты могут рассматриваться сугубо как предварительные. Однако даже на настоящем этапе проведенных работ по ее созданию можно сделать несколько основных выводов и дать некоторые методические рекомендации.

Прежде всего, налицо появление новых возможностей по использованию разнообразных видов данных, которые могут быть объединены в трехмерной ГИС. К таковым, помимо привычных растровых и векторных (точка, линия, полигон) данных, относятся:

- полигональные модели;
- матричные цифровые модели рельефа;
- облака точек.

Эти возможности по включению новых видов данных в 3D ГИС могут быть реализованы в различных ПО, в том числе в QGIS и ArcGIS Pro. При этом имеется прин-

ципиальное отличие трехмерной ГИС от локальной ГИС 2D — 2.5D. Это связь разнородных пространственных данных посредством языка HTML, а также использование различных инструментов визуализации в рамках одного ГИС-проекта, в зависимости от характеристик данных, в том числе с привлечением облачных хранилищ и веб-ГИС.

В результате использования этих новых возможностей появляются дополнительные средства визуализации в 3D ГИС, которые позволяют отображать отдельные слои, зафиксированные при археологических раскопках, вертикальное распределение находок, разные стадии ведения раскопа, а также объекты, перекрывающие друг друга в планиграфии и стратиграфии.

Некоторые программные продукты, такие как например, Potree, позволяют выполнить широкий набор измерений по трехмерным цифровым моделям. К ним относятся измерения расстояний, превышения, углов, азимутов, вычисления трехмерных координат заданной точки, площадей и объемов. При необходимости ПО позволяет выполнить построение профиля по любой заданной траектории и осуществить его экспорт в используемых координатах и высотах (в нашем случае — в координатах проекции UTM зоны 38 системы координат WGS-84 и ортometрических высотах).

При сравнении разных средств визуализации трехмерных моделей, имеющихся в использованных веб-ГИС 3DHOP и ATON, мы пришли к следующим наблюдениям. В первом случае основным преимуществом является хорошая визуализация геометрии находок за счет управления освещением. Во втором случае сильной стороной веб-ГИС является хорошая визуализация цвета и простота демонстрации находок в контексте.

Созданная коллективом трехмерная ГИС может использоваться для удаленной совместной работы участников исследовательского коллектива, служить целям обучения студентов, а также популяризации результатов раскопок. Работа по наполнению трехмерной ГИС новыми раскопанными объектами и обнаруженными находками на курганном могильнике Левоподкумский-1 будет продолжена.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Березина Н.Я., Фризен С.Ю., Коробов Д.С. Антропологические материалы из курганного могильника Левоподкумский-1 (Кисловодская котловина) // Вестник антропологии. 2014. № 1. С. 170–178.

Виртуальная археология (эффективность методов). СПб. : Изд-во Гос. Эрмитажа, 2015. 290 с.

Виртуальная археология (с воздуха, на земле, под водой и в музее). СПб. : Изд-во Гос. Эрмитажа, 2018. 300 с.

Виртуальная археология. Раскрывая прошлое, обогащая настоящее и формируя будущее [Электронный ресурс]. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. 125 с. 1 CD-R.

Грушин С.П., Сосновский И.А. Фотограмметрия в археологии — методика и перспективы // Теория и практика археологических исследований. 2018. № 1. С. 99–105.

Зайцева О.В. «3D революция» в археологической фиксации в российской перспективе // Сибирские исторические исследования. 2014. № 4. С. 10–20.

Коробов Д.С. Система расселения алан Центрального Предкавказья в I тыс. н.э. (ландшафтная археология Кисловодской котловины). Т. 2. Каталог поселений Кисловодской котловины. М.; СПб. : Нестор-История, 2017. 312 с.

Коробов Д.С. Аланы Северного Кавказа: этнос, археология, палеогенетика. М.; СПб.: Нестор-История, 2019. 156 с.

