

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ
И ЭТНОГРАФИИ**

Сетевое издание

**№ 2 (69)
2025**

ISSN 2071-0437 (online)

Выходит 4 раза в год

Главный редактор:

Зах В.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН

Редакционный совет:

Молодин В.И., председатель совета, академик РАН, д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Добровольская М.В., чл.-кор. РАН, д.и.н., Ин-т археологии РАН;
Бауло А.В., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Бороффка Н., PhD, Германский археологический ин-т, Берлин (Германия);
Епимахов А.В., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН;
Кокшаров С.Ф., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН; Кузнецов В.Д., д.и.н., Ин-т археологии РАН;
Лахельма А., PhD, ун-т Хельсинки (Финляндия); Матвеева Н.П., д.и.н., ТюмГУ;
Медникова М.Б., д.и.н., Ин-т археологии РАН; Томилов Н.А., д.и.н., Омский ун-т;
Хлагула И., Dr. hab., ун-т им. Адама Мицкевича в Познани (Польша); Хэнкс Б., PhD, ун-т Питтсбурга (США);
Чикишева Т.А., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН

Редакционная коллегия:

Дегтярева А.Д., зам. гл. ред., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Костомарова Ю.В., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН;
Пошехонова О.Е., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН; Лискевич Н.А., отв. секретарь, к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Агапов М.Г., д.и.н., ТюмГУ; Адаев В.Н., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Бейсенов А.З., к.и.н., НИЦИА Бегазы-Тасмола (Казахстан); Валь Й., PhD, О-во охраны памятников
Штутгарта (Германия); Зимина О.Ю., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Ключева В.П., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Крийска А., PhD, ун-т Тарту (Эстония); Крубези Э., PhD, проф., ун-т Тулузы (Франция);
Кузьминых С.В., к.и.н., Ин-т археологии РАН; Перерва Е.В., к.и.н., Волгоградский ун-т;
Печенкина К., PhD, ун-т Нью-Йорка (США); Пинхаси Р., PhD, ун-т Дублина (Ирландия);
Рябогина Н.Е., к.г.-м.н., ун-т Гетеборга; Слепченко С.М., к.б.н., ТюмНЦ СО РАН;
Ткачев А.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Хартанович В.И., к.и.н., МАЭ (Кунсткамера) РАН

Утвержден к печати Ученым советом ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН

Сетевое издание «Вестник археологии, антропологии и этнографии»
зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций; регистрационный номер: серия Эл № ФС77-82071 от 05 октября 2021 г.

Адрес: 625008, Червишевский тракт, д. 13, e-mail: vestnik.ipos@inbox.ru

Адрес страницы сайта: <http://www.ipdn.ru>

© ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2025

**FEDERAL STATE INSTITUTION
FEDERAL RESEARCH CENTRE
TYUMEN SCIENTIFIC CENTRE
OF SIBERIAN BRANCH
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

VESTNIK ARHEOLOGII, ANTROPOLOGII I ETNOGRAFII

ONLINE MEDIA

**№ 2 (69)
2025**

ISSN 2071-0437 (online)

There are 4 numbers a year

Editor-in-Chief

Zakh V.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Editorial Council:

Molodin V.I. (Chairman of the Editorial Council), member of the RAS, Doctor of History,
Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Dobrovolskaya M.V., Corresponding member of the RAS, Doctor of History,
Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)
Baulo A.V., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Boroffka N., PhD, Professor, Deutsches Archäologisches Institut (German Archaeological Institute) (Berlin, Germany)
Chikisheva T.A., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Chlachula J., Doctor hab., Professor, Adam Mickiewicz University in Poznan (Poland)
Epimakhov A.V., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)
Koksharov S.F., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)
Kuznetsov V.D., Doctor of History, Institute of Archeology of the RAS (Moscow, Russia)
Hanks B., PhD, Professor, University of Pittsburgh (Pittsburgh, USA)
Lahelma A., PhD, Professor, University of Helsinki (Helsinki, Finland)
Matveeva N.P., Doctor of History, Professor, University of Tyumen (Tyumen, Russia)
Mednikova M.B., Doctor of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)
Tomilov N.A., Doctor of History, Professor, University of Omsk

Editorial Board:

Degtyareva A.D., Vice Editor-in-Chief, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Kostomarova Yu.V., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Poshekhonova O.E., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Liskevich N.A., Assistant Editor, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Agapov M.G., Doctor of History, University of Tyumen (Tyumen, Russia)
Adaev V.N., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Beisenov A.Z., Candidate of History, NITSIA Begazy-Tasmola (Almaty, Kazakhstan),
Crubezy E., PhD, Professor, University of Toulouse (Toulouse, France)
Kluyeva V.P., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Kriiska A., PhD, Professor, University of Tartu (Tartu, Estonia)
Kuzminykh S.V., Candidate of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)
Khartanovich V.I., Candidate of History, Museum of Anthropology and Ethnography RAS Kunstkamera
(Saint Petersburg, Russia)
Pechenkina K., PhD, Professor, City University of New York (New York, USA)
Pererva E.V., Candidate of History, University of Volgograd (Volgograd, Russia)
Pinhasi R., PhD, Professor, University College Dublin (Dublin, Ireland)
Ryabogina N.Ye., Candidate of Geology, Göteborgs Universitet (Göteborg, Sweden)
Slepchenko S.M., Candidate of Biology, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Tkachev A.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Wahl J., PhD, Regierungspräsidium Stuttgart Landesamt für Denkmalpflege
(State Office for Cultural Heritage Management) (Stuttgart, Germany)
Zimina O.Yu., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Address: Chervishevskiy trakt, 13, Tyumen, 625008, Russian Federation; mail: vestnik.ipos@inbox.ru

URL: <http://www.ipdn.ru>

Солдаткин Н.В.^{а,*}, Молчанов И.В.^а, Сидорин В.М.^б

^а Институт истории и археологии УрО РАН, ул. С. Ковалевской, 16, Екатеринбург, 620108

^б ОГБУК «Челябинский государственный историко-археологический музей-заповедник «Аркаим»
ул. Красноармейская, 100, Челябинск, 454090

E-mail: niksoldatkin@yandex.ru (Солдаткин Н.В.); kolis@mail.ru (Молчанов И.В.);
arkaimarhiv@yandex.ru (Сидорин В.М.)

ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ УКРЕПЛЕННЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ ЭПОХИ БРОНЗЫ (АЛАНДСКОЕ, АРКАИМ, ВЕРХНЕУРАЛЬСКОЕ, ЗАРЕЧНОЕ IV, САРЫМ-САКЛЫ, СИНТАШТА)

Представлены результаты программной аэрофотосъемки площадок шести укрепленных поселений Южного Зауралья (конец III — первая четверть II тыс. до н.э.) — цифровые модели поверхности (ЦМП). Они созданы на основе серийных фотоснимков, произведенных в автоматическом режиме с беспилотных летательных аппаратов. Построение и обработка моделей осуществлены в программах Agisoft Metashape Professional и Golden Software Surfer. Модели поверхности выступают источником для анализа и уточнения конфигураций укрепленных поселений, что особенно актуально для новых и малоизученных памятников, таких как Верхнеуральское, Заречное IV. Кроме того, охват съемкой широкой площади позволяет наглядно отобразить особенности ландшафтного расположения поселений (Аркаим, Сарым-Саклы). С помощью цифровых моделей возможна фиксация воздействий на памятники негативных природных и антропогенных факторов (Аландское). Результаты аэросъемок могут быть основой для создания картографических материалов (Синташтинский археологический комплекс). При сопоставлении ЦМП с данными других методов сделан вывод о недостаточной обоснованности выделения только по дешифровке отдельных аэроснимков «дополнительных» элементов на площадках ряда памятников: добавочных рядов построек, сложных гидротехнических сооружений, обширных структур неясного назначения, разнообразных хозяйственных и производственных строений.

