

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАБОЛОТНОВСКОГО ГОРОДИЩА САДЕЙКАР – ПОСЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА ОТ ПОЛОМСКОЙ К ЧЕПЕЦКОЙ КУЛЬТУРЕ

© 2022 г. И. В. Журбин\*

*Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия*

*\*E-mail: zhurbin@udm.ru*

Поступила в редакцию 16.05.2022 г.

После доработки 16.05.2022 г.

Принята к публикации 14.06.2022 г.

Для восстановления границ и структуры средневековых поселений, не имеющих рельефных признаков, предложен новый методический подход. Первоначально выполняется статистический анализ материалов многозональной аэрофотосъемки: вычисление текстурных признаков Харалика; уменьшение количества признаков методом главных компонент; сегментация изображений на основе полученных признаков методом k-means. Это позволяет разделить площадку поселения и прилегающую территорию на участки с принципиально отличной интенсивностью растительности. Сопоставление с данными геофизических и археологических исследований позволяет интерпретировать выделенные участки. Исследования проведены на городище Садейкар, при предварительном обследовании которого получен представительный набор эталонных данных. Это позволило подтвердить наличие оборонительных сооружений, оценить границу поселения, а также доказать его рядовую планировку. В результате статистического анализа определено расположение участков культурного слоя различной сохранности и обоснованы границы поселения.

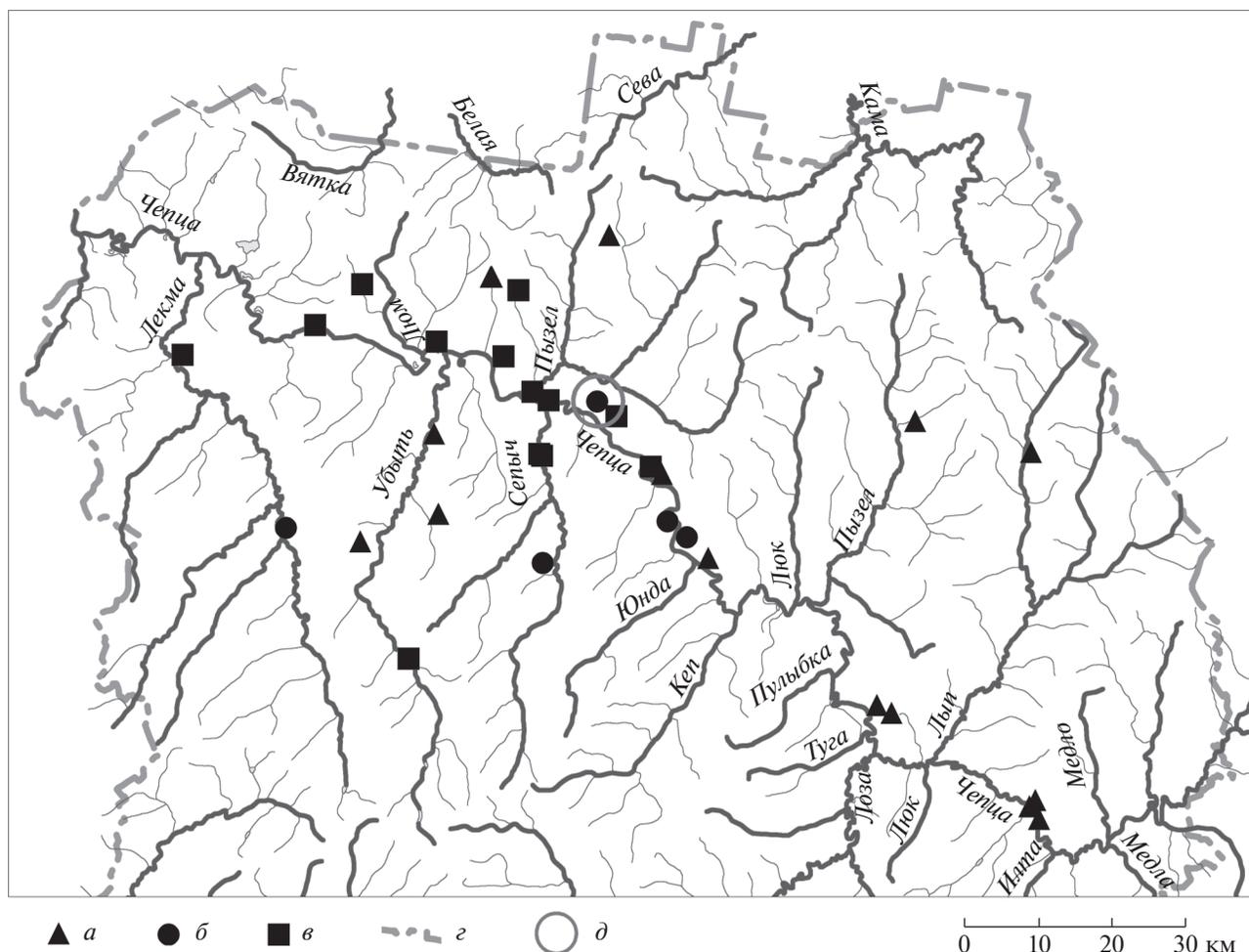
**Ключевые слова:** поселение, распашка, сохранность культурного слоя, границы, полумская и чепецкая культура, геофизика, многозональная съемка, сегментация.

**DOI:** 10.31857/S0869606322040195

Средневековые памятники в верхнем и среднем течении р. Чепцы (западное Предуралье) известны с конца XIX в. (Первухин, 1896; Спицын, 1893. С. 65–84). Здесь в Средневековье сформировался уникальный археологический регион связанных финно-угорских культур: полумской (кон. V – нач. IX в. н.э.) и чепецкой (кон. IX – нач. XIII в. н.э.) (Иванов и др., 2004. С. 46–64). В настоящее время известно свыше 300 археологических памятников, включая укрепленные и неукрепленные поселения, могильники (рис. 1). Первоначально регион полумской культуры включал правый берег и притоки верхнего течения р. Чепцы. С VIII в. осваиваются среднее течение Чепцы и ее левый берег. Укрепленные поселения располагались преимущественно на мысах высоких береговых террас, образованных рекой и оврагом или двумя оврагами. Их крутые склоны обеспечивали защиту поселений. С напольной стороны площадки создавались одна, реже две, линии укреплений, включающие земляной вал и ров перед ним (специальных исследований оборонительных сооружений не проводилось). Естественные защитные свойства мысов иногда уси-

ливались подрезкой склонов у края площадки, подсыпкой и поднятием участка площадки. Полезная площадь городищ весьма различна: от 2–4 до 20 тыс. м<sup>2</sup>. К рубежу I/II тыс. н.э. центр заселения региона перемещается в среднее течение р. Чепцы, включая ее правые и левые притоки. Памятники чепецкой археологической культуры датируются в основном кон. IX – нач. XIII в. Хронологического разрыва между полумской и чепецкой археологическими культурами нет (Иванов и др., 2004. С. 55, 56). Об их преемственности свидетельствуют не только характер расположения поселений и погребальных памятников, но и обряд захоронения, конструкции жилых и производственных сооружений, основные черты керамического комплекса, наборы украшений и др. В конце VIII в. или в начале IX в. возникает ряд полумских городищ, которые существовали и в последующий чепецкий период. Одним из таких поселений является Заболотновское городище Садейкар (Иванов и др., 2004. С. 137, 138).

**Городище Садейкар: основные результаты исследований и сохранность культурного слоя.** Садейкар занимает невысокий языковидный мыс,



**Рис. 1.** Укрепленные поселения бассейна р. Чепца V–XIII вв.

Условные обозначения: *a* – городища полемской культуры; *b* – городища переходного периода от полемской к чепецкой культуре; *v* – городища чепецкой культуры; *z* – административные границы Удмуртской Республики; *d* – Заболотновское городище Садейкар.

