

**ОБОСОБЛЕННОЕ СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
"АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН"  
"ИНСТИТУТ АРХЕОЛОГИИ ИМ. А. Х. ХАЛИКОВА  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН"**

**На правах рукописи**

**Бездудный Владимир Григорьевич**

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕВЕКОВЫХ  
АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПОВОЛЖЬЯ МЕТОДАМИ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (МАГНИТОМЕТРИЯ,  
ГЕОРАДИОЛОКАЦИЯ)**

**Специальность 5.6.3. Археология (исторические науки)**

**Диссертация на соискание ученой  
степени кандидата исторических наук**

**Научный руководитель:  
доктор исторических наук,  
профессор А.Г. Ситдигов**

**Казань – 2026**

## Содержание

Введение .....	3
<b>Глава 1. Геофизические методы в археологии.....</b>	<b>19</b>
1.1. История применения геофизических методов в археологии .....	19
1.2. Методики полевых геофизических исследований в археологии .....	30
<b>Глава 2. Неразрушающие дистанционные методы в изучении</b>	
<b>производственных центров средневековых городищ .....</b>	<b>45</b>
2.1. Археологические объекты производственного района	
Болгарского городища.....	46
2.2. Локализация объектов производственного района	
Селитренного городища .....	59
2.3. Изучение производственного района Царевского городища.....	67
<b>Глава 3. Средневековые монументальные погребальные комплексы и их</b>	
<b>выявление неразрушающими методами .....</b>	<b>76</b>
3.1. Мавзолеи Болгарского городища.....	77
3.2. Лапасский комплекс мавзолеев у городища Ак Сарай.....	82
<b>Глава 4. Историческая топография средневековых городов Поволжья по</b>	
<b>данным геофизических исследований .....</b>	<b>100</b>
4.1. Историческая топография Билярского городища .....	100
4.2. Застройка средневекового Болгара по результатам геофизических	
изысканий.....	111
4.3. Методы реконструкции средневековой городской застройки на основе	
анализа комплексных данных неразрушающих методов.....	117
Заключение.....	139
<i>Список источников.....</i>	<i>145</i>
<i>Список литературы.....</i>	<i>146</i>
<i>Иллюстрации.....</i>	<i>173</i>

## Введение

Комплексное междисциплинарное изучение историко-культурного наследия, обладающего огромным информационным потенциалом, дает уникальные возможности для получения новых данных о прошлом. Исследование объектов археологического наследия методами гуманитарных наук позволяет извлечь важные знания при осмыслении остатков материальной культуры, связанных с антропогенным вмешательством в окружающий мир на различных этапах развития общества. Широкий спектр применения археологических методов изучения расширяет наше познание об истории и культурном наследии человечества, но их методические возможности ограничены спецификой сохранности источников о прошлом, их фрагментарностью и несопоставимостью данных. Только комплексный междисциплинарный анализ всей совокупности собранных сведений может определить объективность наших знаний о прошлом.

Особое место в изучении истории занимают археологические исследования, дающие возможность исследования широкого спектра объектов материальной культуры, связанных со средой обитания человека и хозяйственной жизнью. Специфика жизнедеятельности человека тесно переплетена с изменениями среды его обитания, использованием им сырьевых источников для удовлетворения запросов повседневной жизни и адаптацией к окружающему миру. Современные информационные технологии и методы естественных наук создают новые возможности для получения знаний в результате изучения объектов культурного наследия, сохраняющих важные сведения о древних технологиях, о времени их изготовления и использования, об особенностях освоения сырьевых источников и биологических ресурсов, а также о пространственном освоении и создании архитектурно-инженерных сооружений.

Традиционные методы изучения памятников археологии связаны с особенностью проводимых исследований. В результате научных изысканий

сохранившиеся в течение тысячелетий напластования культурного слоя, сформировавшегося в результате жизнедеятельности, подвергаются полному разрушению. Повторное их исследование после археологических раскопок оказывается невозможным. Исключительно важной в организации любых изысканий археологов является минимизация неоправданного разрушения уникального культурного слоя памятника.

Современные естественно-научные методы дают новые возможности для изучения объектов культурного наследия неразрушающим способом, основывающимся на методах томографии, электронной микроскопии, пространственном анализе геоинформационных систем баз данных об объектах археологии, аэрокосмической геодезии, геофизических изысканиях и многих других методах. Получение сведений о памятнике археологии и артефактах из раскопов без изменения их физических свойств создает исключительные возможности в сохранении источникового потенциала объекта исследования для будущих поколений.

Геофизические исследования как составная часть комплекса неразрушающих дистанционных методов зондирования являются важной неотъемлемой, но исключительно вспомогательной частью единого комплексного исследования памятника археологии. Комплексный подход позволяет взглянуть на изучаемый археологический памятник с разных точек зрения, выявить общие элементы отражения его при различных методах изучения, выявить закономерности и особенности.

Для выявления отдельных элементов археологического памятника до получения предварительных результатов не всегда понятно, какой из возможных к применению методов проведения изысканий даст больше информации. Применяя тот или иной метод изучения, исследователь уделяет повышенное внимание какому-то одному либо комплексу свойств, деталей и особенностей данного памятника. Выясняется, какие особенные свойства данного объекта отражаются при изучении данного памятника и в чем его общность либо отличие от других.

**Актуальность** изучения исторической топографии археологических памятников Нижнего и Среднего Поволжья методами дистанционного зондирования на основе георадиолокации и магнитометрии обусловлена внедрением важных инновационных элементов в процесс исследования средневековой культуры на рассматриваемой территории. Трансформация и развитие средневековых поселенческих структур и связанная с ними хозяйственная деятельность привели к формированию в Поволжье крупных городов и значительных жилых, производственных и погребальных комплексов, занимающих сотни гектаров, не имеющих часто аналогов подобным поселениям на других территориях нашей страны.