Ключевые слова: Южное Зауралье, бронзовый век, синташтинская культура, петровская культура, укрепленные поселения синташтинско-петровского типа, аэрофотосъемка, цифровые модели поверхности.

Ссылка на публикацию: Солдаткин Н.В., Молчанов И.В., Сидорин В.М., Цифровые модели поверхности укрепленных поселений Южного Зауралья эпохи бронзы (Аландское, Аркаим, Верхнеуральское, Заречное IV, Сарым-Саклы, Синташта) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2025. 2. С. 17–27. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-69-2-2>

Введение

Расположенные на открытых пространствах северных Урало-Казахстанских степей укрепленные поселения бронзового века обладают ярко выраженными на поверхности признаками. Валы, рвы, ряды жилищных впадин, как правило, отчетливо проявлены в рельефе и выделяются по контрасту произрастающей растительности. Исследовать структуры этих поселений помогают изображения с высоты: архивные и современные снимки с авиации, спутниковые снимки из космоса.

Дешифровка аэрофотоснимков советского времени сыграла важнейшую роль в обнаружении и анализе укрепленных поселений [Зданович, Батанина, 2007]. Открытия новых памятников такого типа по аэро- и космоснимкам продолжаются [Батанина И.М., Батанина Н.С., 2009; Батанина и др., 2023; Солдаткин, 2024, с. 224–227]. Активно развивающимся направлением в исследованиях укрепленных поселений с высоты стало использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Это направление демонстрирует высокую эффективность в обнаружении (комплекс поселений Сибаркуль), анализе форм и планировок (Улак I, Селек, Верхнеуральское), в изучении ландшафтного расположения памятников и мониторинге их актуального состояния [Батанина и др., 2023; Бахшиев и др., 2018; Nasretdinov et al., 2023].

* Corresponding author.

Большой потенциал аэросъемки с БПЛА в продуцировании новых знаний и новых источников для изучения укрепленных поселений делает актуальным проведение таких исследований и оперативную публикацию их результатов. В статье представлен один из видов получаемых новых источников — созданные на основе низковысотной программной аэрофотосъемки цифровые модели поверхности (ЦМП). ЦМП укрепленных поселений сопоставлены с дешифровками советских аэроснимков, общими планами, геомагнитными картами, космоснимками и результатами раскопок для сравнительного анализа отображаемых структур археологических памятников и обсуждения разрешающих способностей разных методов дистанционных исследований.

Материалы и методы

Объектами полевых исследований стали площадки шести укрепленных поселений синташтинско-петровского типа Южного Зауралья: Аландское, Аркаим, Верхнеуральское, Заречное IV, Сарым-Саклы и Синташта (рис. 1). Памятники разной степени сохранности, негативного воздействия природных и антропогенных факторов, но все относительно хорошо выражены в рельефе. Исключение составляет поселение Синташта, раскопанное практически полностью в пределах уцелевшей части.

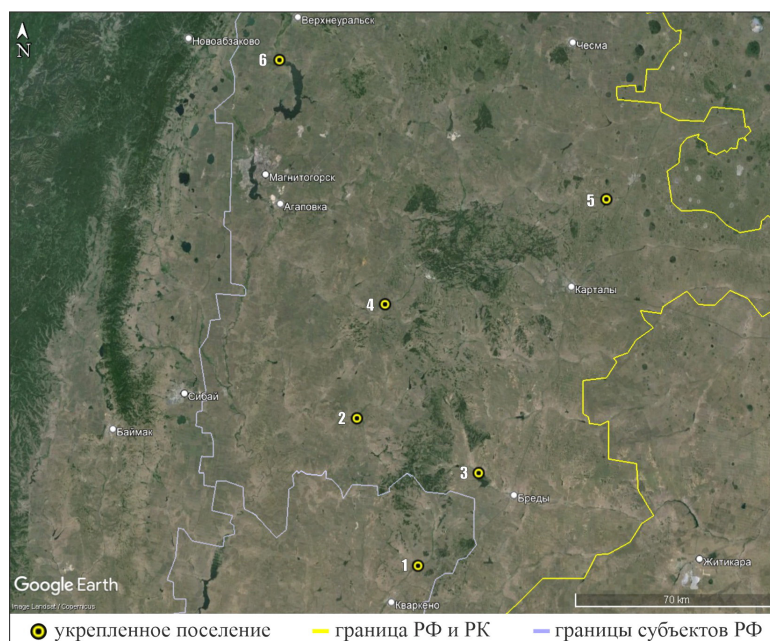


Рис. 1. Карта анализируемых укрепленных поселений:

1 — Аландское; 2 — Аркаим; 3 — Синташта; 4 — Сарым-Саклы; 5 — Заречное IV; 6 — Верхнеуральское.

Fig. 1. Map of analyzed fortified settlements:

1 — Alandskoye; 2 — Arkaim; 3 — Sintashta; 4 — Sarym-Sakly; 5 — Zarechnoye IV; 6 — Verkhneuralskoye.

ЦМП представляет собой визуальное отображение трехмерной характеристики поверхности изучаемой территории. Эта модель включает в себя, помимо собственно рельефа земли, также растительный покров, деревья, антропогенные объекты. Созданные с использованием БПЛА цифровые модели поверхности и рельефа (ЦМП и ЦМР), ортофотопланы и 3D-модели нашли активное применение в археологии и доказали свою эффективность в качестве важного источника для анализа пространственных свойств археологических объектов (расположение, рельеф, форма, размер, планировка), дополняющего более «традиционные» инструментальные планы, аэро-, космоснимки, геофизические карты [Дараган, Свойский, 2018; Новиков, 2022; Федорук и др., 2021].

Для построения ЦМП укрепленных поселений бронзового века Южного Зауралья использовались материалы аэросъемок с БПЛА, осуществленных в осенние и весенние месяцы (сентябрь, октябрь, апрель). Октябрь — ноябрь и апрель — май, с поправкой на конкретную природно-климатическую обстановку каждого года, — оптимальные сезонные отрезки для проведения аэросъемки археологических памятников степной зоны: на фоне меньшего по высоте и объему и более контрастного по цветности растительного покрова лучше выражен рельеф поверхности и отчетливей проявляются демаскирующие признаки археологических объектов [Коровов, 2011, с. 55–69].

Серия аэрофотоснимков на выбранных поселениях получена с использованием квадрокоптеров DJI Phantom 4 Advanced и DJI Phantom 4 Pro. Фотосъемка проводилась в равномерном автоматическом режиме с использованием приложения Pix4Dcapture. Маршрут полета строился «змейкой» по регулярным параллельным линиям в рамках заданных полигональных участков местности. Высота полета 50–60 м от поверхности, скорость минимальная («slow» в настройках приложения) — около 3 м/с. Угол съемки — вертикально вниз (надир), уровень перекрытия фотографий — 80 %. В зависимости от исследуемой площади количество снимков на один объект варьирует от 250 до 500. Территория поселения Аркаим снималась на большей высоте и скорости, с использованием квадрокоптера DJI Matrice 30T. Фотограмметрическая обработка и построение ЦМП реализованы с помощью ПО Agisoft Metashape Professional на вычислительном сервере Института геофизики УрО РАН (Dell PowerEdge C4130, 4 NVidia Tesla K80). Метод фотограмметрии заключается в создании модели с точными размерными и пространственными характеристиками на основании автоматизированного сопоставления серии перекрывающих друг друга фотоснимков с общими точками и с известными координатами [Гнера, 2021]. Последующая корректировка моделей выполнена в программе Golden Software Surfer для оптимального отображения характерных особенностей анализируемых поселений. Описанный алгоритм был ранее отработан в ходе дистанционных исследований площадок неукрепленных поселений бронзового века Коноплянка 2 и Заря 1. Полученные изображения оказались достаточно информативны и детальны, позволив зафиксировать археологические структуры, относительно слабо проявленные в рельефе [Molchanov et al., 2023a, 2023b].