Коробов Д.С. Цифровая археология сегодня: достижения и проблемы // Историческая информатика. 2023. № 3. С. 107–121.

Коробов Д.С. Курганный могильник Левоподкумский-1 близ Кисловодска: предварительные итоги комплексного исследования 2024 г. // КСИА. 2025. Вып. 278. С. 261–274.

Коробов Д.С., Малашев В.Ю., Фассбиндер Й. Предварительные результаты раскопок на курганном могильнике Левоподкумский-1 близ Кисловодска // КСИА. 2014. Вып. 232. С. 120–135.

Леонов А.В. 3D-документы в музейной экспозиции: виртуальная реальность и веб-приложения // Виртуальная археология (эффективность методов). СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2015. С. 240–249.

Лобанов А.Н. Фотограмметрия: учебник для вузов / 2-е изд. М. : Недра, 1984. 552 с.

Малашев В.Ю. Памятники типа «Подкумок-Хумара» // Эпоха всадников на Северном Кавказе: к 90-летию Веры Борисовны Ковалевской. М. : ИА РАН, 2021. С. 127–144.

Ольховский С.В., Свойский Ю.М., Романенко Е.В., Гирич А.П., Бирюкова Е.Р. Массовое моделирование малоразмерных археологических предметов на примере рыболовного инвентаря римского времени // РА. 2025. № 2. С. 67–81.

Сингатулин Р.А. Фотограмметрические технологии в археологии (краткий исторический очерк) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2013. № 3. С. 148–152.

Шуберт Х. 3Д-фотограмметрия с применением БПЛА в процессе археологического исследования // Вестник Омского университета. Сер.: Исторические науки. 2016. № 4. С. 124–127.

Anderson R. Photogrammetry: The pros and cons for archaeology // World Archaeology. 1982. Vol. 14, No. 2. P. 200–205.

Callieri M., Dell'Unto N., Dellepiane M., Scopigno R., Soderberg B., Larsson L. Documentation and Interpretation of an Archaeological Excavation: an experience with Dense Stereo Reconstruction tools // The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, VAST 2011. Prato, Italy, October 18–21, 2011. P. 33–40.

Campana S. 3D modelling in archaeology and cultural heritage — theory and best practice // 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices, 1st ed. Oxford : Archaeopress, 2014. P. 7–12.

Dell'Unto N. The use of 3D models for intra-site investigation in archaeology // 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices, 1st ed. Oxford : Archaeopress, 2014. P. 151–158.

Dell'Unto N., Landeschi G. Archaeological 3D GIS. London; New York : Routledge, 2022. 177 p.

De Reu J., Plets G., Verhoeven G., De Smedt P., Bats M., Cherretté B., De Maeyer W., Deconynck J., Herremans D., Laloo P., Van Meirvenne M., De Clercq W. Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage // Journal of Archaeological Science. 2013. Vol. 40, No. 2. P. 1108–1121.

De Reu J., De Smedt P., Herremans D., Van Meirvenne M., Laloo P., De Clercq W. On introducing an image-based 3D reconstruction method in archaeological excavation practice // *Journal of Archaeological Science*. 2014. Vol. 41. P. 251–262.

Doneus M., Neubauer W. 3D laser scanners on archaeological excavations // Proceedings of the XXth International CIPA Symposium, Torino, Italy, 27 September-1 October 2005.

Doneus M., Verhoeven G., Fera M., Briese C., Kucera M., Neubauer W. From deposit to point cloud — a study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations // Proceedings of the XXIIIrd International CIPA Symposium. Prague : Czech Technical University, 2011. P. 81–88.

Fussell A. Terrestrial photogrammetry in archaeology // *World Archaeology*. 1982. Vol. 14, No. 2. P. 157–172.

Gisiger A., Cooper E.S., Yuan Y., Limp W.F. Development and implementation of a rapid low-cost photogrammetric data archival system for artifact and osteological inventory // *Archaeol. Appl. GIS: Proc. Colloq. II, UISPP XIIIth Congr.*, Forli, Italy, Sept. 1996. Sydney : Sydney Univ., 1997. 1 CD-R.