Развитие научных знаний предполагает накопление эмпирических знаний при исследовании объекта изучения. Благодаря многолетним систематическим исследованиям археологов появились важные свидетельства об истории градостроительной деятельности, особенностях развития строительной и производственной культуры, выявлены и проанализированы монументальные архитектурные сооружения, накоплены важные материалы по погребальным традициям и связанным с ними поминальным и ритуальным сооружениям, объектом самостоятельного изучения стали элементы благоустройства и связанные с ними постройки, получены обширные данные по материальной культуре и иные новые значимые научные сведения об истории и культуре средневековых городских поселений. Несмотря на продолжительные исследования, территория изученности памятников имеет небольшую площадь от общего их пространства, что обусловлено значительными временными затратами в проведении полноценных археологических исследований в соответствии с методикой полевых исследований.

Важность понимания развития средневековой городской застройки Поволжья и необходимость пространственного анализа изначально занимали важное место в работах археологов, а с развитием технологий совершенствовались привлекаемые методы. Значительное влияние на их развитие оказало внедрение методов анализа аэро- и космосъемок, а также

появление методов геофизики, позволяющих за относительно короткий промежуток времени получить информацию об особенностях планиграфии поселения на момент изучения. Их применение поставило ряд новых задач, обусловленных адаптацией самих методов к изучению памятников археологии и выработкой подходов к интерпретации получаемых результатов. Расширение использования дистанционных неразрушающихся методов привело и к пониманию важности учета особенностей памятников археологии и выработке для отдельных категорий своих решений в организации исследований и их интерпретации, связанных с расположением, спецификой сложения культурного слоя, сформировавшегося в результате антропогенного воздействия и особенностей грунта и используемого материала в строительстве.

Поселенческие памятники эпохи Средневековья Поволжья имеют хорошо выраженные общие признаки и специфику, которые важно учитывать при осуществлении комплексных дистанционных исследований, включающих и геофизические исследования. Значительные работы последних лет на средневековых памятниках Нижнего и Среднего Поволжья (Болгарское, Билярское, Царевское, Селитренное городища и комплекса мавзолеев у с. Лапас) позволили выявить их специфику и общие моменты при организации изысканий методами геофизики и определить общие подходы в анализе полученных результатов. Возможности выявления на больших территориях структуры застройки городищ и рассмотрение вопросов ее развития за небольшой период работ дистанционными методами значительно расширили площадь исследований и выявили закономерности поселенческой структуры памятников Средневековья в Поволжье. В процессе исследования производственных объектов обращают на себя внимание локализация и интерпретация отдельных конструкций, построек и их элементов, имеющих разную степень сохранности, а также установление функциональных признаков производственных зон, сформировавшихся в период их эксплуатации. Выявлены особенности в локализации погребальных сооружений и планиграфии объектов прилегающей территории.

На современном этапе развития научных изысканий с использованием геофизических методов актуальной научной задачей изучения объектов археологического наследия средневековых поселенческих памятниках Нижнего Поволжья по материалам изысканий комплексными дистанционными неразрушающими методами является обобщение и анализ накопленной информации на основе выявленных в ходе работ закономерностей данных по интерпретации особенностей изменений свойств культурного слоя, связанного с имеющимися в нем аномалиями. Систематизация новых знаний в изучении средневековых объектов, получаемых в результате интерпретации информации полевых изысканий с применением новых методических решений в геофизических работах по изучению памятников археологии, выработанных в ходе обширных многолетних работ при их изучении, позволяет расширить применение этих методов в исследовании на других объектах, принимая во внимание возможности увеличить исследуемую площадь памятников за относительно небольшой промежуток времени для определения последующих задач по проведению археологических работ. Совокупность задач, стоящих перед комплексными исследованиями, также предполагает решение проблем, связанных с индивидуальным подходом к набору наиболее эффективных методов исследования на каждом из изучаемых памятников археологии.

Достоверная реконструкция исторической топографии средневековых археологических памятников Поволжья с минимальным воздействием на культурный слой предполагает применение широкого круга неразрушающих методов исследования в комплексе с привлечением данных разных видов дистанционного зондирования с применением космо-, аэро- и других носителей, которые оборудованы аппаратурой различной направленности, а также анализ максимального числа исторических материалов, доступных исследователю, представленных картографическими материалами прошлых лет, полевыми научными отчетами и другими источниками по изучаемому объекту. В ходе проведенных работ выработаны алгоритмы и методики получения достоверной информации о планиграфии памятников. Они направлены на решение проблем,

связанных с интерпретацией полученных данных дистанционных исследований (включая геофизические методы) и сопоставлением их с реальными археологическими объектами на средневековых памятниках Нижнего и Среднего Поволжья (Болгарское, Билярское, Царевское, Селитренное городища и комплекса мавзолеев у с. Лапас).

Степень изученности проблемы. В ходе написания теоретической и методологической частей исследования мной использовались труды как отечественных, так и зарубежных ученых, раскрывающие возможности исследования археологических памятников методами дистанционного зондирования (включая геофизические методы) (И. В. Журбин, И. Н. Модин, Д. С. Коробов, В. А. Андрианов, З. М. Слепак, В. Н. Марчук, В. В. Глазунов, А. Б. Белинский, С. В. Меркулов, В. В. Копейкин, П. А. Морозов, D. Goodman, А. К. Станюкович, Т. М. Смекалова, С. Л. Смекалов, Дж. В. Э. Фассбиндер, И. К. Лурье, М. О. Жуковский, Г. П. Гарбузов, Sarah H. Routledge, D. Danelli). Исследования прошлых лет с применением геофизических методов в разных регионах страны показали эффективность данных методов для изучения как больших площадей археологических памятников Средневековья, так и отдельных объектов. В основном исследователи применяли результаты отдельных дистанционных методов исследования: магнитометрия, электроразведка, георадар, аэрофото- и космоснимки, данные геодезии.

Результаты изучения проблем исследования археологических памятников показали как преимущества, так и ограничения в применении отдельных дистанционных методов. Существенными преимуществами дистанционных методов изучения являются: неразрушающий характер методов, их способность сохранять культурный слой изучаемого памятника для дополнительных либо повторных исследований; высокая площадная производительность изучения за короткий временной промежуток; получение новой информации о памятнике при отсутствии его внешних признаков на поверхности. Ограничения дистанционных методов изучения археологических памятников вытекают из: физических основ применения каждого из методов и, соответственно,

особенностей каждого отдельного памятника археологии, а иногда и их отдельных участков; специфики самих археологических объектов, их сохранности и влияния на них современной антропогенной нагрузки. Каждый из дистанционных методов работает с одной гранью отражения характеристик археологического памятника. Это может быть как изменение магнитных свойств культурного слоя и объектов в нем; разница диэлектрических проницаемостей в культурном слое вследствие человеческой деятельности; отражение в микрорельефе остатков археологизированных сооружений и их комплексов; а также изменения в отображении поверхности и различий в растительном покрове, обусловленные изменениями в культурном слое.