**Fig. 1.** Fortified settlements of the Chepcha River basin of the 5th–13th centuries

образованный двумя соединяющимися оврагами, которые ограничивают его с запада и востока. По дну оврагов протекают ручьи. Дно восточного оврага заболочено. Городище открыто Н.Г. Первухиным (Первухин, 1896. С. 58–60). Название Садейкар “дано городищу, по словам местных жителей, лишь по тому крестьянину, который первый расчистил это место для пашни” (С. 60). По наблюдениям Н.Г. Первухина с южной стороны площадка городища была ограничена дуговидным валом и рвом (рис. 2, 1). В настоящее время эти оборонительные сооружения в рельефе практически не выражены. В 1957 г. памятник обследован В.А. Семеновым (Семенов, 1957. С. 22, 23). На мысовой части было заложено два шурфа размером 1 × 1 м (шурфы 1 и 2, рис. 2, 2), которые выявили незначительный культурный слой с включениями углей, обожженной

глины, фрагментов лепной керамики светло-желтого, серого и красновато-кирпичного цвета с растительной примесью. Значительно позднее, при археологическом обследовании (Кириллов, 2006. С. 15, 16) было выявлено сооружение, заглубленное в материк (шурф 3, рис. 3, 1), в заполнении которого были обнаружены фрагменты лепных сосудов, точильный камень и костяная ложка. В коллекции присутствует керамика трех типов: толстостенная желтовато-коричневого и красно-коричневого оттенка со следами неравномерного кострового обжига с примесью в тесте органики; тонкостенная плотная светлого серо-коричневого цвета с примесью в тесте органики; толстостенная серо-коричневого цвета с примесью в тесте толченой речной раковины и органики. Раскопки широкой площадью на городище не проводились, считалось, что культурные напла-

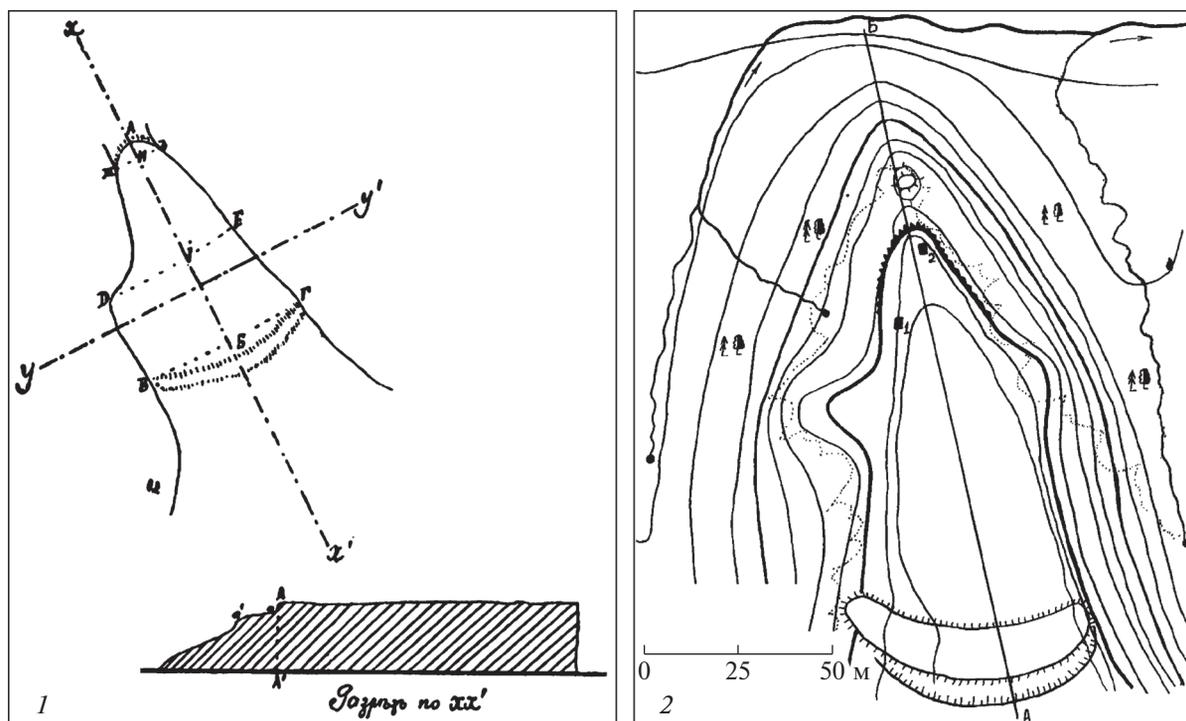


Рис. 2. План Заболотновского городища Садейкар по материалам Н.Г. Первухина (Первухин, 1896. Рис. 44, 45) (1) и В.А. Семенова (Семенов, 1957) (2).

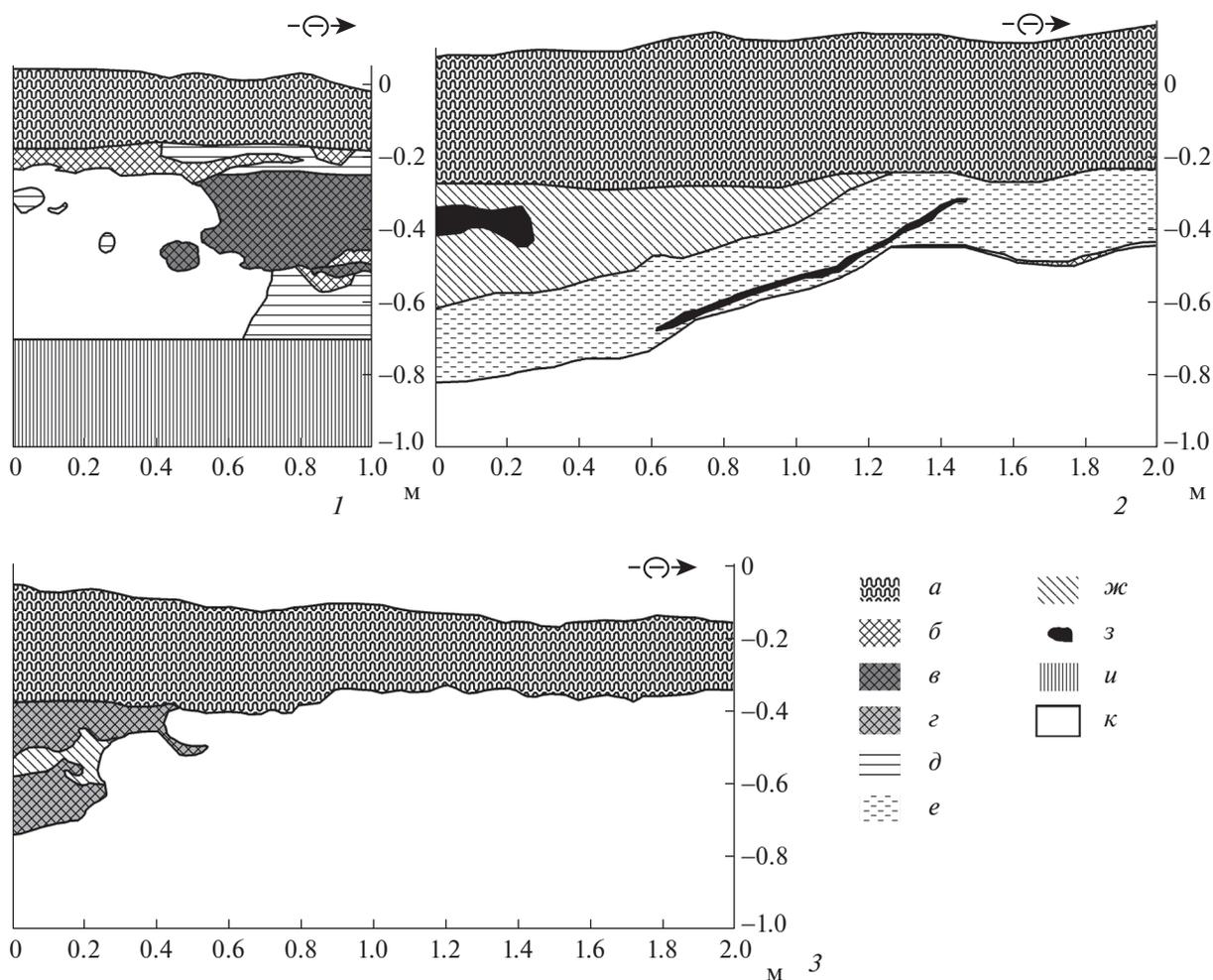
Fig. 2. Plan of the Zabolotnoye promontory fort of Sadeykar based on the materials of N.G. Pervukhin (1) and V.A. Semenov (2)

ствования и укрепления разрушены многолетней распашкой. Дальнейшие комплексные исследования позволили реконструировать планировку, оценить расположение и параметры оборонительных сооружений и определить границы объекта археологического наследия (Журбин, 2020. С. 101–107; Кириллов, 2012. С. 27–34). Материалы шурфов 1957 и 2006 г. позволили отнести Садейкар к переходному периоду от поломской к чепецкой археологической культуре (Кириллов, 2012. С. 29).