Результаты

ЦМП, создаваемые оперативно и требующие сравнительно небольших трудозатрат, позволяют при этом получить детальный план, карту высот, отображение особенностей ландшафтного размещения изучаемых памятников. Это делает их особенно актуальным источником для пока малоисследованных поселений и для новых объектов, открытых недавно.

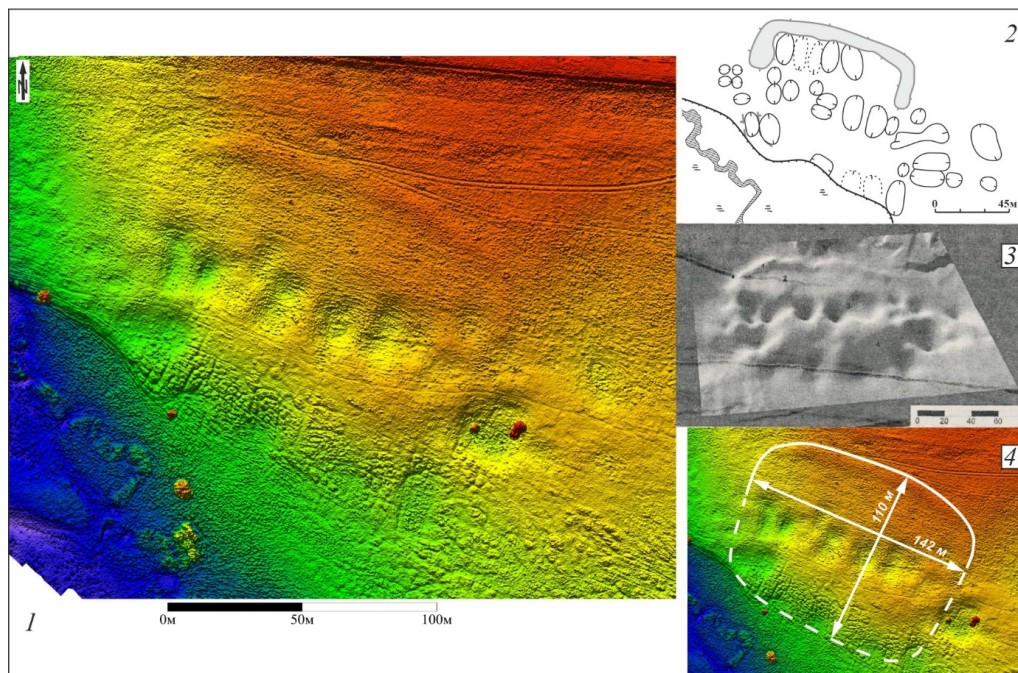


Рис. 2. Заречное IV:

1 — цифровая модель поверхности, 2 — общий план, 3 — трехмерная модель (2, 3 — [Батанина И.М., Батанина Н.С., 2009, рис. 1, 2]), 4 — предполагаемые размеры и форма укрепленного поселения.

Fig. 2. Zarechnoye IV:

1 — digital surface model; 2 — general plan; 3 — three-dimensional model (2, 3 — [Batanina I.M., Batanina N.S., 2009, fig. 1, 2]); 4 — estimated size and shape of the fortified settlement.

Одним из таких, пока малоизвестных, памятников является поселение Заречное IV (в некоторых публикациях также обозначено как «Кызыл-Маяк»), в 2007–2008 гг. надежно атрибутиро-

ванное как укрепленное. Введенные в научный оборот данные о поселении пока ограничиваются тезисной статьей [Батанина И.М., Батанина Н.С., 2009] и упоминанием памятника в нескольких работах по теме укрепленных поселений Урало-Казахстанских степей. Цифровая модель поверхности (рис. 2, 1) поможет специалистам ознакомиться с общей структурой поселения и будет способствовать большему пониманию его архитектурных параметров. ЦМП дополняет и уточняет опубликованный ранее общий план памятника, составленный по дешифровке архивных аэроснимков (рис. 2, 2), и трехмерную модель, сформированную на основе тахеометрической съемки (рис. 2, 3) [Батанина И.М., Батанина Н.С., 2009]. На ЦМП выделяются северный вал (изогнут, края ориентированы в юго-западную сторону) и два неровных «ряда» жилищных впадин, из которых находящиеся южнее существенно размывы меандрирующей рекой. Ясно различимые углубленные впадины, не имеющие строгой регулярности и четкой взаимосвязи с зафиксированным участком укреплений, вероятно, имеют более позднее по отношению к нему происхождение. Модель в целом хорошо соотносится с общим планом, но в ней слабо отразились отмеченные исследователями по архивным снимкам следы ранних неглубоких жилищ, примыкающих к северному валу. Кроме того, с полной уверенностью не просматриваются отрезки предполагаемой линии укреплений в южной части памятника, разрушенной рекой и поздними перестройками [Батанина И.М., Батанина Н.С., 2009, с. 19–20]. На основании синтеза данных дистанционных исследований можно представить, что изначально укрепленное поселение имело подпрямоугольную форму со скругленными углами. Размеры в границах предполагаемой замкнутой стены составляли приблизительно 130–140×100–110 м, площадь — 1,4–1,5 га (рис. 2, 4).

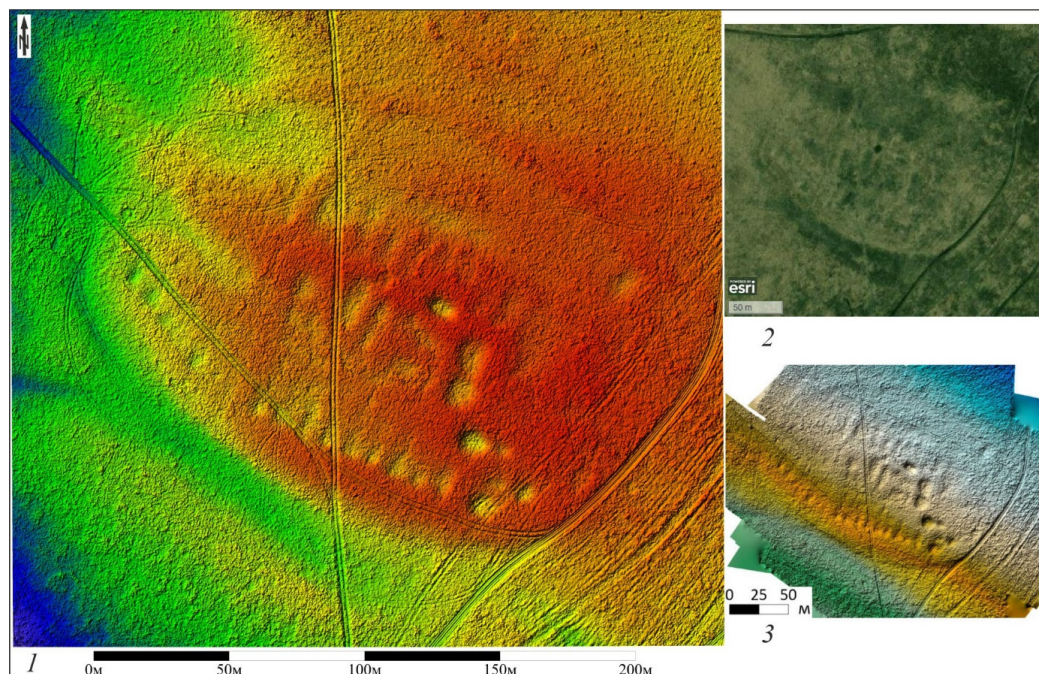


Рис. 3. Верхнеуральское:

1 — цифровая модель поверхности; 2 — спутниковый снимок; 3 — цифровая модель поверхности [Батанина и др., 2023, рис. 2].