Katsianis M., Tsipidis S., Kotsakis K., Kousoulakou A. A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS // *Journal of Archaeological Science*. 2008. Vol. 35, No. 3. P. 655–667.

Neubauer W., Doneus M., Studnicka N., Riegl J. Combined High Resolution Laser Scanning and Photogrammetrical Documentation of the Pyramids at Giza // Proceedings of the XXth International CIPA Symposium, Torino, Italy, 27 September-1 October 2005.

Sapirstein Ph., Murray S. Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork // *Journal of Field Archaeology*. 2017. Vol. 42, No. 4. P. 337–350.

Zubrow E.B.W. Digital archaeology: a historical context // *Digital Archaeology. Bridging method and theory*. London; New York : Routledge, 2006. P. 8–26.

REFERENCES

Berezina N.Ya., Frizhen S.Yu., Korobov D.S. Anthropological Materials from the Levopodkumsky 1 Burial Mound (Kislovodskaya Basin). *Vestnik antropologii = Bulletin of Anthropology*. 2014;1:170–178. (In Russ.)

Virtual Archaeology (Effectiveness of Methods). St. Petersburg : Isd-vo Gos. Ermitazha, 2015. 290 p. (In Russ.)

Virtual Archaeology (from the Air, on Land, Under Water, and in Museums). St. Petersburg : Isd-vo Gos. Ermitazha, 2018. 300 p. (In Russ.)

Virtual Archaeology. Revealing the Past, Enriching the Present and Shaping the Future [Online resource]. Krasnoyarsk : Sib. feder. un-t, 2021. 125 p. 1 CD-R. (In Russ.)

Grushin S.P., Sosnovsky I.A. Photogrammetry in Archaeology: Methods and Prospects. *Teoriya i praktika arheologicheskikh issledovanij = Theory and Practice of Archaeological Research*. 2018;1:99–105. (In Russ.)

Zaitseva O.V. The “3D Revolution” in Archaeological Recording from a Russian Perspective. *Sibirskie istoricheskie issledovaniya = Siberian Historical Research*. 2014;4:10–20. (In Russ.)

Korobov D.S. The Settlement System of the Alans in the Central Caucasus in the 1st Millennium AD (Landscape Archaeology of the Kislovodsk Basin). Vol. 2. Catalogue of Settlements in the Kislovodsk Basin. Moscow; St. Petersburg : Nestor-Istoriya, 2017. 312 p. (*In Russ.*)

Korobov D.S. The Alans of the North Caucasus: Ethnicity, Archaeology, Palaeogenetics. Moscow; Saint Petersburg : Nestor-Istoriya, 2019. 156 p. (*In Russ.*)

Korobov D.S. Digital Archaeology Today: Achievements and Problems. *Istoricheskaya informatika = Historical Informatics*. 2023;3:107–121. (*In Russ.*)

Korobov D.S. The Levopodkumsky-1 Burial Mound near Kislovodsk: Preliminary Results of a Comprehensive Study in 2024. *Kratkie soobscheniya Instituta arheologii RAN = Brief Reports from the Institute of Archaeology RAS*. 2025;278:261–274. (*In Russ.*)

Korobov D.S., Malashev V.Yu., Fassbinder J. Preliminary Results of Excavations at the Levopodkumsky 1 Burial Mound near Kislovodsk. *Kratkie soobscheniya Instituta arheologii RAN = Brief Reports from the Institute of Archaeology RAS*. 2014;232:120–135. (*In Russ.*)

Leonov A.V. 3D Documents in Museum Exhibitions: Virtual Reality and web applications. In: Virtual Archaeology (Effectiveness of Methods). St. Petersburg : Isd-vo Gos. Ermitazha, 2015. Pp. 240–249. (*In Russ.*)