Площадка поселения долгое время распахивалась. Распашка могла начаться в XVII в., когда возникла деревня Заболотная (совр. дер. Заболотное, Глазовского р-на Удмуртской Республики). Эта деревня фиксируется в письменных источниках с 1615 г. (Список дозорных книг..., Л. 527). Городище Садейкар расположено в 0,5 км от деревни Заболотное. Следовательно, в соответствии с известными палеоэкономическими моделями, территория средневекового поселения могла входить в ресурсную зону этой деревни. Однако письменных подтверждений тому, что этот участок распахивался в XVII в., нет. Тем не менее распашка фиксируется в упомянутых материалах Н.Г. Первухина (1896), В.А. Семенова (1957) и А.Н. Кириллова (2006). К моменту проведения комплексных исследований (2012 г.) площадка средневекового поселения была выведена из

сельскохозяйственного оборота и покрыта многолетними травами. По информации Н.Г. Первухина, уже в конце XIX в. распашка на территории городища настолько разрушила культурный слой, что на поверхности встречались фрагменты материковой глины (Первухин, 1896. С. 60). Вероятно, культурный слой на большей части площадки городища можно рассматривать как *замещенный* — пахотный горизонт на месте полностью разрушенного культурного слоя (Zhurbin, Borisov, Zlobina, 2022). На участках замещенного культурного слоя сохраняются только заглубленные части сооружений. Иногда они перекрыты тонкими прослойками исходного культурного слоя или переотложенным слоем. Эту ситуацию наглядно демонстрируют результаты геофизических исследований (рис. 4) и данные раскопок шурфа 3 (рис. 3, 1).

Анализ материалов археологических и геофизических исследований позволяет предположить, что разрушенный распашкой культурный слой перемещен эрозийными процессами на склоны оврагов (Кириллов, 2012. С. 31, 32). Также *переотложенный* культурный слой, который представлен бесструктурным гумусированным грунтом с включениями археологических материалов, может составлять основу пахотного горизонта на площадке поселения и пологих участках прилегающей территории (Zhurbin, Borisov, Zlobina,



**Рис. 3.** Результаты археологических исследований городища Садейкар (Кириллов, 2006. Приложение 11; Кириллов, 2012. Рис. 24, 35): стратиграфические разрезы восточных стенок шурфа 3 (1); шурфа 4 (2); шурфа 5 (3).

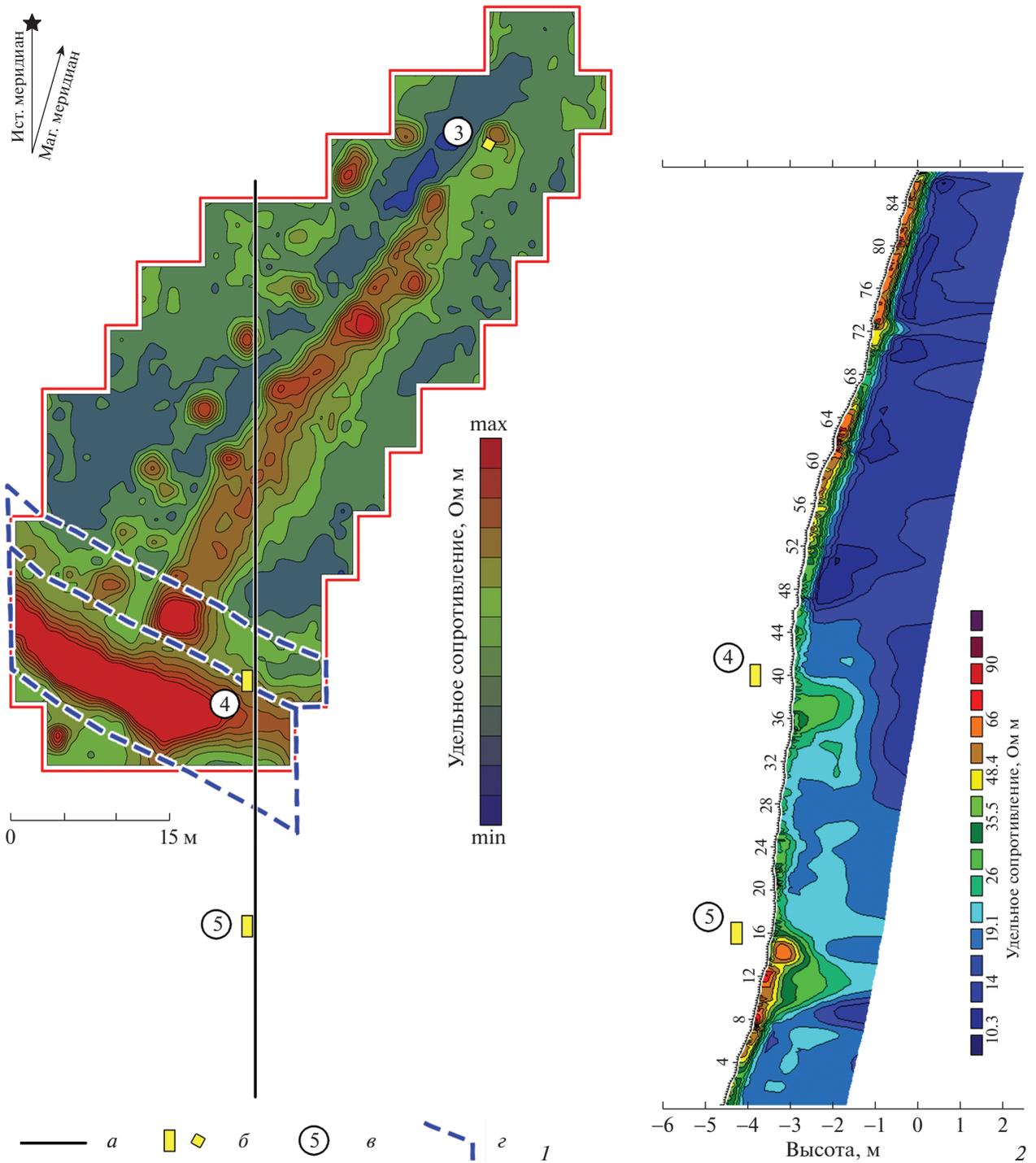
Условные обозначения: *a* – пахотный горизонт; *б* – серый однородный суглинок; *в* – серый золистый суглинок с включениями углей; *г* – серый гумусированный суглинок; *д* – перемешанный слой серого и коричневого суглинка; *е* – светло-коричневая глина; *ж* – серо-коричневый суглинок; *з* – уголь; *и* – консервация; *к* – материк (светло-коричневая глина).

**Fig. 3.** Results of archaeological research at the Sadeykar fortified settlement: stratigraphic cross-sections of the eastern walls of test pit 3 (1); test pit 4 (2); and test pit 5 (3)

2022). Описанная ситуация зафиксирована в шурфах 1 и 2 (рис. 2, 2), расположенных на мысовой части городища (Семенов, 1957. С. 23. Рис. 81).

**Принцип и методы междисциплинарных исследований.** Проверка этой гипотезы требует комплексного изучения не только самой площадки поселения, но и прилегающей территории (склоны мысов, пологая поверхность вне границ поселений). Вероятно, тенденции распределения переотложенного культурного слоя и мощность напластований перемещенного почвенно-грунтового материала на прилегающей территории отражают мощность культурного слоя времени существования поселения и особенности последующего его разрушения. Такие оценки могут

быть получены за счет анализа комплекса археологических и естественнонаучных данных. Первоначально по материалам многозональной аэрофотосъемки выполняется сегментация участка обследования, далее – сравнительный анализ с данными междисциплинарных исследований. Сегментация позволяет разделить площадку поселения и прилегающую территорию на участки с принципиально отличной интенсивностью и плотностью растительности. Сопоставление с комплексом данных геофизики и раскопок позволяет интерпретировать выделенные участки, относящиеся к разным классам. Интерпретация предполагает оценку степени сохранности культурного слоя: выявление участков замещенного и



**Рис. 4.** Геофизические исследования: электропрофилирование (1) и геоэлектрический разрез (2).

Условные обозначения: а – линия профиля электротомографии; шурфы (б) и их номера (в) в археологической документации; г – контур оборонительных сооружений.