Fig. 3. Verkhneuralskoye:

1 — digital surface model; 2 — satellite image; 3 — digital surface model [Batanina et al., 2023, fig. 2].

Новейший объект — укрепленное поселение Верхнеуральское — был обнаружен А.Н. Страховым по космоснимкам в программе Google Earth. Памятник относительно хорошей сохранности, его структурные составляющие проявились, в разной мере, на космоснимках (рис. 3, 2) и на полученных несколькими видами дистанционных методов моделях поверхности [Батанина и др., 2023, с. 60–65], в том числе на основе уже реализованной ранее фотосъемки с БПЛА (рис. 3, 3). Наш вариант ЦМП создавался с учетом уже известных данных о сложной, многосоставной структуре поселения, что позволило провести съемку с полным захватом всей площади объекта в границах укреплений (рис. 3, 1). На модели отчетливо отобразилось наложение лучше проявленного в рельефе и более компактного прямоугольного поселка со следами перестроек на обширное и, вероятно, ме-

нее плотно застроенное поселение с овальным абрисом укреплений, схожее по конфигурации с такими памятниками, как Аландское и Берсуат. Верхнеуральское — самый убедительный пример наложения более позднего укрепленного поселения с выраженной прямоугольной формой на раннее с выраженной округлой (овальной), что подтверждает версию об относительном хронологическом приоритете округлых планировок [Зданович, Батанина, 2007, с. 181–192]. Местоположение памятника встраивается в общую картину территориального распространения округлых и прямоугольных форм укреплений в пространстве Урало-Казахстанских степей: с юга и запада (с преобладанием округлых форм) на север и восток (с преобладанием прямоугольных).

Снятый широкой площадью участок укрепленного поселения Аркаим позволил создать ЦМП, ярко отобразившую особенности ландшафтного размещения памятника¹ (рис. 4, 1). Модель наглядно передает «островное» расположение на локальной возвышенности, защищенной от затопления в периоды разлива рек, когда площадка поселения может быть полностью отрезана потоками воды, вышедшими за пределы основных русел рек Большая Караганка и Утяганка (рис. 4, 4). Образующаяся при сильных разливах протока к югу от поселения огибают приподнятый в рельефе участок и хорошо выделяется темной широкой полосой на архивных аэроснимках (рис. 4, 3). Предполагаемые по дешифровке этих же фотоснимков многочисленные и разнообразные следы хозяйственной деятельности на непосредственно примыкающей к укрепленному поселению территории: третье кольцо построек, «гидротехнические сооружения» (развалины плотин, искусственный водоем), древняя дорога, круглая и прямоугольная структуры к юго-востоку от поселения [Зданович, Батанина, 2007, с. 40–54] (рис. 4, 2) — не проявились на полученной цифровой модели поверхности. Наличие третьего кольца построек также не зафиксировано разведочной шурфовкой и тахеометрической съемкой, произведенными сотрудниками заповедника «Аркаим» и ЧелГУ [Макуров и др., 2021, с. 533].

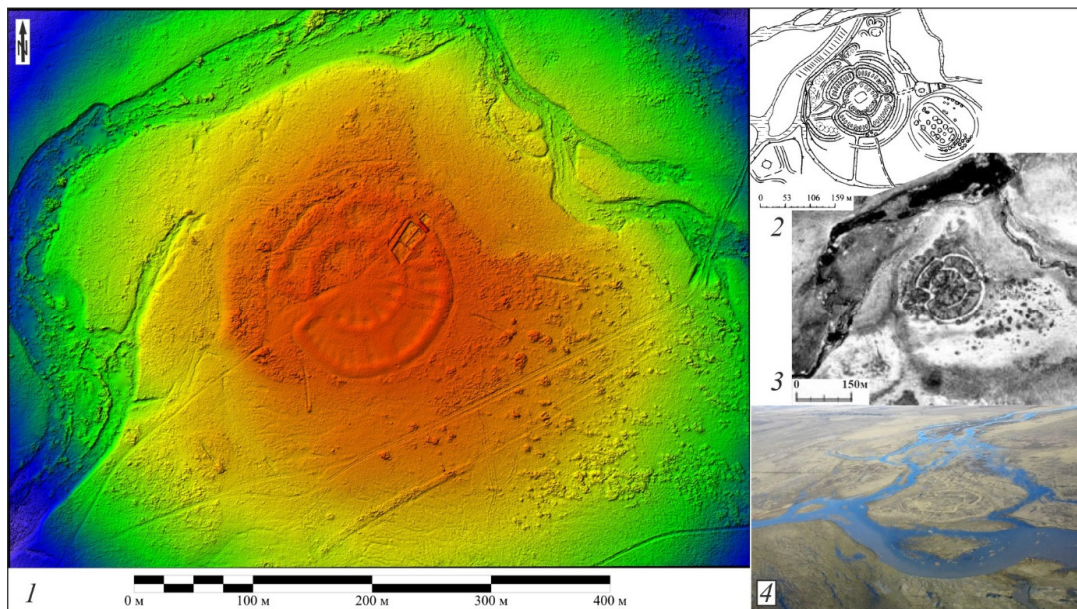


Рис. 4. Аркаим:

1 — цифровая модель поверхности; 2 — дешифровка советских аэроснимков; 3 — аэрофотоснимок 1956 г.; 4 — аэрофотоснимок во время весеннего половодья (2–4 — [Зданович и др., 2020, рис. 1.32, 1.34, 1.35]).

Fig. 4. Arkaim:

1 — digital surface model; 2 — interpretation of Soviet aerial photos; 3 — aerial photo of 1956; 4 — aerial photo during the spring flood (2–4 — [Zdanovich et al., 2020, fig. 1.32, 1.34, 1.35]).

ЦМП укрепленного поселения Сарым-Саклы тоже подчеркивает выразительное расположение памятника на относительной мысовидной возвышенности, обрамленной с трех сторон изгибом реки (рис. 5, 1). В пределах обводных внешних стен поселения по цифровой модели зафиксировано только одно кольцо жилищ, так же как и на геомагнитной карте (рис. 5, 3) [Федорова и др., 2013] и на

¹ Закругления по краям модели (отмечены синим цветом) являются результатом маршрута полета БПЛА и ограниченного количества снимков на периферии исследуемого участка и не передают истинного соотношения высот.

топоплане микрорельефа (рис. 5, 2) [Чечушков, 2015], и вопреки варианту интерпретации советских аэроснимков с обозначением второго, внутреннего кольца укреплений и жилищ «цитадели» (рис. 5, 5) [Зданович, Батанина, 2007, с. 137–144]. Дешифровка аэроснимков также предполагала существование на площадке дополнительных следов хозяйственной деятельности: искусственных каналов и водоемов, плотин, остатков хозяйственных и технологических построек [Зданович, Батанина, 2007, с. 143] (рис. 5, 5), не отразившихся на сформированной модели.