В работах предыдущих исследователей был отмечен ряд вопросов, требующих изучения и последующего применения представленных методик, таких как: создание баз данных типовых образов отображения археологических объектов разными методами; учет изменений микрорельефа при проведении геофизических исследований и последующей обработки; расширение площади исследования и дальнейшего увеличения производительности исследований с уменьшением временных и трудовых затрат; комплексный подход в применении анализа результатов применения представленных методов, компиляция и перекрестное подтверждение результатов разными способами. В представленном исследовании применен опыт комплексирования ортофото-, космоснимков и иных материалов цифрового отображения рельефа с опорой на результаты геофизических исследований, полученные на археологических памятниках Кисловодской котловины, Ставропольского края, под руководством Д. С. Коробова. Учитывался опыт и результаты комплексных геофизических исследований и последующих раскопок на средневековых памятниках Чепецкой культуры под руководством И. В. Журбина. В данной работе в первую очередь использован обозначенный предыдущими исследователями комплексный подход при изучении памятников археологии дистанционными методами, максимальное привлечение широкого круга данных разных методов на одной площадке.

Изученность средневековых памятников Нижнего и Среднего Поволжья дистанционными методами (магнитометрия, георадиолокация), за исключением Казанского кремля и Болгарского городища, крайне слабая. Казанский кремль изучался специалистами Казанского федерального университета. Под руководством З.М. Слепака продемонстрированы возможности прикладной геофизики при решении инженерно-геологических и археологических задач в условиях густой городской застройки. Особое внимание уделено изучению негативного воздействия водоносных слоев на памятники археологии и архитектуры<sup>1 2</sup>.

Болгарское городище также изучалось специалистами Казанского федерального университета<sup>3 4</sup>. Магнитометрией исследована основная часть Болгарского городища, где удалось локализовать более двух десятков аномалий, которые связаны с остатками каменных и кирпичных сооружений, но, как признаются авторы исследования, для детальной съемки относительно небольших объектов требуется уменьшать сеть измерений, что стало одной из тем данного исследования. Перед работами на раскопе СХСIV в 2013 году на Болгарском городище геофизически исследован объект № 25 по сводному плану Н. Ф. Калинина<sup>5 6</sup>. Полученные при этом данные успешно использовались в археологическом исследовании. При анализе современного состояния памятников применялись выкопировки современных и архивных космоснимков и фотопланов из открытых источников, Google Earth Pro и «SAS.Планета»,

---

<sup>1</sup> Слепак З. М. Разведочная геофизика в археологии (на примере объектов археологии Казанского ханства и Волжской Булгарии). Казань : Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010. С. 223.

<sup>2</sup> Слепак З. М. Геофизика для города на примере территории г. Казани. Москва : ГЕРС, 2007. 270 с.

<sup>3</sup> Бредников К. И., Хасанов Д. И. Применение георадара в археологических исследованиях на территории Болгарского историко-архитектурного музея-заповедника // Ученые записки Казанского Университета. Естественные науки. 2014. Т. 156, кн. 1. С. 164–165.

<sup>4</sup> Насыртдинов Б. М., Хасанов Д. И., Георгиев, В. В. Результаты детальных магниторазведочных исследований на территории Болгарского городища в 2012–2015 гг. // Поволжская археология. 2017. № 4 (22). С. 36–40.

<sup>5</sup> Бредников К. И., Хасанов Д. И. Применение георадара в археологических исследованиях на территории Болгарского историко-архитектурного музея-заповедника. // Ученые записки Казанского Университета. Естественные науки. 2014. Т. 156, кн. 1. С. 164–165.

<sup>6</sup> Зоря Р. С., Ситдинов А. Г. Н. Ф. Калинин: изучение и сохранение историко-археологического наследия болгарского городища // Археология Евразийских степей. 2021. № 2. С. 348–350.

проводился их анализ только для поиска отдельных объектов<sup>7 8</sup>. Наложение и сравнение этих данных с результатами геофизики не проводилось.

Составной частью данного исследования на представленных памятниках – Билярском, Болгарском, Царевском, Селитренном городищах – является создание ортофотопланов, топо- и микротопопланов участков городищ. Применение методов дистанционного зондирования носило фрагментарный характер, примером служит работа на комплексе мавзолеев у с. Лапас, где проведен анализ данных Дистанцирнного Зондирования Земли (далее ДЗЗ) отдельных мавзолеев с наложением результата на ранние топографические планы<sup>9</sup>. Проведена лидарная съемка с последующим построением цифровой модели местности, результаты отражены в работе по изучению мавзолеев Лапаса<sup>10</sup>. До представленного исследования комплексный подход в исследовании на основе современных геодезических и геофизических данных с привлечением картографии, архивных аэрофото документов, материалов предшествующих полевых исследований археологов, дистанционного зондирования не использовался. Проводились некоторые виды исследований на базе дистанционного зондирования, геодезическая съемка на локальных участках отдельных памятников, не связанные в целом между собой общей исследовательской задачей и программой исследования по изучению синхронной группы памятников.

### **Научная новизна диссертации**

При анализе результатов геофизических исследований в обязательном порядке использовались данные дистанционного зондирования (космоснимки,

<sup>7</sup> Шакиров З. Г., Бездудный В. Г. Использование дистанционных методов выявления древних объектов и соотнесение их результатов с материалами раскопок (на примере Билярского городища) // Этнос и культуры Урало-Поволжья: история и современность : материалы Юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых / отв. ред. А. Т. Ахатов. Уфа: ИЭИ УНЦ РАН, 2016. С. 225–228.