**Fig. 4.** Geophysical surveys: electrical resistivity profiling (1) and goelectric section (2)

переотложенного культурного слоя. Это обеспечивает реконструкцию границы и структуры археологического памятника.

**Эталонные данные: археолого-геофизические исследования.** Геофизическая съемка по методике электропрофилирования проведена на площади

более 2000 м<sup>2</sup> (рис. 4, 1). Использование этой методики позволяет выявлять археологические объекты, залегающие на различных глубинах (Geophysical Survey..., 2008. P. 24–27). На чепецких поселениях, разрушенных распашкой, наиболее вероятными объектами геофизического поиска являются сохранившиеся основания наземных построек и их заглубленные части, “сглаженные” оборонительные сооружения и области мощного культурного слоя (Журбин, 2019).

На городище Садейкар разноплановые аномалии подтверждают факт застройки и наличие участков с различной мощностью культурного слоя. В частности, локальные аномалии высокого сопротивления округлой формы, вероятно, соответствуют заглубленным объектам. Это подтверждается материалами шурфа 3 (рис. 3, 1), в северной части которого выявлен фрагмент сооружения, заглубленного в материковый слой. Основное заполнение – серый золистый суглинок с включением угля и перемешанный слой, состоящий из серого и коричневого суглинка. Также фиксируется тонкая линза исходного культурного слоя, перекрывающая объект. Грунтовый материал пахотного горизонта образовался при длительном перемешивании культурного слоя городища с материковой глиной. Вероятно, такая ситуация сохраняется вдоль осевой линии городища, что маркирует площадная аномалия с повышенным значением удельного сопротивления (рис. 4, 1). Взаимное расположение локальных аномалий позволяет определить планировку городища как близкую к рядовой.

Кроме того, в южной части планшета электропрофилеирования выявлена линия укреплений, которая включает вал и ров. Рву соответствует протяженная аномалия высокого сопротивления (рис. 4, 1), которая “соединяет” овраги, ограничивающие площадку поселения с запада и востока (рис. 2, 2; 5, 1). Схожим образом на геофизических данных проявляются “сглаженные” рвы и на других средневековых поселениях региона: Кушманском городище Уччакар, Солдырском городище Иднакар, Кушманском III селище (Журбин, 2020. Рис. 2.20; 2.6; 3.13) и др. Ров Садейкара, заполненный переотложенным культурным слоем, фиксируется и на геоэлектрическом разрезе (диапазон 31–41 м на рис. 4, 2). Вероятно, аномалия повышенного сопротивления, повторяющая контур рва (рис. 4, 1), вызвана сохранившимся основанием вала. Наличие оборонительных сооружений подтверждено материалами шурфа 4 (Кириллов, 2012. С. 31), заложенного по геофизическим данным на границе вала и рва (рис. 4). На стратиграфическом разрезе (рис. 3, 2) выявлены граница вала и его основание. Также зафиксировано начало заглубления рва. Его заполнение представлено слоями светло-коричневой глины, образовавшимися в процессе разрушения насыпи

оборонительных сооружений. Кроме того, на внешнем склоне основания вала обнаружена углистая прослойка (возможно, следы деревянных конструкций). Таким образом, сопоставление данных электропрофилеирования и электротомографии, а также материалов целенаправленных раскопок показало, что укрепления располагались между оврагами и защищали площадку городища Садейкар с южной стороны (рис. 4, 1). Вероятно, следы именно этих оборонительных сооружений отмечены на планах Н.Г. Первухина и В.А. Семенова (рис. 2).

Помимо этой линии укреплений выявлен еще один заглубленный объект, заполненный гумусированным слоем (диапазон 7–17 м, рис. 4, 2). Уровень сопротивления его заполнения соответствует сопротивлению культурного слоя на площадке поселения (диапазон 48–87 м), а форма на геоэлектрическом разрезе – аномалии рва линии укреплений, описанной выше. К сожалению, на этом участке измерения по методике электропрофилеирования не проводились. Поэтому нет возможности оценить форму и расположение объекта в плане. Тем не менее наличие заглубленного объекта в материковом слое, основное заполнение которого составляет серый гумусированный суглинок (рис. 3, 3), подтверждено материалами шурфа 5 (рис. 4, 2). По оценке автора раскопок – это заглубление естественного происхождения (Кириллов, 2012. С. 31).

Таким образом, сравнительный анализ материалов комплексных исследований площадки городища Садейкар позволяет предположить, что в зоне застройки поселения, ограниченной линией укреплений, сохранились лишь заглубленные части сооружений. Они перекрыты пахотным горизонтом, который образовался при длительном перемешивании культурного слоя городища (гумус и золистый суглинок) с материковой глиной (замешанный культурный слой). Такая ситуация зафиксирована в шурфах 1–3, расположенных на разных участках поселения. Также это наглядно демонстрируют данные электротомографии – мощность гумусированного слоя, включая пахотный горизонт, не превышает 0.5 м (диапазон геоэлектрического разреза 48–87 м, рис. 4, 2). За пределами оборонительных сооружений, вплоть до заглубленного объекта, подтвержденного шурфом 5, мощность гумусированного слоя также невелика (диапазон 17–31 м). Исходя из уровня удельного сопротивления, здесь грунт приповерхностного слоя в существенно меньшей степени насыщен органическими остатками антропогенной деятельности. Вероятнее всего, такой же переотложенный слой является основным заполнением обоих заглубленных объектов (рис. 3, 2, 3).

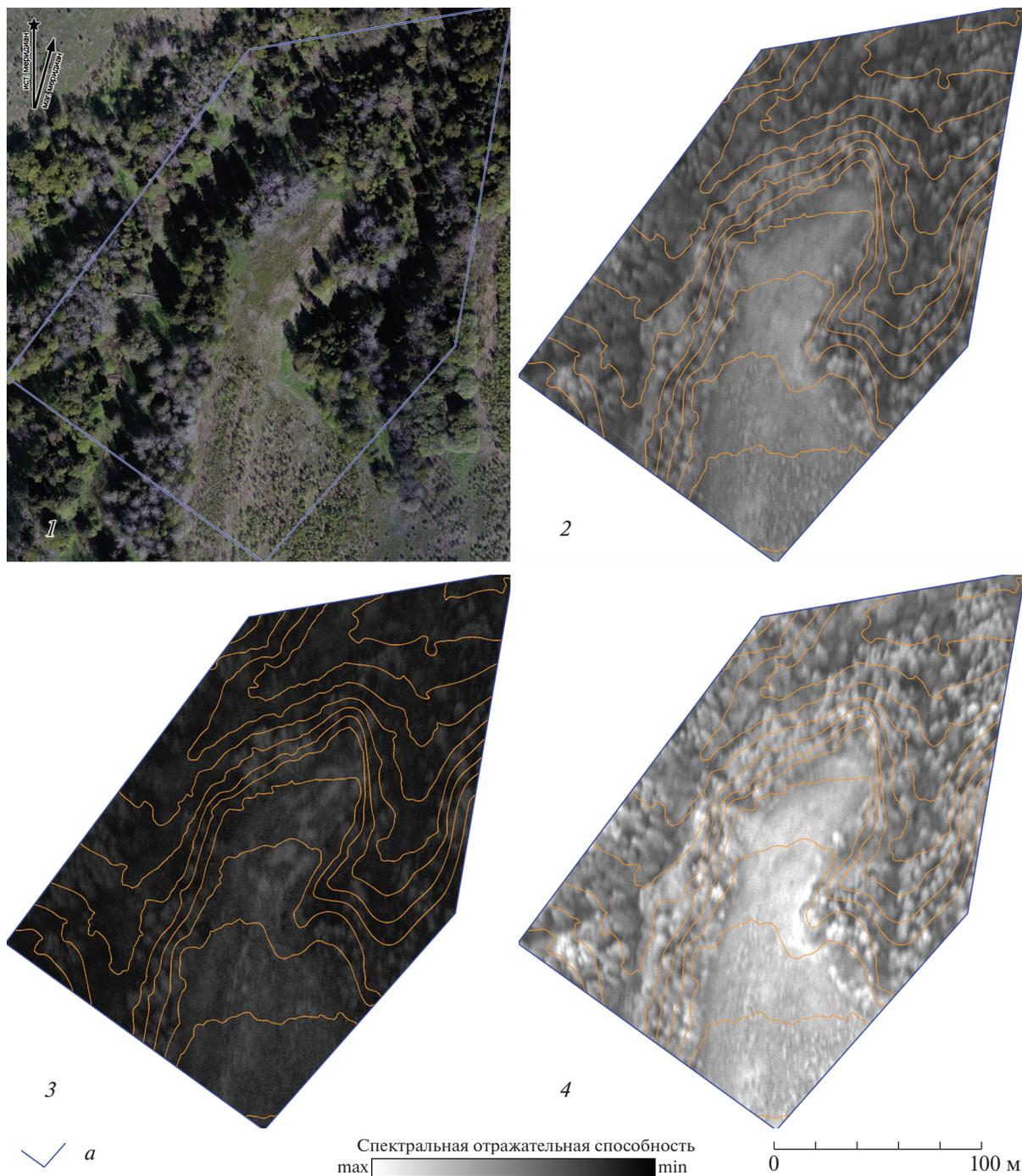
**Многозональная съемка и методы обработки данных.** Аэрофотосъемка городища Садейкар и прилегающей территории, построение ортофото-плана выполнены специалистами ООО «Финко» (г. Ижевск). Съемка в видимом диапазоне проводилась с беспилотного летательного аппарата самолета типа Supercam S350-F с высоты 200 м над уровнем поверхности (рис. 5, 1). Контроль полученной фотограмметрической модели местности показал, что средние ошибки не превышали 0.05 м в плане и 0.07 м по высоте. Ортофото-план связан с набором изображений в разных диапазонах электромагнитного спектра: видимый зеленый Green (0.52–0.60 мкм), видимый красный Red (0.63–0.69 мкм) и ближний инфракрасный NIR (0.77–0.90 мкм). Многозональная съемка выполнена в начальный вегетационный период с использованием 3-х канальной камеры Tetracam ADC Micro (Tetracam Inc., Chatsworth, CA, USA) с высоты 600 м над средним уровнем поверхности (рис. 5, 2–4). Эти данные фиксируют изменение характера растительности. В общем случае наибольшая отражательная способность зеленой растительности приходится на каналы NIR и Green, в канале Red отражательная способность зеленой растительности минимальна (Kallepalli et al., 2016).