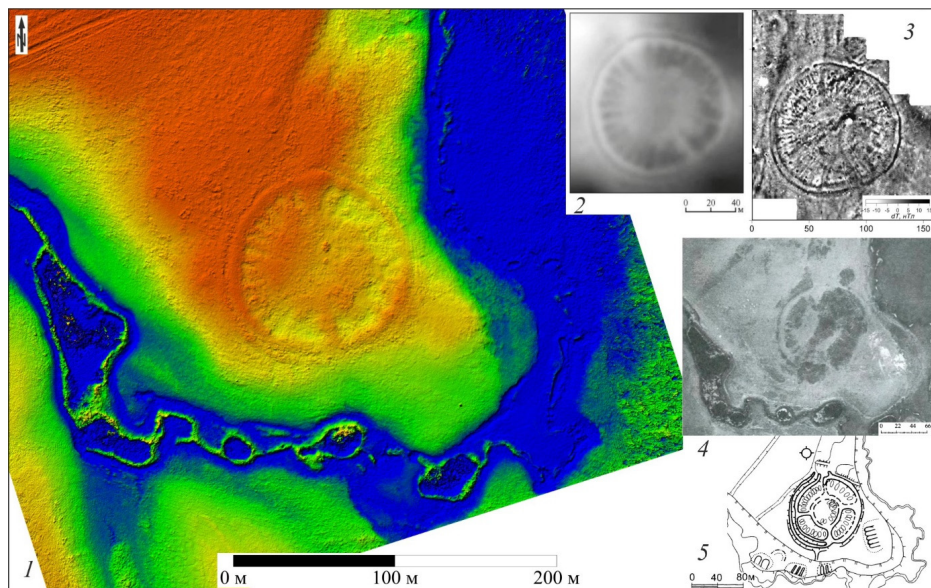


Рис. 5. Сарым-Саклы:

1 — цифровая модель поверхности; 2 — топоплан [Чечушков, 2015, рис. 2]; 3 — геомагнитная карта [Федорова и др., 2013, рис. 3]; 4 — аэрофотоснимок 1974 г.; 5 — дешифровка советских аэроснимков (4, 5 — [Зданович, Батанина, 2007, рис. 79, 81]).

Fig. 5. Sarym-Sakly:

1 — digital surface model; 2 — topoplan [Chechushkov, 2015, fig. 2]; 3 — geomagnetic map [Fedorova et al., 2013, fig. 3]; 4 — aerial photo of 1974; 5 — interpretation of Soviet aerial photographs (4, 5 — [Zdanovich, Batanina, 2007, fig. 79, 81]).

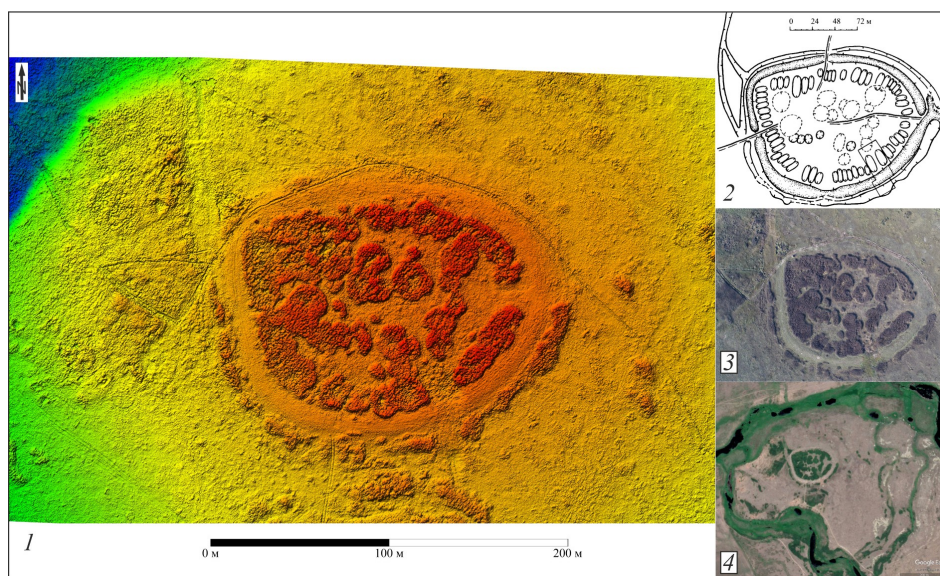


Рис. 6. Аландское:

1 — цифровая модель поверхности; 2 — дешифровка советских аэроснимков [Зданович, Батанина, 2007, рис. 22]; 3 — снимок с БПЛА; 4 — спутниковый снимок.

Fig. 6. Alandskoye:

1 — digital surface model; 2 — interpretation of Soviet aerial photos [Zdanovich, Batanina, 2007, fig. 22]; 3 — UAV photo; 4 — satellite image.

Укрепленное поселение Аландское размещается на живописном террасовом «острове» при слиянии двух рек (рис. 6, 4). В границы участка построения ЦМП частично попали области с заметным перепадом высот (протоки у северо-западной оконечности «острова»), что позволило подчеркнуть приподнятую площадку поселения (рис. 6, 1). Бросается в глаза серьезное нарушение структуры этого интереснейшего памятника современным антропогенным воздействием: свежая линия опашки врезана прямо в северную часть укреплений, поверх развала обводной стены наезжена полевая дорога (рис. 6, 1, 3). Мощные заросли чилиги во внутреннем пространстве поселения затрудняют анализ жилой застройки, актуальным источником ее понимания остается дешифровка советских аэрофотоснимков (рис. 6, 2) [Зданович, Батанина, 2007, с. 54–60]. Возможно, уточнить детали внутренней планировки могли бы геофизические исследования, успешно проведенные на серии укрепленных поселений [Noskevich, Fedorova, 2021], или сканирование LIDAR, первые опыты использования которого на подобных памятниках показали широкие возможности метода (проект лаборатории «Цифровая археология», Уфа).

Цифровая модель поверхности археологического комплекса на р. Синташта (рис. 7, 1) создавалась в рамках работ по проектированию здесь исторического парка и стала основой карты предполагаемого экскурсионного маршрута [Малютина и др., 2023]. В широкую площадь аэро съемки попали все основные объекты комплекса в их современном состоянии: Большой Синташтинский курган, грунтовые и курганные погребальные памятники, модели-реконструкции курганов, само укрепленное поселение Синташта [Малютина и др., 2023, рис. 4]. Сохранившаяся после изменения русла реки и раскопанная практически полностью в 1970–1980-х гг. половина городища в наши дни представляет собой относительно ровную рекультивированную площадку на месте старых раскопов, по поверхности которой пролегают полевые дороги. На ЦМП хорошо передан выраженный в рельефе юго-восточный участок раскопанного рва, слабо проглядывают понижения на месте раскопов жилищ внешнего круга. Общий контур полукруглой структуры памятника виден и на современных космоснимках (рис. 7, 4). По дешифровке советских аэрофотоснимков предполагается наличие дополнительных структур в округе городища: «ограды» прямоугольной формы, плотины, искусственного водоема и системы каналов, построек хозяйственного назначения и технологических площадок [Зданович, Батанина, 2007, с. 144–152] (рис. 7, 2, 3). По представленному варианту цифровой модели подтвердить реальность их существования нельзя.