Lobanov A.N. Photogrammetry: Textbook for Universities. 2nd ed. Moscow: Nedra, 1984. 552 p. (*In Russ.*)

Malashev V.Yu. Monuments of the Podkumok-Khumara type. In: The Age of Horsemen in the North Caucasus: on the 90th Anniversary of Vera Borisovna Kovalevskaya. Moscow : IA RAN, 2021. Pp. 127–144. (*In Russ.*)

Olhovskiy S.V., Svoyskiy Yu.M., Romanenko E.V., Girich A.P., Biryukova E.R. Mass Modeling of Small-Sized Archaeological Objects: the Case of Roman-Period Fishing Gear. *Rossijskaya Arheologiya = Russian Archaeology*. 2025;2:67–81. (*In Russ.*)

Singatulin R.A. Photogrammetric Technologies in Archaeology (a brief historical overview). *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki = Historical, Philosophical, Political and Legal Sciences, Cultural Studies and Art History. Questions of theory and practice*. 2013;3:148–152. (*In Russ.*)

Schubert H. 3D Photogrammetry Using UAVs in Archaeological Research. *Vestnik Omskogo universiteta. Ser.: istoricheskie nauki = Bulletin of Omsk University. Ser.: Historical Sciences*. 2016;4:124–127. (*In Russ.*)

Anderson R. Photogrammetry: The Pros and Cons for Archaeology. *World Archaeology*. 1982;14(2):200–205.

Callieri M., Dell'Unto N., Dellepiane M., Scopigno R., Soderberg B., Larsson L. Documentation and Interpretation of an Archaeological Excavation: an Experience with Dense Stereo Reconstruction Tools. In: The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, VAST 2011. Prato, Italy, October 18–21, 2011. Pp. 33–40.

Campana S. 3D Modelling in Archaeology and Cultural Heritage — Theory and Best Practice. In: 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and Best Practices, 1st ed. Oxford : Archaeopress, 2014. Pp. 7–12.

Dell'Unto N. The Use of 3D Models for Intra-Site Investigation in Archaeology. In: 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and Best Practices, 1st ed. Oxford : Archaeopress, 2014. Pp. 151–158.

Dell'Unto N., Landeschi G. Archaeological 3D GIS. London; New York : Routledge, 2022. 177 p.

De Reu J., Plets G., Verhoeven G., De Smedt P., Bats M., Cherretté B., De Maeyer W., Deconynck J., Herremans D., Laloo P., Van Meirvenne M., De Clercq W. Towards a Three-Dimensional Cost-Effective Registration of the Archaeological Heritage. *Journal of Archaeological Science*. 2013;40(2):1108–1121.

De Reu J., De Smedt P., Herremans D., Van Meirvenne M., Laloo P., De Clercq W. On Introducing an Image-Based 3D Reconstruction Method in Archaeological Excavation Practice. *Journal of Archaeological Science*. 2014;41:251–262.

Doneus M., Neubauer W. 3D Laser Scanners on Archaeological Excavations. In: Proceedings of the XXth International CIPA Symposium, Torino, Italy, 27 September-1 October 2005.

Doneus M., Verhoeven G., Fera M., Briese C., Kucera M., Neubauer W. From Deposit to Point Cloud — a Study of Low-Cost Computer Vision Approaches for the Straightforward Documentation of Archaeological Excavations. In: Proceedings of the XXIIIrd International CIPA Symposium. Prague : Czech Technical University, 2011. Pp. 81–88.

Fussell A. Terrestrial Photogrammetry in Archaeology. *World Archaeology*. 1982; 14(2):157–172.

Gisiger A., Cooper E.S., Yuan Y., Limp W.F. Development and Implementation of a Rapid Low-Cost Photogrammetric Data Archival System for Artifact and Osteological Inventory. In: Archaeol. Appl. GIS: Proc. Colloq. II, UISPP XIIIth Congr., Forli, Italy, Sept. 1996. Sydney : Sydney Univ., 1997. 1 CD-R.