В большинстве случаев выявление археологических объектов основано на визуальном анализе изображений. Выделяют три основных типа признаков археологических объектов, различимых на данных дистанционного зондирования: рельефные, растительные и почвенные (Lasaponara, Masini, 2012). При «сглаженной» распашкой поверхности средневековых поселений рельефные признаки малоинформативны (рис. 5, 1). Поэтому предварительное выявление участков гумусированного слоя различной мощности может быть основано на оценке изменения растительных признаков по материалам многозональной аэрофотосъемки. Основанием для интерпретации являются следующие соображения. Культурный слой формируется в результате накопления и разложения органических остатков антропогенной деятельности, поэтому выделяется интенсивностью процессов почвообразования. В свою очередь, насыщенность почв гумусом влияет на интенсивность и плотность растительности. Таким образом, классификация участков многозональных изображений по отличиям растительного покрова обеспечивает возможность обнаружения областей с различной мощностью культурного слоя.

Возможности визуального анализа материалов дистанционного зондирования ограничены. Ярким примером является изучение археологического комплекса Newstead (Nottinghamshire, England). По современным данным римский форт был создан на участке более раннего вре-

менного лагеря (Cowley, 2013. P. 82). Аэрофотосъемка этой территории проводилась с 1945 г. Фрагмент рва временного лагеря проявлялся по растительным признакам на многих ранних снимках, но был выделен только в 2006 г. в ходе сравнительного анализа всего массива материалов съемки памятника. Объяснением такой ситуации является относительно слабый контраст растительности, маркирующей этот объект, в сравнении с «фоновой» растительностью. Кроме того, растительные аномалии, вызванные сооружениями позднего форта, существенно интенсивнее (Cowley, 2013. Fig. 9). На их фоне растительные аномалии, связанные со рвом раннего лагеря, визуалью менее очевидны. Подобная ситуация наблюдается при рассмотрении исходных многозональных изображений городища Садейкар и прилегающей территории. В целом здесь очевидно выражены отличия структуры растительности на пологой поверхности мысы и в оврагах. При этом в канале Green (рис. 5, 2) контрастно выделяются только древесная и кустарниковая растительность, а на пологой поверхности изменение растительного покрова фиксируется неоднозначно. Изображения в каналах Red (рис. 5, 3) и NIR (рис. 5, 4) существенно различны по отражательной способности. На них, в отличие от канала Green, вариации характера растительности на пологой поверхности фиксируются более контрастно: в южной части мыса выявляются локальные неоднородности преимущественно линейной формы, а в северной части – аномальные области площадного распространения достаточно однородной структуры. В целом многозональные изображения дополняют снимки в видимом диапазоне. Однако исходные изображения не позволяют однозначно выявить расположение участков с различной мощностью культурного слоя. Отсутствие очевидных границ вызвано объективными причинами: распашкой и сопутствующей плоскостной эрозией. С учетом этих ограничений необходимо дополнительное математическое преобразование данных многозональной съемки.

Одним из возможных способов является вычисление текстурных признаков, которые описывают закономерности взаимного расположения пикселей изображения с различной интенсивностью в пределах заданного окна анализа (однородность, корреляция и пр.) (Haralick, Shanmugam, Dinstein, 1973). Поэтому текстура различных областей растительности существенно различна (Dian, Li, Pang, 2015; Kwak, Park, 2019). Следовательно, такое преобразование эффективно для определения тенденций распространения культурного слоя поселений, разрушенных распашкой. Дальнейшее уточнение возможно на основе применения методов, которые позволяют выделить наиболее информативные преобразованные изображения. Для этого может быть ис-



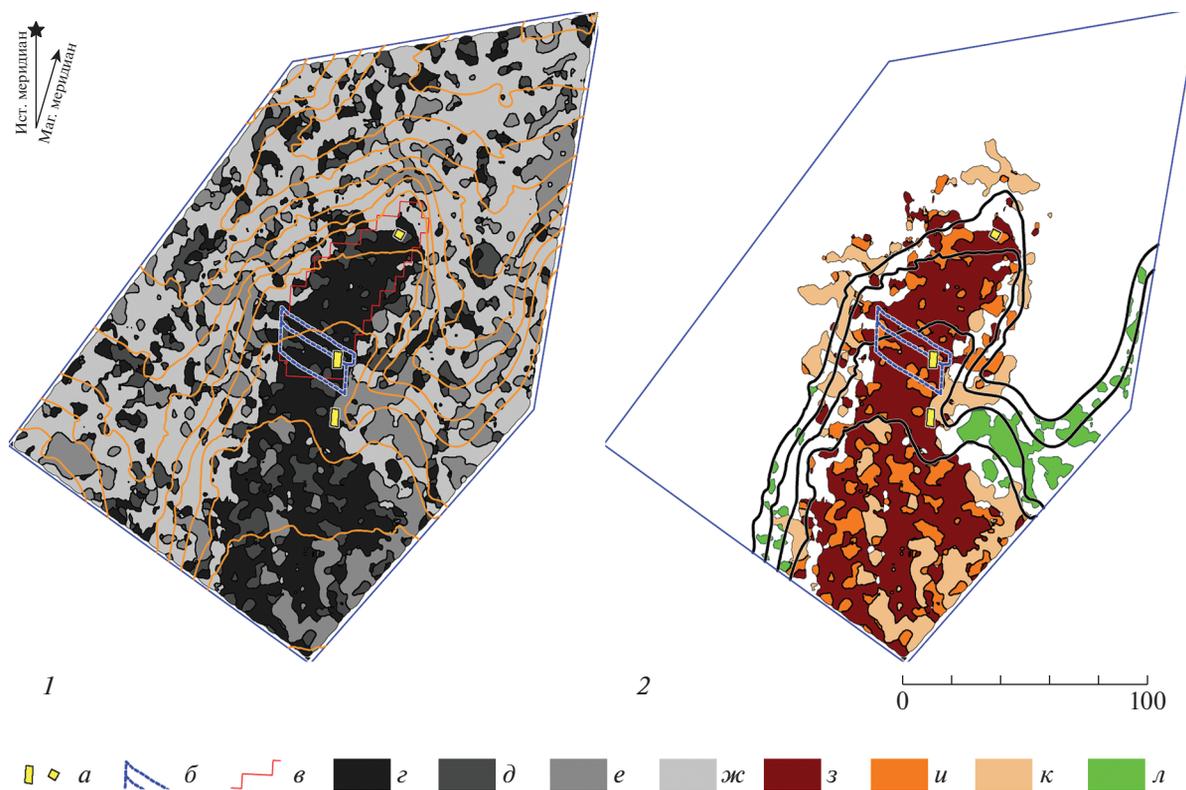
**Рис. 5.** Ортофотоплан (1) и мультиспектральные изображения в каналах: Green (2), Red (3), NIR (4). Контурные линии нанесены через 2.5 м.