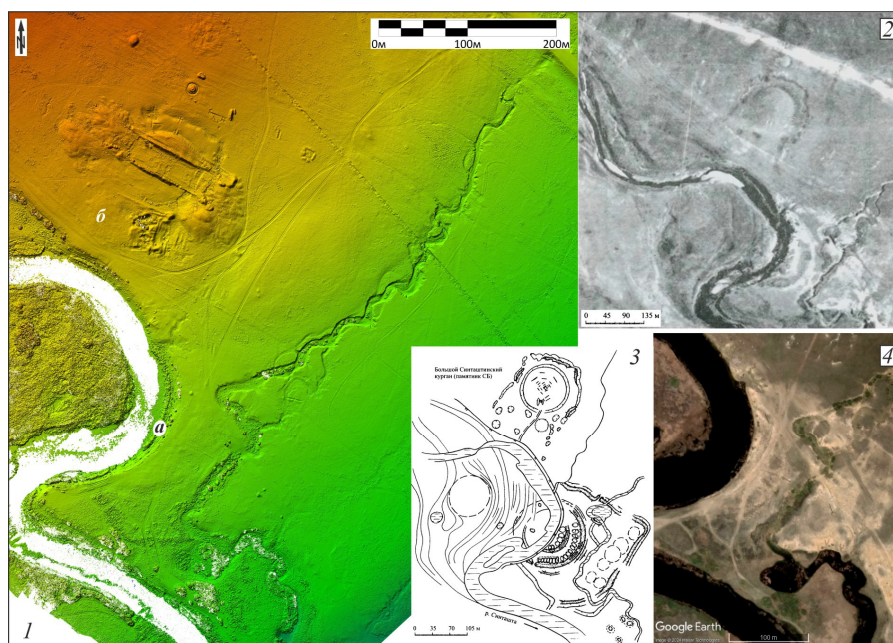


Рис. 7. Синташта:

1 — цифровая модель поверхности (а — укрепленное поселение, б — Большой Синташтинский курган);
2, 3 — аэрофотоснимок 1957 г. и его дешифровка [Зданович, Батанина, 2007, рис. 84, 85]; 4 — спутниковый снимок.

Fig. 7. Sintashta:

1 — digital surface model (a — fortified settlement, b — Big Sintashta Kurgan); 2, 3 — aerial photo of 1957
and its interpretation [Zdanovich, Batanina, 2007, fig. 84, 85]; 4 — satellite image.

Заключение

Анализируемые цифровые модели поверхности продемонстрировали высокий потенциал в качестве разновидности информативного и наглядного источника для изучения укрепленных поселений. Отчетливо отображены планировки, что особенно актуально для новых и/или пока малоизученных, малоизвестных памятников (Верхнеуральское, Заречное IV). Выразительно переданы особенности ландшафтного расположения поселений (Аркаим, Сарым-Саклы). Кроме того, созданные ЦМП позволяют осуществлять мониторинг состояния археологических памятников (Аландское), могут выступать в качестве визуальных материалов при разработке музейно-туристических объектов (проект парка на Синташтинском археологическом комплексе).

Сопоставление полученных моделей с результатами других методик, в первую очередь с дешифровками аэрофотоснимков советского времени, позволяет перекрестно сравнивать данные и возможности разных методов и в некоторых случаях скорректировать представления о конфигурациях укрепленных поселений и об обустройстве прилегающих к ним участков. Так, дополнительные ряды построек на Аркаиме (третье внешнее кольцо) и на Сарым-Саклы (второе внутреннее кольцо «цитадели»), отмеченные по дешифровкам, не проявились на созданных ЦМП. Явных признаков их наличия также не зафиксировано на геомагнитной карте и на топоплане для Сарым-Саклы и по результатам шурфовки и топографической съемки для Аркаима. Более аргументированного обоснования требуют интерпретации по советским снимкам дополнительных архитектурных элементов в округе нескольких поселений: сложных гидротехнических сооружений, оград, технологических и хозяйственных строений. По ЦМП они не выделяются. Авторы дешифровок сами отмечали, что следы некоторых дополнительных сооружений, интерпретированных по архивным снимкам, на современной поверхности уже не просматриваются [Зданович и др., 2020, с. 46–48]. На ЦМП в принципе не проявятся никак не выраженные в рельефе структуры, а многие из предполагаемых по дешифровке дополнительных объектов вблизи городищ обозначены исследователями по контрасту цвета поверхности, более густой растительности, мелким углублениям, по «линеаментам» [Зданович, Батанина, 2007, с. 48–51], проглядывающим только на отдельных советских аэроснимках, что представляется недостаточным для убедительных выводов.

В то же время относительно «простые» сооружения в виде водоотводных рвов/каналов, проложенных вблизи укрепленных поселений, по сообщениям ученых, археологически изучены на нескольких памятниках: Аландское [Зданович, Батанина, 2007, с. 58], Петровка II [Зданович, 1988, с. 42, 52], Улак I [Бахшиев и др., 2018]. Возможность существования подобных водоотводных конструкций и на площадках других поселений такого типа кажется вероятной и логичной, так как они расположены на прибрежных участках, подверженных риску подтоплений. Отметим и пример с археологически зафиксированным «зольником» рядом с укрепленным поселением Степное: объект не выражен в рельефе, но заметен на серии аэроснимков по характерному светлому фототону поверхности [Зданович, Батанина, 2007, с. 158–162; Куприянова и др., 2023]. Учитывая эти примеры, следует подчеркнуть необходимость сравнительного сопоставления всех доступных результатов разнообразных дистанционных методов исследования. Существование «спорных» объектов, различимых одним методом, но не проявленных в оптике другого, убедительно подтвердить или опровергнуть можно только традиционным инструментарием археологических раскопок.

Продолжение аэросъемки с БПЛА укрепленных поселений бронзового века Урало-Казахстанских степей, с применением различных программ и методик обработки фотографий, с использованием технологии LIDAR, выглядит перспективным направлением исследований. В ходе его реализации наиболее интересно получить модели поселений, конфигурации которых пока известны в основном по дешифровкам архивных аэроснимков (таких как Берсуат, Исиной, Кизильское, Камысты, Чекатай, и др.), и модели новых объектов, обнаруженных недавно на территории между Зауральским пенеппеном и Северо-Казахстанским Приишимьем.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам ЦУКС ГУ МЧС России по Челябинской области за помощь в организации и проведении аэросъемки.

Финансирование. Работа выполнена в рамках бюджетных тем ИИиА УрО РАН, № 124032100048-9 (Солдаткин Н.В.) и № 124032100052-6 (Молчанов И.В.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Батанина И.М., Батанина Н.С. Кызыл-Маяк — новое укрепленное поселение эпохи бронзы в Южном Зауралье // Маргулановские чтения-2009: Материалы междунар. науч. конф. Петропавловск, 2009. Т. 1. С. 18–22.

Цифровые модели поверхности укрепленных поселений Южного Зауралья эпохи бронзы...