<sup>8</sup> Лопан О. В., Волков И. В., Ситдинов А. Г. Раскопки на южной окраине Болгарского городища в 2016 году (раскоп ССХVII) // Поволжская археология. 2018. № 2 (24). С. 237.

<sup>9</sup> Пигарёв, Е. М. Использование методики ДЗЗ при исследовании археологических памятников золотоордынской эпохи на территории Астраханской области // Проблемы Археологии Нижнего Поволжья : материалы V Международной археологической конференции (Элиста, 15–18 нояб. 2016 г.). Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2016. С. 155–159.

<sup>10</sup> Зарипова Г. Х., Овечкина Л. В., Пигарёв, Е. М., Ситдинов А. Г. Исследование комплекса мавзолеев у села Лапас Астраханской области с применением современных технологий. // Археология и геоинформатика. Шестая международная конференция. ИА РАН. Москва, 2023. С. 40.

аэро- и ортофотопланы), геодезической съемки, в том числе с использованием лидара с микрорельефной съемкой, применялись цифровые модели местности средневековых памятников, а также исторические и архивные материалы и данные отчетов раскопок памятников. Совокупность структурированного материала при сравнительном анализе с данными дистанционных неразрушающих методов на преобразованных в результате современного хозяйственного освоения памятниках археологии позволила выработать методические подходы в определении сохранности культурного слоя и выявлении структуры застройки, подтвержденной археологическими исследованиями.

Систематизированные и проанализированные данные изучения исторической топографии группы средневековых археологических памятников Нижнего и Среднего Поволжья создали методические решения, применимые в последующем для исследования на этой основе широкого круга средневековых памятников и в других регионах.

На основе анализа и интерпретации полученных результатов геофизических исследований археологических памятников созданы методические решения перехода от детализированного изучения отдельных производственных объектов производства к выявлению систем производственных комплексов в рамках отдельных хозяйственных зон средневековых городищ.

В процессе апробации и проверки результатов геофизических исследований производились улучшения как конструкций, так и методик применения геофизической аппаратуры для повышения площадной производительности и результативности. Новые данные о планиграфии памятников на значительной площади получены благодаря технологической модернизации датчиков магнитометра; созданию и тестированию конструкций тестовых многодатчиковых систем на основе оверхаузеровских магнитометров ПОС-2, а также георадаров ГЕРАД-2 с применением материала радиопоглощения; созданию, тестированию и эксплуатации многоантенных

систем георадаров МАРС-300-4 / МАРК 300-8 и одноканальных георадаров ГЕОРАД-2.

**Объект исследования** – антропогенные объекты на памятниках археологии по данным геофизического зондирования.

**Предмет исследования** – планировочная структура поселений, погребальных и производственных объектов на средневековых археологических памятниках Поволжья по данным комплексного применения геофизических методов и методов дистанционного зондирования Земли.

### **Цель и задачи исследования**

Целью исследования является разработка методических решений комплексного применения геофизических и неразрушающих методов дистанционного зондирования на поволжских средневековых памятниках археологии для выявления, интерпретации и реконструкции структуры поселений, производственных и архитектурных объектов.

Достижение поставленной цели предполагает решение ряда **задач**:

1. Провести анализ развития современных подходов в применении георадара и магниторазведки для изучения памятников археологии.
2. Дать оценку возможностям реконструкции исторической топографии средневековых городищ по данным геофизических методов с учетом индивидуальных особенностей памятников.
3. Провести анализ материалов и дать характеристику методам использования георадара и магниторазведки при изучении археологических объектов керамического производства как наиболее широко представленных на средневековых археологических памятниках Поволжья.
4. Проанализировать особенности изучения погребальных памятников геофизическими методами и оценить возможности применения георадара и магниторазведки в исследовании как отдельных объектов и их элементов, так и части погребальных комплексов на большой площади.
5. Обосновать повышение качества и достоверности новых результатов применения геофизических методов в комплексе с другими неразрушающими

методами дистанционного зондирования и геодезическими данными микрорельефа территории памятников археологии.

б. Показать возможность использования представленной методики для исследования, реконструкции и моделирования структуры археологических объектов на территории памятников.

**Территориальные рамки:** среднее и нижнее течение Волги в пространстве формирования средневековой поселенческой структуры. **Хронологические рамки** исследования определяются датировкой памятников, на которых проводились археолого-геофизические работы. Они укладываются в период X–XV вв., когда функционировали с разной степенью длительности существования в указанный период городища Биляр, Болгар, Царев, Селитренное и комплекс мавзолеев у с. Лапас.

#### **Методология и методы исследования**

Методологией исследования данной работы является совокупность общенаучных и специальных методов, которые использовались при ее создании. В диссертационной работе в первую очередь используются эмпирические методы исследования: наблюдение путем фиксации геофизических данных на исследуемых памятниках, эксперименты по повышению качества и количества получения новых данных, сравнение полученного результата. Привлекаются теоретические методы исследования, такие как анализ и синтез полученного результата, моделирование в процессе экстраполяции данных раскопок на геофизические данные.

В рамки специальных исторических методов, привлекаемых в данной работе, можно отнести как традиционные методы: историко-системный метод, историко-сравнительный метод, метод актуализации и метод типологизации, так и альтернативные новые технологические методы изучения исторических процессов. Метод исторической информатики включает в себя применение компьютерных программ для анализа, визуализации и интерпретации исторических данных, создания геоинформационных систем. Для возможности восстановления изначального облика исторических процессов, отдельных

археологических объектов и их комплексов на основе доступных источников и артефактов применялся метод реконструкции.

**Основные положения (результаты, полученные в процессе исследования и выносимые на защиту)**

Выработана методика интерпретации данных геофизических и ДЗЗ методов в моделировании динамики развития планиграфической структуры застройки средневековых городищ Поволжья. Решения апробированы и представлены в работе в виде материалов выявленной плотной усадебной застройки на Болгарском городище и части территории внутреннего города на Билярском городище в виде квартально-уличной системы застройки. Выявлена при помощи геофизических методов и доказана сложная упорядоченная структура исследованных частей Болгарского и Билярского городищ на значительной исследованной площади памятников.