Условные обозначения: *a* – граница участка статистического анализа.

**Fig. 5.** Orthophotomaps (1) and multispectral images in the following channels: Green (2), Red (3), NIR (4). The contours are drawn every 2.5 m

пользован метод главных компонент (Principal component analysis – PCA). Примеры успешных исследований подтверждают целесообразность его применения (Abate et al., 2020; Starkova, 2020).

Следующим шагом является сегментация территории обследования в новой системе информативных признаков. Под сегментацией понимается разбиение изображения на непересекающиеся



**Рис. 6.** Результат сегментации (1) и интерпретация сегментов (2).

Условные обозначения: *a* – шурф; *b* – контур оборонительных сооружений; *v* – граница электропрофилирования; участки классов 1 (*z*), 2 (*d*), 3 (*e*) и 4 (*ж*); *z* – замещенный слой, перекрытый слоем значительной мощности, *u* – замещенный слой, *k* – переотложенный слой, *л* – естественная растительность.

**Fig. 6.** The result of segmentation (1) and interpretation of segments (2)

области, каждая из которых характеризуется однородными свойствами и близкими значениями рассматриваемых параметров. Результатом является карта территории обследования, отражающая распределение ландшафтных объектов нескольких “классов”. Сегменты изображения имеют точную привязку к координатам местности. Это необходимо для дальнейшей интерпретации объектов. При отсутствии визуально фиксируемых признаков интерпретация основывается на комплексе независимых междисциплинарных данных. В некоторых случаях используются высокоточные аэрофотоснимки и спутниковые снимки видимого диапазона, а также археологические раскопки и этнографические материалы (Agariou, 2020; Lim et al., 2021; Traviglia, Torsello, 2017). Кроме того, для интерпретации используются данные геофизических исследований (Carmona et al., 2020; Noviello et al., 2013; Wadsworth, Supernant, Kravchinsky, 2021).

Для определения тенденций распространения культурного слоя на площадке городища Садейкар и прилегающей территории был использован алгоритм статистического анализа, включающий

все перечисленные этапы обработки (Zlobina et al., 2021): вычисление признаков Харалика, повышение информативности признаков методом PCA и сегментация изображений методом k-means. Интерпретация результатов сегментации (рис. 6, 1) основана на сопоставлении выделенных сегментов с эталонными данными археолого-геофизических исследований.

Сегменты класса 1, которые занимают большую часть пологой поверхности мыса, вероятно, соответствуют замещенному слою, перекрытому переотложенным слоем значительной мощности (рис. 6, 2). Это согласуется с результатами электропрофилирования и электротомографии (рис. 4), а также с материалами шурфа 4 (рис. 3, 2).

Сегменты класса 2, вероятно, соответствуют предельному состоянию культурного слоя: тонкие прослойки сохранившихся исходных напластований перекрыты переотложенным слоем незначительной мощности (около 0.2 м). Это согласуется с материалами шурфа 3 на мысовой части поселения (рис. 3, 1). Кроме того, на геоэлектрическом разрезе (рис. 4, 2) фиксируется, что между шурфами 4 и 5 грунт приповерхностного слоя в

существенно меньшей степени насыщен органическими остатками антропогенной деятельности. Исходя из этого, можно предположить, что сегменты класса 2 на площадке городища соответствуют замещенному культурному слою, а за пределами поселения — участкам с малой мощностью гумусированного слоя.

Сегменты класса 3 фиксируются в основном на откосах оврагов (рис. 6, 1). Очевидная приуроченность к подчиненным формам рельефа и расположение этих участков по периметру площадки поселения позволяют отнести их к переотложенному слою — разрушенному культурному слою поселения, который был перемещен эрозионными процессами. Известно, что распашка, вырубка леса и выпас скота существенно повышают интенсивность плоскостной эрозии, вследствие которой формируются такие зоны накопления мелкозема. Также сегменты класса 3 фиксируются в южной части пологой поверхности мыса — на участках распашки за пределами границы поселения. Вероятно, здесь мощность гумусированного слоя невелика и сопоставима с переотложенным слоем в пределах сегментов класса 2 (шурф 3). Это демонстрируют материалы шурфа 5 (рис. 3, 3), северная часть которого расположена на участке класса 3.

Сегменты класса 4 (рис. 6, 1), а также остальные участки классов 1–3 (рис. 6, 2), вероятно, связаны с неоднородной плотной растительностью в оврагах и по краю пологой поверхности мыса. Склоны, дно оврагов и стрелка мыса поросли смешанным лесом (ель, береза, осина). Западная часть мыса покрыта плотными зарослями малины и шиповника (Кириллов, 2012. С. 27). Участки плотной естественной растительности могут быть связаны с высокой влажностью почв в понижениях рельефа. Кустарниковая и древесная растительность наглядно проявляется на исходных многозональных снимках и снимках в видимом диапазоне (рис. 5).

Важно отметить, что по результатам сегментации на мысовой части растительность практически однородна (класс 1 с редкими включениями класса 2). Южная часть пологой поверхности, наоборот, крайне неоднородна (классы 1, 2 и 3 представлены практически в равных долях) (рис. 6, 1). Такое отличие структуры может объясняться “барьерами”, препятствующими перераспределению переотложенного слоя по пологой поверхности мыса. Одним из них являются сохранившиеся остатки оборонительных сооружений (шурф 4, рис. 3, 2; 4), другим — понижение рельефа, заполненное гумусированным суглинком (шурф 5, рис. 3, 3; 4, 2). Эти объекты выявлены при геофизических исследованиях и подтверждены раскопками. С ними, вероятно, связаны зоны переотложенного слоя линейной формы, расположенные

на западном и восточном склонах мыса городища, которые приурочены к устью этих заглубленных объектов (рис. 6, 2). Образование таких участков обусловлено водной эрозией. Разрушенный распашкой культурный слой в результате плоскостной эрозии постепенно накапливается во рвах как в микрорельефах рельефа. Более высокая интенсивность водных потоков, стекающих по рвам, обеспечивает транзит этого слоя на участки склона, расположенные ниже устья рва.

По всему периметру мысовой части на склонах холма также фиксируются области переотложенного культурного слоя (рис. 6, 2). Именно здесь на пологой поверхности выявлена более однородная структура растительности. Примечательно, что области переотложенного слоя практически не встречаются на склонах южной части мыса (за пределами углубленных объектов). Соответственно, компактное расположение областей переотложенного слоя на склонах может маркировать зону жилой и хозяйственной застройки поселения — участки, где в средневековье формировался наиболее насыщенный и мощный культурный слой. Обобщая сказанное, можно заключить, что городище Садейкар в период его функционирования было расположено в северной части мыса. Вероятно, площадка поселения была ограничена заглубленным объектом, выявленным на геоэлектрическом разрезе (рис. 4, 2) и подтвержденным шурфом 5 (рис. 3, 3). Безусловно, проверка этого предположения возможна только при существенном увеличении площади раскопок.

Комплексные исследования Заболотновского городища Садейкар — поселения переходного периода от полемской к чепецкой культуре — охватили не только вероятную площадку городища, но и значительный участок прилегающей территории. Это позволило подтвердить наличие оборонительных сооружений, оценить границу поселения, а также обосновать его рядовую планировку. Результаты достигнуты благодаря междисциплинарным исследованиям, обеспечившим возможность сравнения геофизических данных с материалами целенаправленных раскопок, и статистическому анализу многозональных снимков. Показано, что признаком исходных культурных напластований может рассматриваться однородная структура растительности на пологой поверхности мыса в сочетании с компактными областями переотложенного гумусированного слоя на склонах. Дополнительным признаком оборонительных сооружений, сглаженных распашкой, являются участки переотложенного культурного слоя линейной формы, приуроченные к устью рвов, выявленных при геофизических исследованиях и подтвержденных раскопками. Таким образом, обследование пло-

шадки поселения и прилегающей территории, оценка изменения характера растительности и конфигурации разноплановых сегментов многозональных изображений, соотнесение выявленных тенденций с особенностями ландшафта позволяют повысить достоверность реконструкции исходных границ средневековых поселений, разрушенных распахкой, и достоверность оценки сохранности культурного слоя.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-00189.