Батанина Н.С., Куприянова Е.В., Муравьев Л.А. Вопросы использования данных дистанционного зондирования в задачах комплексного исследования поселений бронзового века (на примере Челябинской области) // Вестник Югорского государственного университета. 2023. № 4. С. 57–69. <https://doi.org/10.18822/вуусu20230457-69>

Бахшиев И.И., Носкевич В.В., Насретдинов Р.Р. Геофизические и дистанционные исследования укрепленного поселения эпохи бронзы Улак-1 в Башкирском Зауралье: Соотношение полученных данных с результатами археологических раскопок // Поволжская археология. 2018. № 3 (25). С. 30–44. <https://doi.org/10.24852/2018.3.25.30.44>

Гнера В.А. Аэрофотограмметрическое исследования памятников археологии // Археология и геоинформатика: Материалы междунар. науч. конф. М., 2021. Вып. 10. <https://doi.org/10.25681/IARAS.2021.978-5-94375-342-8.3>

Дараган М.Н., Свойский Ю.М. Картирование и морфометрический анализ внутреннего пространства Западного Бельского городища // Виртуальная археология (с воздуха, на земле, под водой и в музее): Материалы междунар. форума. СПб., 2018. С. 38–57.

Зданович Г.Б. Бронзовый век Урало-Казахстанских степей (основы периодизации). Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1988. 184 с.

Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим – Страна городов: Пространство и образы. Челябинск: Крокус, 2007. 260 с.

Зданович Г.Б., Малютин Т.С., Зданович Д.Г. Аркаим. Археология укрепленных поселений. Кн. 1: Жилища и жилое пространство. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2020. 450 с.

Коробов Д.С. Основы геоинформатики в археологии. М.: Изд-во МГУ, 2011. 224 с.

Куприянова Е.В., Соломонова М.Ю., Трубицына Э.Д., Каширская Н.Н., Филимонова М.О., Афонин А.С., Шарапов Д.В., Иванов С.Н., Рябогина Н.Е. Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное (Челябинская область) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2023. № 4 (63). С. 18–38. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2023-63-4-2>

Макуров Ю.С., Петров Ф.Н., Валиахметов И.А., Страхов А.Н., Батанина Н.С., Петров Н.Ф., Сидорин В.М. Опыт Заповедника «Аркаим» по разработке проектов границ объектов культурного наследия, расположенных на территории Челябинской области // Степи Северной Евразии: Материалы IX Междунар. симп. Оренбург, 2021. С. 528–534. <https://doi.org/10.24412/cl-36359-2021-528-534>

Малютин Т.С., Макуров Ю.С., Букачева А.О., Сидорин В.М. Археологические исследования и работы по музеификации на территории синташтинского археологического комплекса в 2021 году // Древние и традиционные культуры во взаимодействии со средой обитания: Проблемы исторической реконструкции: Материалы II Междунар. междисц. конф. Челябинск, 2023. С. 66–74.

Новиков В.В. Воздушное лазерное сканирование на базе БПЛА для изучения объектов археологии в европейской части России // Поволжская Археология. 2022. № 1 (39). С. 232–246. <https://doi.org/10.24852/ra2022.1.39.232.246>

Солдаткин Н.В. Критерии выделения, количество и ареал укрепленных поселений синташтинско-петровского типа // Археология Казахстана. 2024. № 1 (23). С. 218–232. <https://doi.org/10.52967/akz2024.1.23.218.232>

Федорова Н.В., Носкевич В.В., Иванченко В.С., Бебнев А.С., Маликов А.В. Геофизические методы исследования археологических памятников Сарым-Саклы и Воровская Яма (Южный Урал) // Уральский геофизический вестник. 2013. № 2 (22). С. 46–53.

Федорук А.С., Папин Д.В., Крупочкин Е.П., Суханов С.И. Определение границ археологических памятников с использованием БПЛА-съемки: Опыт решения задач на примере Горного Алтая // Теория и практика археологических исследований. 2021. Т. 33 (2). С. 31–43. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2021\)33\(2\).-02](https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(2).-02)

Чечушков И.В. Методы геостатистики в изучении поселенческих памятников бронзового века // Этнические взаимодействия на Южном Урале: Материалы VI Всерос. науч. конф. Челябинск, 2015. С. 90–96.

Molchanov I.V., Muravyev L.A., Byzov D.D., Soldatkin N.V. Remote Sensing of the Konoplyanka 2 Settlement in the Southern Trans-Urals // Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2021. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer, 2023a. P. 305–311. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16544-3_29

Molchanov I.V., Muravyev L.A., Soldatkin N.V. In Search of a New Site of the Abashevo Culture in the Southern Trans-Urals: Remote Sensing and Geophysics Survey on the Zarya I Settlement // Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer, 2023b. P. 39–47. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46424-9_4

Nasretdinov R.R., Bakhshiev I.I., Gabitov R.N. The Structure and Layout of the Bronze Age Settlement of Selek (The Southern Urals, Russia) // Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2021: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer, 2023. P. 295–303. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16544-3_28

Noskevich V.V., Fedorova N.V. Geophysical research on fortified settlements of the Bronze Age in the Southern Urals (Chapter 15) // The Bronze Age in the Karagaily-Ayat Region (Trans-Urals, Russia). Culture, Environment and Economy. Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 2021. P. 375–387.

Soldatkin N.V.^{a,*}, Molchanov I.V.^a, Sidorin V.M.^b

^a Institute of History and Archeology of the Ural Branch RAS
S. Kovalevskoy st., 16, Ekaterinburg, 620108, Russian Federation

^b Chelyabinsk State historical and archaeological museum-reserve "Arkaim"
Krasnoarmeyskaya st., 100, Chelyabinsk, 454090, Russian Federation

E-mail: niksoldatkin@yandex.ru (Soldatkin N.V.); kolis@mail.ru (Molchanov I.V.);
arkaimarhiv@yandex.ru (Sidorin V.M.)

Digital surface models of the Bronze Age fortified settlements of the Southern Trans-Urals (Alandskoye, Arkaim, Verkhneuralskoye, Zarechnoye IV, Sarym-Sakly, Sintashta)

Here we present the results of program aerial photography in areas of six fortified settlements of the Southern Trans-Urals (end of the 3rd — first quarter of the 2nd millennium BC; Sintashta and Petrovka archaeological cultures). The results are represented by digital surface models (DSM). They were created on the basis of serial photographs taken automatically from unmanned aerial vehicles. Models were built and processed using "Agisoft Metashape Professional" and "Golden Software Surfer" software packages. DSM act as a source for analyzing and clarifying the configurations of the fortified settlements, which is especially important for new and little-studied sites, such as Verkhneuralskoye and Zarechnoye IV. Also, the aerial photography coverage of a wide area allows clear reflection of the features of the landscape location of the settlements (Arkaim, Sarym-Sakly). By means of digital models, it is possible to record the effects of negative natural and anthropogenic factors on the archaeological sites (Alandskoye). The results of aerial surveys can be the basis for the creation of cartographic materials (Sintashta archaeological complex). The comparison of the DSM with data from other methods allows us to conclude that there is insufficient validity for identifying "additional" elements, such as additional rows of buildings, complex hydraulic structures, extensive structures of unclear purpose, work and utility buildings, on the territory of several sites based solely on the interpretation of individual aerial photographs.

Keywords: Southern Trans-Urals, Bronze Age, Sintashta Culture, Petrovka Culture, Sintashta-Petrovka type fortified settlements, aerial photography, digital surface model.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the staff of the Central Administration of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Chelyabinsk Region for their assistance in organizing and conducting aerial photography.

Funding. The work was carried out within the framework of the budget topics of the Institute of History and Archaeology of the Ural Branch of the RAS, No. 124032100048-9 (Soldatkin N.V.) and No. 124032100052-6 (Molchanov I.V.).