Закономерность локализации производственных зон на средневековых городищах. Представлена локация производственных комплексов, связанных с высокотемпературным производством, на территории Селитренного, Царевского и Болгарского городищ. Разработаны решения реконструкции и достоверного моделирования еще не раскопанных горнов на основе геофизических данных по результатам комплексного исследования района озера Галанка Болгарского городища, Черепяного поля Селитренного городища и Рабочего поля Царевского городища.

Определение планиграфии производственных объектов на значительных территориях городищ в зонах керамического производства, а также отдельных мастерских с одиночными горнами и/или усадеб со специализированным производством.

Действенность привлечения дистанционных методов зондирования Земли в комплексе с геофизическими данными для выявления новых погребальных сооружений. В результате исследования мавзолеев у села Лапас показаны наличие и степень сохранности основных элементов структуры мавзолеев № 1, 4. Выявлен новый мавзолей № 15.

Новые методические приемы по использованию оверхаузеровских магнитометров, градиентометров и многоканальных магнитометров для решения археологических задач на значительной площади поволжских городищ с сетью измерений от  $0,5 \times 0,5$  м и выше, в зависимости от поставленных задач; применению на представленных памятниках археологии различных типов георадаров, как одноканальных, так и различных типов многоантенных систем и сети измерений от  $0,1 \times 0,5$  м и выше.

Эффективность применения магнитометрии и георадаров в комплексе с другими методами при исследовании площадных памятников Средневековья для минимизации вмешательства в культурный слой и сохранения памятника.

### **Теоретическая значимость диссертации**

Основные положения работы затрагивают теоретические вопросы стратегии исследования поселенческой структуры остатков крупных городских поселений эпохи Средневековья. Новые сведения в результате предложенных методических разработок дают возможность формирования подходов в осмыслении развития средневековых городских структур Поволжья. Результаты исследования дают возможность создать модель развития планиграфической структуры поселений, некрополей. Полученные знания дают возможность их экстраполировать на анализ синхронных памятников и создавать модели программ перспективных исследований других памятников.

### **Практическая значимость полученных результатов**

Практическая значимость данной исследовательской работы заключается в появлении новых данных об археологических памятниках и расширении возможности полевых археологических исследований при дораскопной неразрушающей диагностике памятников на большой площади. Позволяет реконструировать планиграфию объектов и структуру поселений и городищ на значительной площади, выявлять и детализировать производственные зоны, а также уточнять территорию, границы и наличие отдельных элементов памятников на примере комплекса золотоордынских мавзолеев. Еще одной стороной практической значимости результатов данного исследования может

стать формирование облака обработанных систематизированных данных, полученных на подтвержденных археологических объектах и их структурах, и их экстраполяция на нераскопанную часть.

### **Прикладное значение результатов исследования**

Прикладное значение результатов исследований комплекса археологических средневековых памятников Нижнего и Верхнего Поволжья при помощи геофизики состоит в результативности применения геофизики для интерпретационного анализа, прогноза местоположения и конфигурации как отдельных археологических объектов, так и их комплексов, показанной при раскопках. Такая результативность дает возможность планировать продолжение исследований, повысить эффективность проведения работ, расширяя возможности исследований с уменьшением прилагаемых усилий в их осуществлении. Практическая значимость результатов также состоит в получении новой информации о памятнике археологии либо его части неразрушающими методами с возможностью повторного исследования этих территорий, объектов в различном состоянии сохранности и в различных географических условиях; в усовершенствовании методик применения методов дистанционного зондирования Земли (включая геофизические) и оформлении ее в виде методических учебных пособий для применения в образовательном процессе; во вводе новой информации об изученных памятниках археологии в научный оборот и представлении ее в рамках научно-просветительской деятельности и популяризации исторического знания в рамках выставок, музейных экспозиций.

### **Достоверность научных результатов и их обоснованность**

Достоверность научных результатов может быть обоснована результатами практических исследований, продемонстрированных на археологических памятниках Средневековья, сопоставимостью результатов на соседних участках, снятых с разрывом по времени, повторяемостью геофизического результата при повторных измерениях, применением разработанного методического аппарата интерпретации полученных магнитометрических и георадарных данных,

сравнением геофизических результатов и интерпретации с результатами раскопок, подтверждением научного планирования и прогноза на основании геофизических исследований, планиграфии отдельных археологических объектов и их систем, выявленных при раскопках.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования применялись для археологических раскопок перечисленных памятников археологии; получения и анализа новой информации об известных археологических объектах; отработки и применения методики исследования на аналогичных памятниках археологии большой площади. Апробация методов поиска и локализации археологических объектов успешно прошла при исследовании памятников Средневековья. Результаты работ введены в научный оборот в виде 44 статей и публикаций в научных изданиях, в том числе 13 из них в журналах, рекомендованных ВАК, в единой библиографической и реферативной базе данных рецензируемой научной литературы Scopus «Скóпус» – 8. Результаты апробированы в трудах VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре<sup>11</sup>, итоговой конференции 2021 г. Института археологии РТ РАН РФ<sup>12</sup>, международной конференции «Археология и геоинформатика»<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Бездудный В. Г., Вязов Л. А., Сапунов В. А., Ситдилов, А. Г. Комплексный подход к изучению средневековых памятников Поволжья: исследование Кузнечихинского городища «Сувар» в 2018–2019 гг. // Труды VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре. Самара, 2020. С. 214–215.

<sup>12</sup> Бездудный В. Г., Пигарев Е. М., Ситдилов А. Г. Геофизические работы (магнитометрия) в 2020–2021 гг. на комплексе ханских мавзолеев у с. Лапас Астраханской области (мавзолей № 1) // Известия Общества археологии, истории и этнографии при Казанском университете. 2022. Том 42. № 4. С. 18.

<sup>13</sup> Радюш, О. А., Бездудный, В. Г. Исследования магнитометрическими методами грунтового могильника черняховской культуры Пены (пос. им. К. Либкнехта) в Курской области. // Археология и геоинформатика : сб. докл. III Междунар. конф. Москва, 2019. № 9. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-9/Bezudnyu/page1.html> (дата обращения 26.12.2025).