Katsianis M., Tsipidis S., Kotsakis K., Kousoulakou A. A 3D Digital Workflow for Archaeological Intra-Site Research Using GIS. *Journal of Archaeological Science*. 2008;35(3):655–667.

Neubauer W., Doneus M., Studnicka N., Riegl J. Combined High Resolution Laser Scanning and Photogrammetrical Documentation of the Pyramids at Giza. In: Proceedings of the XXth International CIPA Symposium, Torino, Italy, 27 September-1 October 2005.

Sapirstein Ph., Murray S. Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork. *Journal of Field Archaeology*. 2017;42(4):337–350.

Zubrow E.B.W. Digital Archaeology: a Historical Context. In: Digital Archaeology. Bridging Method and heory. London; New York : Routledge, 2006. Pp. 8–26.

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Коробов Д.С.: разработка концепции исследования, организация работ по сбору и обработке материала, написание статьи, научное редактирование текста.

D.S. Korobov: development of the research concept, organisation of work on the collection and processing of material, writing of the article, scientific editing of the text.

Романенко Е.В.: разработка концепции исследования, организация работ по обработке материала, цифровое моделирование, написание статьи, научное редактирование текста.

E.V. Romanenko: development of the research concept, organisation of work on the processing of material, digital modelling, writing of the article, scientific editing of the text.

Свойский Ю.М.: разработка концепции исследования, организация работ по обработке материала, цифровое моделирование, написание статьи, научное редактирование текста.

Yu.M. Svoysky: development of the research concept, organisation of work on processing material, digital modelling, writing the article, scientific editing of the text.

Пичугина А.А.: сбор и обработка материала, цифровое моделирование, редактирование текста.

A.A. Pichugina: collection and processing of material, digital modelling, editing of the text.

Уральская А.Н.: обработка материала, цифровое моделирование.

A.N. Uralskaya: processing of material, digital modelling.

Гирич А.П.: обработка материала, цифровое моделирование.

A.P. Girich: processing of material, digital modelling.

Конфликт интересов отсутствует / There is no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коробов Дмитрий Сергеевич, доктор исторических наук, профессор РАН, заведующий отделом теории и методики Института археологии РАН, Москва, Россия.

Dmitry S. Korobov, Doctor of Historical Sciences, Professor of RAS, Head of the Department of Theory and Methodology of the Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia.

Романенко Екатерина Васильевна, научный сотрудник Лаборатории RSSDA, Москва, Россия.

Ekaterina V. Romanenko, Scientific Researcher of the RSSDA Laboratory, Moscow, Russia.

Свойский Юрий Михайлович, сотрудник Центра античной и восточной археологии НИУ «Высшая школа экономики», руководитель Лаборатории RSSDA, Москва, Россия.

Yuri M. Svoysky, Engineer of the Centre of Classical and Oriental Archaeology of the HSE University; Head of the RSSDA Laboratory, Moscow, Russia.

Пичугина Анастасия Александровна, лаборант отдела сохранения археологического наследия Института археологии РАН, Москва, Россия.

Anastasia A. Pichugina, Laboratory Assistant in the Department of Archaeological Heritage Preservation of the Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia.

Уральская Анастасия Николаевна, студент Государственного академического университета гуманитарных наук, лаборант Лаборатории RSSDA, Москва, Россия.

Anastasia N. Uralskaya, Student of the State Academic University for the Humanities, Laboratory Assistant in the RSSDA Laboratory, Moscow, Russia.

Гирич Анна Павловна, лаборант Лаборатории RSSDA, Москва, Россия.

Anna P. Girich, Laboratory Assistant in the RSSDA Laboratory, Moscow, Russia.

*Статья поступила в редакцию 11.11.2025;
одобрена после рецензирования 24.11.2025;
принята к публикации 04.12.2025.
The article was submitted 11.11.2025;
approved after reviewing 24.11.2025;
accepted for publication 04.12.2025.*