Статистическая обработка данных многозональных снимков выполнена к.т.н. А.Г. Злобиной, к.т.н. А.С. Шаура и к.т.н. А.И. Баженовой, сотрудниками Удмуртского федерального исследовательского центра УрО РАН (г. Ижевск).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Журбин И.В.* Комплексная геофизика в региональных археологических исследованиях (опыт изучения средневековых финно-угорских поселений бассейна р. Чепцы) // Российская археология. 2019. № 3. С. 92–104.
- Журбин И.В.* Геофизические исследования поселений чепецкой культуры: комплексный анализ и интерпретации. Москва: ТАУС, 2020. 168 с.
- Иванов А.Г., Иванова М.Г., Останина Т.И., Шутова Н.И.* Археологическая карта северных районов Удмуртии. Ижевск: Удмуртский ин-т истории, языка и литературы Уральского отд. РАН, 2004. 276 с.
- Кириллов А.Н.* Отчет об археологических разведках в Глазовском районе Удмуртской Республики в 2006 г. // Архив Историко-культурного музея-заповедника Удмуртской Республики “Иднакар”. 2006. Д. 02–03.
- Кириллов А.Н.* Отчет о научно-исследовательской работе “Археологические работы по определению границ объектов археологического наследия в Глазовском районе и разведочные работы в Ярском районе Удмуртской Республики” // Архив Историко-культурного музея-заповедника Удмуртской Республики “Иднакар”. 2012. Д. 02–03.
- Первухин Н.Г.* Опыт археологического исследования Глазовского уезда Вятской губернии // Материалы по археологии восточных губерний России. Т. 2. М.: Тип. М.Г. Волчанинова, 1896. С. 13–127.
- Семенов В.А.* Отчет об археологических разведках памятников эпохи железа в среднем течении р. Чепцы, произведенных отрядом Удмуртской археологической экспедиции в 1957 г. // Научный архив Удмуртского института истории, языка и литературы Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН. 1957. Оп. 2-Н. Д. 147а. Генинг В.Ф., Семенов В.А., Стоянов В.Е., Еговкина Л.И. Отчет об археологических исследованиях Удмуртской археологической экспедиции (в Глазовском, Кезском, прикамских районах Удмуртии, Ижевский могильник) за 1957 год.
- Список дозорных книг воевод князя Федора Андреевича Звенигородского да Василия Терентьевича Жемчужникова да дьяка Михаила Ординцова, 1615 г. // Российский государственный архив древних актов. Ф. 1209. Оп. 1. Д. 1030.
- Спицын А.А.* Приуральский край. Археологические розыскания о древнейших обитателях Вятской губернии. М.: Тип. Э. Лисснера и Ю. Романа, 1893 (Материалы по археологии восточных губерний России; т. 1). 192 с.
- Abate N., Elfadaly A., Masini N., Lasaponara R.* Multitemporal 2016–2018 Sentinel-2 data enhancement for landscape archaeology: The case study of the Foggia Province, southern Italy // Remote Sensing. 2020. V. 12. № 8. 1309.
- Agapiou A.* Evaluation of Landsat 8 OLI/TIRS Level-2 and Sentinel 2 Level-1C fusion techniques intended for image segmentation of archaeological landscapes and proxies // Remote Sensing. 2020. V. 12. № 3. 579.
- Carmona J.A.S., Quiros E., Mayoral V., Charro C.* Assessing the potential of multispectral and thermal UAV imagery from archaeological sites. A case study from the Iron Age hillfort of Villasviejas del Tamuja (Cáceres, Spain) // Journal of Archaeological Science: Reports. 2020. V. 31. 102312.
- Cowley D.* What kind of gaps? Some approaches to understanding bias in remote sensing data // Archeologia Aerea. 2013. № 7. P. 76–88.
- Dian Y., Li Z., Pang Y.* Spectral and texture features combined for forest tree species classification with airborne hyperspectral imagery // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 2015. V. 43. P. 101–107.
- Geophysical survey in archaeological field evaluation. 2nd ed. / Ed. M.J. David. Swindon: English Heritage, 2008. 59 p.
- Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I.* Textural features for image classification // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1973. № 6. P. 610–621.
- Kallepalli A., Kumar A., Khoshelham K., James D.B.* Application of spectral and spatial indices for specific class identification in Airborne Prism Experiment (APEX) imaging spectrometer data for improved land cover classification // Earth Resources and Environmental Remote Sensing / GIS Applications VII. Bellingham, 2016 (International Society for Optics and Photonics. Proceedings; vol. 10005).
- Kwak G.-H., Park N.-W.* Impact of texture information on crop classification with machine learning and UAV images // Applied Science. 2019. V. 9. № 4. 643.
- Lasaponara R., Masini N.* Remote sensing in archaeology: from visual data interpretation to digital data manipulation // Satellite remote sensing: a new tool for archaeology. Dordrecht: Springer, 2012. P. 3–16.
- Lim J.S., Gleason S., Jones W., Church W.* Nuna Nalluyuituq (The Land Remembers): Remembering landscapes and refining methodologies through community-based remote sensing in the Yukon-Kuskokwim Delta, Southwest Alaska // Archaeological Prospection. 2021. V. 28. Iss. 3. P. 339–355.
- Noviello M., Ciminale M., de Pasquale V.* Combined application of pansharpening and enhancement methods to improve archaeological cropmark visibility and identification in QuickBird imagery: Two case studies from

- Apulia, southern Italy // *Journal of Archaeological Science*. 2013. V. 40. Iss. 10. P. 3604–3613.
- Starkova L.* Toward a high-definition remote sensing approach to the study of deserted medieval cities in the near east // *Geosciences*. 2020. V. 10. № 9. 369.
- Traviglia A., Torsello A.* Landscape pattern detection in archaeological remote sensing // *Geosciences*. 2017. V. 7. № 4. 128.
- Wadsworth W.T.D., Supernant K., Kravchinsky V.A.* An integrated remote sensing approach to Métis archaeology in the Canadian prairies // *Archaeological Prospection*. 2021. V. 28. Iss. 3. P. 321–337.
- Zhurbin I., Borisov A., Zlobina A.* Reconstruction of the occupation layer of archaeological sites based on statistical analysis of soil materials // *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2022. V. 41. 103347.
- Zlobina A.G., Shaurova A.S., Zhurbin I.V., Bazhenova A.I.* Algorithm for statistical analysis of multispectral survey data to identify the anthropogenic impact of the 19th century on the natural environment // *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2021. V. 31. № 2. P. 345–355.

## COMPREHENSIVE STUDIES OF THE ZABOLOTNOYE PROMONTORY FORT OF SADEYKAR – A SITE OF THE TRANSITION PERIOD FROM THE POLOM TO THE CHEPTSA CULTURE

Igor V. Zhurbin<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> Udmurt Federal Research Centre, Ural Branch of RAS, Izhevsk, Russia

<sup>#</sup> E-mail: zhurbin@udm.ru

The paper proposes a new methodological approach to reconstruct the boundaries and structure of medieval settlements without relief features. Initially, a statistical analysis of multispectral aerial photography data is conducted including the calculation of Haralick textural features; the reduction in the number of features by principal component analysis; and the segmentation of images based on the obtained features using the k-means method. This analysis makes it possible to divide the settlement site and its vicinity into areas with fundamentally different vegetation intensities. A comparison with the geophysical and archaeological survey data allows the interpretation of the identified areas. The research was conducted at the fortified settlement of Sadeykar, the preliminary examination of which yielded a representative set of reference data. This made it possible to confirm the presence of defensive structures, to determine the boundary of the settlement, and to substantiate its row layout. The statistical analysis resulted in identifying the locations of occupation layer segments in different states of preservation and substantiating the settlement boundaries.

**Keywords:** settlement, plowing, preservation of the cultural layer, boundaries, the Polom and Cheptsas cultures, geophysics, multizonal survey, segmentation.