## Глава 1. Геофизические методы в археологии

Принципы геофизических исследований и первые опыты по их применению разработаны и осуществлялись в конце 20–30-х годов XX века, но только с 60-х гг. путем проб, ошибок и экспериментов геофизика и археология начали свое тесное взаимодействие. До 90-х годов XX века шло накопление опыта применения геофизики на различных памятниках археологии, совершенствовалась методика геофизических исследований и сама аппаратура. На рубеже XX и XXI веков со стремительным развитием аппаратной части геофизического оборудования и особенно компьютеров началось и сейчас продолжается более широкое использование геофизических методов в археологии<sup>14 15 16 17</sup>.

В археологии на данный момент, наряду с методом электропрофилирования (электроразведка), наиболее широко применимы два метода геофизических исследований: магнитометрия и георадиолокация (далее – георадар). Из трех основных методов геофизики, которые широко применяются в археологических исследованиях (электроразведка, магнитометрия, георадарные исследования), в данной работе подробно освещается использование при исследованиях археологических памятников двух из них – магнитометрии и георадиолокации (георадара).

### 1.1. Применение геофизических методов в археологии

#### *История развития георадиолокации*

Георадиолокация – геофизический метод подповерхностного исследования. Основа применения георадара – способность фиксировать неоднородности в подповерхностном слое различного характера. История георадара (GPR) началась в конце XIX в. с открытий в области

<sup>14</sup> Станюкович А. К. Развитие археологической геофизики в СССР. М., 1990. С. 11.

<sup>15</sup> Becker H., Fassbinder J.W.E. Magnetic Prospection in Archeological Sites. VI. Paris : ICOMOS, 2001. 201 P. URL: [https://www.academia.edu/1633319/Magnetic\\_prospecting\\_in\\_archaeological\\_sites](https://www.academia.edu/1633319/Magnetic_prospecting_in_archaeological_sites) (дата обращения 26.12.2025).

<sup>16</sup> Коробов Д. С. Основы геоинформатики в археологии: учебное пособие. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. С. 145.

<sup>17</sup> Фассбиндер Й. В. Е. Магнитометрия в археологии – от теории к практике. // Российская археология. № 3. 2017. С. 75–91.

электромагнитных волн. Джеймс Клерк Максвелл в 1864 г. и Генрих Герц в 1886 г. создали базовую теорию электромагнитных волн и их отражения. Теоретические основы применения радиоволн для изучения геологических структур были заложены Г. Лови и Г. Леймбахом в 1910 г., а в 1912 г. ими обоснована возможность поисков руд и грунтовых вод радиоинтерференционными методами<sup>18 19</sup>.

Первый георадар был создан в Австрии в 1929 г. для определения толщины ледника<sup>20</sup>. Радар получил свое название – RADAR – в 1934 г. путем сокращения словосочетания RADio Detection And Ranging<sup>21</sup>.

Георадар был забыт до конца 50-х г. XX в. Отражения импульсов электромагнитных волн от подповерхностных неоднородностей были случайно обнаружены А. Уэйтом в 1957 г. на ледовом аэродроме в Гренландии, что позволило получить информацию о толщине льда<sup>22</sup>. В 1973 г. в Калифорнии испытывался первый георадар для использования в археологии, который вскоре впервые был опробован при изучении пирамид в Египте<sup>23</sup>. Метод георадарной съемки успешно начал применяться в Египте в начале 70-х г. XX века, а также в Израиле, в середине 80-х г. XX в. Радар воздушного базирования применяется археологами для разведки больших площадей, покрытых джунглями, примером могут служить исследования на п-ове Юкатан в Центральной Америке<sup>24</sup>. Дин Гудман (Dean Goodman) совместно с Сальваторе Пиро (Salvatore P) – авторы интересных технических решений, а также широко известные популяризаторы применения георадаров в археологии<sup>25</sup>. Разработан метод корректировки

<sup>18</sup> Smemoe Christopher M. The History of Ground Penetrating Radar (GPR); Processing and Visualization of Ground Penetrating Radar Data for Assessing Natural Hydrogeologic. // Civil and Environmental Engineering 540 – Term Paper Brigham Young University. 2000. URL: <http://www.emrl.byu.edu/chris/gpr.htm> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>19</sup> Резников А. Е., Копейкин В. В., Морозов П. А., Щекотов А. Ю. Разработка аппаратуры, методов обработки данных для электромагнитного подповерхностного зондирования и опыт их применения. // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 5. С. 565–568.

<sup>20</sup> Stern W. (1930): Über Grundlagen, Methodik und bisherige Ergebnisse elektrodynamischer Dickenmessung von Gletschereis. Z. Gletscherkunde, 15, P. 24–42.

<sup>21</sup> Buderer R. The Invention That Changed the World. // Centre for the History of Defence Electronics. Simon & Schuster. 1996. P. 544.

<sup>22</sup> Evans S. Radio techniques for the measurement of ice thickness. // Polar Record. 1963. V. 11. P. 406–410.

<sup>23</sup> Lambert Dolphin. Ground penetrating Radar (GPR), Usage and Limitations. 1995. URL: <http://www.Idolphin.org/GPRbkgnd.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>24</sup> Lambert Dolphin. How Geophysical Methods Can Help the Archaeologist. 2011. URL: <https://www.Idolphin.org/Geoarch.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>25</sup> Lawrence B. Conyers and Dean Goodman. Ground-Penetrating Radar: An Introduction for Archaeologists. 1997.

местоположения, глубины и размеров выявленного георадаром объекта под поверхностью с учетом изменения кривизны самой поверхности съемки<sup>26</sup>. Методика дорабатывается и применяется для корректной интерпретации георадарных данных по настоящее время<sup>27</sup>.

В нашей стране опытные работы электроразведочными методами, использующими радиочастотные сигналы, были начаты в 1925 г. А.А. Петровским. Исследования подповерхностной локации возобновились в 1968 г. в отделении радиолокации Рижского гражданского авиационно-инженерного института (RCAEI) под руководством проф. М. Финкельштейна. Он изложил одну из первоначальных версий развития георадаров<sup>28</sup>.