REFERENCES

- Bakhshiev, I.I., Noskevich, V.V., Nasretudinov, R.R. (2018). Geophysical and remote studies of the Ulak-1 fortified settlement of the bronze age in Bashkir Trans-Urals: The correlation of the obtained data with the results of the archaeological excavations. *Povolzhskaya arkheologiya*, (3), 30–44. (Rus.). <https://doi.org/10.24852/2018.3.25.30.44>
- Batanina, I.M., Batanina, N.S. (2009). Kyzyl-Mayak — a new fortified settlement of the Bronze Age in the Southern Trans-Urals. In: U.B. Ashimov (Ed.). *Margulanovskie chteniya-2009: Materialy mezhdunar. nauch. konf. Vol. 1*. Petropavlovsk, 18–22. (Rus.).
- Batanina, N.S., Kupriyanova, E.V., Muravyev, L.A. (2023). Issues in the use of remote sensing data in the tasks of a comprehensive study of Bronze Age settlements (on the example of the Chelyabinsk Region). *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta*, (4), 57–69. (Rus.). <https://doi.org/10.18822/byusu20230457-69>
- Chechushkov, I.V. (2015). Methods of geostatistics in the study of settlement sites of the Bronze Age. In: A.D. Tairov (Ed.). *Etnicheskiye vzaimodeystviya na Yuzhnom Urale: Materialy VI vseros. nauch. konf.* Chelyabinsk, 90–96. (Rus.).
- Daragan, M.N., Svoyskiy, Yu.M. (2018). Mapping and morphometric analysis of the internal space of the Western Belsky settlement. In: D.Yu. Guk (Ed.). *Virtualnaya arkheologiya (s vozdukh, na zemle, pod vodoy i v muzeye): Materialy mezhdunar. foruma*. St. Petersburg, 38–57. (Rus.).
- Fedorova, N.V., Noskevich, V.V., Ivanchenko, V.S., Bebnov, A.S., Malikov, A.V. (2013). Geophysical methods of research of archaeological monuments Sarym-Sakly and Vorovskaya Yama (Southern Ural Mountains). *Ural'skiy geofizicheskiy vestnik*, (2), 46–53. (Rus.).
- Fedoruk, A.S., Papin, D.V., Krupochkin, E.P., Sukhanov, S.I. (2021). Determining the boundaries of archaeological sites using UAV surveys: Solving problems on the example of Gorny Altai. *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy*, (2), 31–43. (Rus.). [https://doi.org/10.14258/tpai\(2021\)33\(2\).-02](https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(2).-02)
- Gnera, V.A. (2021). Aerial photogrammetric studies of archaeological sites. In: D.S. Korobov (Ed.). *Arkheologiya i geoinformatika: Materialy mezhdunar. nauch. konf. Vol. 10*. Moscow. (Rus.). <https://doi.org/10.25681/IARAS.2021.978-5-94375-342-8.3>

* Corresponding author.

- Korobov, D.S. (2011). *Fundamentals of geoinformatics in archeology*. Moscow: MGU. (Рус.).
- Kupriyanova, E.V., Solomonova, M.Yu., Trubitsyna, E.D., Kashirskaya, N.N., Filimonova, M.O., Afonin, A.S., Sharapov, D.V., Ivanov, S.N., Ryabogina, N.E. (2023). Interdisciplinary research of ash heap sediment near Stepnoye settlement (Chelyabinsk Oblast). *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, (4), 18–38. (Рус.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2023-63-4-2>
- Makurov, Yu.S., Petrov, F.N., Valiakhmetov, I.A., Strakhov, A.N., Batanina, N.S., Petrov, N.F., Sidorin, V.M. (2021). Experience of the “Arkaim” reserve in development of projects of the boundaries of objects of cultural heritage located in the territory of the Chelyabinsk Region. In: A.A. Chibilev (Ed.). *Stepi Severnoy Yevrazii: Materialy IX Mezhdunar. simpoziuma*. Orenburg, 528–534. (Рус.). <https://doi.org/10.24412/cl-36359-2021-528-534>
- Malyutina, T.S., Makurov, Yu.S., Bukacheva, A.O., Sidorin, V.M. (2023). Archaeological research and museification works on the territory of the Sintashta archaeological complex. In: E.V. Kupriyanova (Ed.). *Drevniye i traditsionnyye kultury vo vzaimodeystvii so sredoy obitaniya: Problemy istoricheskoy rekonstruktsii: Materialy II Mezhdunar. mezhdists. konf.* Chelyabinsk, 66–74. (Рус.).
- Molchanov, I.V., Muravyev, L.A., Byzov, D.D., Soldatkin, N.V. (2023a). Remote Sensing of the Konoplyanka 2 Settlement in the Southern Trans-Urals. *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2021: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*. Cham: Springer, 305–311. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16544-3_29
- Molchanov, I.V., Muravyev, L.A., Soldatkin, N.V. (2023b). In Search of a New Site of the Abashevo Culture in the Southern Trans-Urals: Remote Sensing and Geophysics Survey on the Zarya I Settlement. *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2022: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*. Cham: Springer, 39–47. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46424-9_4
- Nasretdinov, R.R., Bakhshiev, I.I., Gabitov, R.N. (2023). The Structure and Layout of the Bronze Age Settlement of Selek (The Southern Urals, Russia). *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2021: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*. Cham: Springer, 295–303. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16544-3_28
- Noskevich, V.V., Fedorova, N.V. (2021). Geophysical research on fortified settlements of the Bronze Age in the Southern Urals (Chapter 15). In: Koryakova L.N., Krause R. (Eds.). *The Bronze Age in the Karagaily-Ayat Region (Trans-Urals, Russia). Culture, Environment and Economy*. Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 375–387.
- Novikov, V.V. (2022). UAV LIDAR for investigation archaeology sites in European part of Russia. *Povolzhskaya arheologiya*, (1), 232–246. (Рус.). <https://doi.org/10.24852/pa2022.1.39.232.246>
- Soldatkin, N.V. (2024). Criteria for identifying, number and territory of Sintashta-Petrovka type fortified settlements. *Arheologiya Kazakhstana*, (1), 218–232. (Рус.). <https://doi.org/10.52967/akz2024.1.23.218.232>
- Zdanovich, G.B. (1988). *Bronze Age of the Ural-Kazakh steppes (basics of periodization)*. Sverdlovsk: UrGU. (Рус.).
- Zdanovich, G.B., Batanina, I.M. (2007). *Arkaim — Country of cities: Space and images*. Chelyabinsk: Krokus. (Рус.).
- Zdanovich, G.B., Malyutina, T.S., Zdanovich, D.G. (2020). *Arkaim: Archeology of fortified settlements. Book 1: Dwellings and living space*. Chelyabinsk: ChelGU. (Рус.).

Солдаткин Н.В., <https://orcid.org/0000-0001-5873-1883>

Молчанов И.В., <https://orcid.org/0000-0001-5668-6310>

Сидорин В.М., <https://orcid.org/0009-0004-3648-7997>

Сведения об авторах:

Солдаткин Николай Викторович, научный сотрудник, Институт истории и археологии УрО РАН, Екатеринбург.

Молчанов Иван Владимирович, кандидат исторических наук, научный сотрудник, Институт истории и археологии УрО РАН, Екатеринбург.

Сидорин Виктор Михайлович, научный сотрудник, Челябинский государственный историко-археологический музей-заповедник «Аркаим», Челябинск.

About the authors:

Soldatkin, N.V., Researcher, Institute of History and Archeology UB RAS, Ekaterinburg.

Molchanov, I.V., Candidate of Historical Sciences, Researcher, Institute of History and Archeology UB RAS, Ekaterinburg.

Sidorin, V.M., Researcher, Chelyabinsk State historical and archaeological museum-reserve “Arkaim”, Chelyabinsk.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Accepted: 26.02.2025

Article is published: 15.06.2025