### REFERENCES

- Abate N., Elfadaly A., Masini N., Lasaponara R.*, 2020. Multitemporal 2016–2018 Sentinel-2 data enhancement for landscape archaeology: The case study of the Foggia Province, southern Italy. *Remote Sensing*, vol. 12, no. 8, 1309.
- Agapiou A.*, 2020. Evaluation of Landsat 8 OLI/TIRS Level-2 and Sentinel 2 Level-1C fusion techniques intended for image segmentation of archaeological landscapes and proxies. *Remote Sensing*, vol. 12, no. 3, 579.
- Carmona J.A.S., Quiros E., Mayoral V., Charro C.*, 2020. Assessing the potential of multispectral and thermal UAV imagery from archaeological sites. A case study from the Iron Age hillfort of Villasviejas del Tamuja (Cáceres, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 31, 102312.
- Cowley D.*, 2013. What kind of gaps? Some approaches to understanding bias in remote sensing data. *Archeologia Aerea*, 7, pp. 76–88.
- Dian Y., Li Z., Pang Y.*, 2015. Spectral and texture features combined for forest tree species classification with airborne hyperspectral imagery. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43, pp. 101–107.
- Geophysical survey in archaeological field evaluation. 2nd ed. M.J. David, ed. Swindon: English Heritage, 2008. 59 p.
- Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I.*, 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 6, pp. 610–621.
- Ivanov A.G., Ivanova M.G., Ostanina T.I., Shutova N.I.*, 2004. Arkheologicheskaya karta severnykh rayonov Udmurtii [Archaeological map of the northern regions of Udmurtia]. Izhevsk: Udmurtskiy institut istorii, yazyka i literatury Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. 276 p.
- Kallepalli A., Kumar A., Khoshelham K., James D.B.*, 2016. Application of spectral and spatial indices for specific class identification in Airborne Prism Experiment (APEX) imaging spectrometer data for improved land cover classification. *Earth Resources and Environmental Remote Sensing / GIS Applications VII*. Bellingham. (International Society for Optics and Photonics. Proceedings, 10005).
- Kirillov A.N.*, 2006. Otchet ob arkheologicheskikh razvedkakh v Glazovskom rayone Udmurtskoy Respubliki v 2006 g. [Report on archaeological surveys in Glazov district of the Udmurt Republic in 2006]. *Arkhiv Istoriko-*

- kul'turnogo muzeya-zapovednika Udmurtskoy Respubliki "Idnakar" [The Archive of the "Idnakar" Historical and Cultural Museum-Reserve of the Udmurt Republic]*, D. 02–03.
- Kirillov A.N., 2012. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote "Arkheologicheskie raboty po opredeleniyu granits ob"ektov arkheologicheskogo naslediya v Glazovskom rayone i razvedochnye raboty v Yarskom rayone Udmurtskoy Respubliki" [Report on the research project "Archaeological activities to determine the boundaries of archaeological heritage objects in Glazov District and surveys in Yar District of the Udmurt Republic"]. *Arkhiv Istoriko-kul'turnogo muzeya-zapovednika Udmurtskoy Respubliki "Idnakar" [The Archive of the "Idnakar" Historical and Cultural Museum-Reserve of the Udmurt Republic]*, D. 02–03.
- Kwak G.-H., Park N.-W., 2019. Impact of texture information on crop classification with machine learning and UAV images. *Applied Science*, vol. 9, no. 4, 643.
- Lasaponara R., Masini N., 2012. Remote sensing in archaeology: from visual data interpretation to digital data manipulation. *Satellite remote sensing: a new tool for archaeology*. Dordrecht: Springer, pp. 3–16.
- Lim J.S., Gleason S., Jones W., Church W., 2021. Nuna Naluyuituq (The Land Remembers): Remembering landscapes and refining methodologies through community-based remote sensing in the Yukon-Kuskokwim Delta, Southwest Alaska. *Archaeological Prospection*, vol. 28, iss. 3, pp. 339–355.
- Noviello M., Ciminale M., de Pasquale V., 2013. Combined application of pansharpening and enhancement methods to improve archaeological cropmark visibility and identification in QuickBird imagery: Two case studies from Apulia, southern Italy. *Journal of Archaeological Science*, vol. 40, iss. 10, pp. 3604–3613.
- Pervukhin N.G., 1896. An experience of archaeological research of Glazov uyezd (district), Vyatka Province. *Materialy po arkheologii vostochnykh guberniy Rossii [Materials on the archaeology of the eastern provinces of Russia]*, 2. Moscow: Tipografiya M.G. Volchaninova, pp. 13–127. (In Russ.)
- Semenov V.A., 1957. Otchet ob arkheologicheskikh razvedkakh pamyatnikov epokhi zheleza v srednem techenii r. Cheptsy, proizvedennykh otryadom Udmurtskoy arkheologicheskoy ekspeditsii v 1957 g. [Report on archaeological surveys of Iron Age sites in the middle reaches of the Cheptsy river by the detachment of the Udmurt archaeological expedition in 1957]. *Nauchnyy arkhiv Udmurtskogo instituta istorii, yazyka i literatury Udmurtskogo federal'nogo issledovatel'skogo tsentra Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk [Scientific Archive of the Udmurt Institute of History, Language and Literature at the Udmurt Federal Research Centre UB RAS]*, Op. 2-N, D. 147a. Gening V.F., Semenov V.A., Stoyanov V.E., Egovkina L.I. Otchet ob arkheologicheskikh issledovaniyakh Udmurtskoy arkheologicheskoy ekspeditsii (v Glazovskom, Kezskom, prikamskikh rayonakh Udmurtii, Izhevskiy mogil'nik) za 1957 god [Report on the archaeological research of the Udmurt archaeological expedition (in Glazov, Kez, Prikamsky districts of Udmurtia, the Izhevsk burial ground) for 1957].
- Spisok dozornykh knig voevod knyazyza Fedora Andreevicha Zvenigorodskogo da Vasiliya Terent'evicha Zhemchuzhnikova da d'yaka Mikhaila Ordintsova, 1615 g. [Register of inventory revision books by voivodes of Prince Fyodor Andreevich of Zvenigorod and Vasily Terentyevich Zhemchuzhnikov and clerk Mikhail Ordintsov, 1615]. *Rossiyskiy gosudarstvennyy arkhiv drevnykh aktov [Russian State Archive of Old Records]*, F. 1209, Op. 1, D. 1030.
- Spitsyn A.A., 1893. Priural'skiy kray. Arkheologicheskie rozyskaniya o drevneyshikh obitatel'yakh Vyatskoy gubernii [Cisural Land. Archaeological investigations about the earliest inhabitants of Vyatka Province]. Moscow: Tipografiya E. Lissnera i Yu. Romana. 192 p. (Materialy po arkheologii vostochnykh guberniy Rossii, 1).
- Starkova L., 2020. Toward a high-definition remote sensing approach to the study of deserted medieval cities in the near east. *Geosciences*, vol. 10, no. 9, 369.
- Traviglia A., Torsello A., 2017. Landscape pattern detection in archaeological remote sensing. *Geosciences*, vol. 7, no. 4, 128.
- Wadsworth W.T.D., Supernant K., Kravchinsky V.A., 2021. An integrated remote sensing approach to Métis archaeology in the Canadian prairies. *Archaeological Prospection*, vol. 28, iss. 3, pp. 321–337.
- Zhurbin I., Borisov A., Zlobina A., 2022. Reconstruction of the occupation layer of archaeological sites based on statistical analysis of soil materials. *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 41, 103347.
- Zhurbin I.V., 2019. Complex geophysics in regional archaeological research (experience of studying medieval Finno-Ugric settlements in the Cheptsy River region). *Rossiyskaya arkheologiya [Russian archaeology]*, 3, pp. 92–104. (In Russ.)
- Zhurbin I.V., 2020. Geofizicheskie issledovaniya poseleniy chepetskoy kul'tury: kompleksnyy analiz i interpretatsii [Geophysical studies of Cheptsy culture settlements: complex analysis and interpretations]. Moscow: TAUS. 168 p.
- Zlobina A.G., Shaura A.S., Zhurbin I.V., Bazhenova A.I., 2021. Algorithm for statistical analysis of multispectral survey data to identify the anthropogenic impact of the 19th century on the natural environment. *Pattern Recognition and Image Analysis*, vol. 31, no. 2, pp. 345–355.