Исследования были продолжены, и к настоящему времени ведущими разработчиками георадаров в РФ стали: ИЗМИРАН, г. Троицк, и ИРЭ им. Котельникова, г. Фрязино. Серию георадаров ОКО разрабатывает и производит группа компаний «Логис-Геотех», г. Москва. ООО «Компания ВНИИСМИ», г. Химки, занимается разработкой и производством георадаров серии «ЛЮЗА». К данному моменту предпринимаются усилия по комплектации георадарами БПЛА.

Первым в России подробно структурировал методику работы георадара и обобщил опыт применения георадара в археологии Владимир Васильевич Глазунов в диссертационной работе на соискание ученой степени доктора технических наук<sup>29</sup>.

---

Altamira Press, Walnut Creek, CA. 232 pp. URL: Academia.edu (дата обращения 26.12.2025).

<sup>26</sup> Dean Goodman, Hiromichi Hongo, Noriaki Higashi, Hiromichi Inaoka, Yasushi Nishimura. GPR surveying over burial mounds: correcting for topography and the tilt of the GPR antenna. *European Association of Geoscientists & Engineers, Near Surface Geophysics*, № 5. 2007. P. 383–388.

<sup>27</sup> Ibrar Iqbal, Bin Xiong, Gang Tian, Amjad Ali. Analysis of 2D and 3D GPR data interpretation using continuous wavelet transforms: Case study from an archaeological test site. *Frontiers in Earth Science*. 2022. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2022.1008757/full> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>28</sup> Финкельштейн М. И., Мендельсон В. Л., Кутев В. А. Радиолокация слоистых земных покровов. М., «Советское Радио», 1977. С. 174. (Приведено по: Резников А.Е., Копейкин В.В., Морозов П.А., Щекотов А.Ю. Ук. соч.).

<sup>29</sup> Глазунов В. В. Принципы моделирования и интерпретации потенциальных геофизических полей скрытых археологических объектов : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 1997.

Большую опытно-методическую работу, включая исследования разнообразных археологических памятников Татарстана<sup>30</sup>, отталкиваясь от возможностей геологической геофизики, проводила команда Казанского федерального университета под руководством Захара Моисеевича Слепака. Обобщением полученного опыта можно считать появление учебно-методического пособия («Разведочная геофизика в археологии на примере...» 2010 года)<sup>31</sup>. Результаты применения георадаров в археологических исследованиях на территории России регулярно публикуются в выпусках специализированных изданий, примером могут служить регулярные публикации в «Археологии и геоинформатике» Института Археологии РАН, г. Москва<sup>32</sup>. За время применения георадары применялись практически на всем спектре археологических памятников, таких как: энеолитическое поселение (ямы и шахты для добычи медного сырья)<sup>33</sup>, остатки погребенных городских построек (строения, их элементы)<sup>34</sup>, элементы средневековых оборонительных систем<sup>35 36</sup>, остатки храмов в Египте<sup>38</sup>, римские и греческие театры<sup>39 40</sup>, античные и

<sup>30</sup> Слепак З. М. Геофизика для города на примере территории г. Казани Москва : ГЕПС, 2007. 240 с.

<sup>31</sup> Слепак З. М. Разведочная геофизика в археологии (на примере объектов археологии Казанского ханства и Волжской Булгарии). Казань : Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010. С. 223.

<sup>32</sup> Меркулов С. В., Райнхольд С. Первые результаты георадарного обследования поселений с каменной архитектурой эпохи позднего бронзового - раннего железного века на Северном Кавказе // Археология и информатика. 2006. Вып. 3. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-3/Merkulov/page1.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>33</sup> Vukadinovich S., Sretenovich B., Sljivar D. Combined geoelectrical and GPR investigation of the Neolithic archeological settlement «Plocnik» – «Serbia» // 5th meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society European Section. proceeding sept 6–9, 1999. Budapest. Hungary. P. ArP2–ArP3.

<sup>34</sup> Holczinger M., Pattanyus Zs., Pronay L., Herman Zs., Nyfri Multipurpose geophysical investigation on Buda Castle Hill // 5th meeting of the Environmental... 1999. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201406372/> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>35</sup> Casas A., Lazaro R., Vilas M., Rivero L., Pinto V. Archeological Survey at the Lugo Roman wall using GPR (Galicia, NW Spain). // Environmental and Engineering Geophysical Society European Section., Proceeding. Environmental and Engineering. Geophysics, sept 8–11, 1997, Aarhus Denmark, P. 483–486 URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-8/Dvurech/page1.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>36</sup> Ключко А. А., Шишков Д. Л., Чернецов А. В. Георадиолокационные исследования на Старорязанском городище // Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. М.: ИА РАН. 2008. Том III. С. 119–122.

<sup>37</sup> Двуреченская Н. Д., Морозов П. А. Результаты георадарной разведки на крепости Узундара в 2014 г. // Археология и геоинформатика. Москва, 2017. № 8 URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-8/Dvurech/page1.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>38</sup> Shaaban F. A., Shaaban F. F., Abbas A. M., Al-Essawy A. H. Mapping buried archaeological remains using GPR surveys at the Isis temple, Bahbeit el-Heraga area, Nile Delta, Egypt. // Special theme...; Lambert Dolphin. Geophysical Methods in Egyptology. 2009. URL: <http://www.ldolphin.org/egypt/> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>39</sup> Finetti, Pipan M., Gandotti G. Multifold GPR investigation of the Aquileia Archaeological Park // EEGS European Section. 1st Meeting Environmental and Engineering Geophysics. Proceedings. Torin. Italy. 2005. P. 316–319.

<sup>40</sup> Sarris A., Dunn R. K., Rife J. L., Papadopoulos N., Kokkinou E., Mundigler C., Geological and Geophysical Investigations in the Roman Cemetery at Kenchreai (Korinthia), Greece // Journal of Archaeological Prospection. 2007. No. 14. P. 1–23.

средневековые могильники<sup>41 42</sup>, монастырь и монастырская усыпальница, элементы конструкции храмов<sup>43 44 45 46</sup>, элементы сохранившихся строительных конструкций (определение степени разрушения)<sup>47 48</sup>, римская сельская округа, курганные могильники в различных регионах России и конструкции в них<sup>49 50 51 52 53</sup>, заупокойные сооружения римского времени (склеп)<sup>54</sup>, египетские пирамиды<sup>55</sup>. Реконструкция и моделирование палеомикрорельефа для памятников каменного века<sup>56</sup>.

<sup>41</sup> Orlando L. Georadar and Magnetic data for the Characterzation of the archeological site (case study) // 6th International Conference. P. 62–65.

<sup>42</sup> Sarris A., Papandopulos N., Kokkinou E., Rife J. L., Dun R., Mundigler C. Geophysical and geomorphological investigation in the Roman Cemetery at Kenchreai, Korinthia, Greece. // 6 International Conference. 2007. P. 338–340.

<sup>43</sup> Dabas M., Camerlynck C., Freixas P., Camps I. Simultaneous use of electrostatic quadrupole and GPR in urban context: Investigation of the basement of the Cathedral of Girona (Catalunya, Spain). 2000. P. 526.

<sup>44</sup> Беркут А.И., Васильев А.Г., Козляков А.Н., Копейкин В.В., Морозов П.А. Фонд подводных археологических исследований им. В.Д. Блаватского. // Древности Боспора. No 6. ИЗМИРАН, г. Троицк. 2003. Круглый стол «Геоинформационные технологии в археологических исследованиях» (Москва, 2 апреля 2003 года). Сборник докладов. С. 22–24.

<sup>45</sup> Слепак З. М. Разведочная геофизика в археологии (на примере объектов археологии Казанского ханства и Волжской Булгарии). Казань : Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010. С. 223.

<sup>46</sup> Бездудный, В. Г., Зацаринный, С. В., Сапрыкина И. А. Локализация фундамента Успенского собора XVII века в Тульском кремле по результатам георадарных исследований 2017 года // Археология Подмосквья. 2023. № 19. С. 269–274.

<sup>47</sup> Barba L., Lopez, J. A., Villa, T., Blancas, J. Study of Substructures and mural paintings using GPR at Casaxala, Tlaxcala, central Mexico. // International Conference... P. 201–203; Коньерс Л. (Larry Conyers). Послание короля Камехамеха V достигло потомков. URL: <http://www.lenta.ru/news/2005/12/13/capsule/> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>48</sup> Слепак З. М. Разведочная геофизика в археологии (на примере объектов археологии Казанского ханства и Волжской Булгарии). Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010. С. 223.

<sup>49</sup> Меркулов, С. В., Меркулов, Е. С. Георадарное обследование курганного могильника Курсавский. Октябрь 2005 г.; Георадарное обследование курганного могильника Гофицкое. Июль 2005 г.; Георадарное обследование поселения сарматской эры. Новопавловск. 2006. URL: <http://radar-stv.narod.ru/works/arheology/arheology.html> (дата обращения: 15.06.2017).

<sup>50</sup> Belinskij A. V., Merkulov S. V. The use of modern technologies in archaeological prospection: experience from SUO «Nasledie». // 5th International Conference on Archaeological Prospection. Cracow, Poland. Archaeologia Polona, vol. 41. Institute of Archaeology and Ethnology Polish Academy of Sciences. Warsaw. 2003. P. 128–129. URL: <http://www.nasledie.org/v3/ru/> (дата обращения: 15.06.2017).

<sup>51</sup> Бездудный В. Г., Марчук Н. В. Анализ результатов георадарного исследования археологических объектов Ростовской области 2001 г. // Археологические записки. Ростов-на-Дону, 2002. № 2. С. 205–207.

<sup>52</sup> Зацепин С. А., Аузин А. А. Георадиолокационные исследования на археологических объектах. // Вестник Воронежского государственного университета. 2017. Вып. 1. С. 119–122.

<sup>53</sup> Александров П. Н., Кризский В. Н., Сиротин С. В., Волков Б. А., Завертяев С. А. Георадарные и археологические исследования курганных некрополей юго-восточной Башкирии // Материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Материалы 39 сессии Международного семинара». Москва, 23–27 января 2017 г. С. 19–23.

<sup>54</sup> Di Fillipo M., Marchetti M., Urbini S., Toro A., Toro B. Geophysical research on Via Appia: the so-called «Monte di Terra» funeral monument. 2005 // 6th International Conference on Archaeological Prospection. P. 292–293.

<sup>55</sup> Артиго Ф. Тайна усыпальницы Хеопса // «LE TEMPS». Перевод и публикация [www.inopressa.ru](http://www.inopressa.ru). 2004. URL: <http://www.portal-credo.ru> (дата обращения: 03.08.2006).

<sup>56</sup> Бричева С. С., Ахметгалеева Н. Б., Кандинов М. Н., Бездудный В. Г., Палёнов А. Ю., Шашерина Л. В., Захаров А. Л., Матасов В. М., Тарасова, М. А. Изучение палеорельефа поселений каменного века геофизическими методами // Инженерная и рудная геофизика 2022. Сборник материалов 18-й научно-практической конференции и выставки. Москва, 2022. С. 247–252.

### *История развития магнитометрии*

Магнитометрический метод – метод исследования, основанный на использовании аппаратуры, которая способна фиксировать величины изменений магнитного поля на локальных участках памятника археологии, что позволяет обнаруживать локальные изменения магнитного поля, которые могут быть связаны с антропогенной нагрузкой и природными изменениями в рамках участка исследования. Основа практического использования метода магнитометрии – возможность фиксации разницы изменений магнитного поля в результате деятельности человека. В 1947 году М. Паккардом и Р. Варианом был создан один из первых магнитометров, позволявший измерять геомагнитное поле<sup>57</sup>. Считается, что история применения магнитометрического метода в археологии началась в 1958 г. в Англии публикацией результатов первых успешных поисков печей для обжига, произведенных М. Дж. Эйткином<sup>58</sup>. По мнению И. Схоллара, с которым согласен Шмидт, первенство применения магнитометрии в археологии принадлежит исследованиям феррозондовым магнитометром кузнечных печей в сентябре 1957 года в районе Киркстольского аббатства близ Лидса, Великобритания. М. Дж. Эйткин показал, что не только обожженные глины, но и грунт внутри ямы и канавы могут повлиять на магнитное поле, изменяя его величину. Эйткин первый применил практически эти знания в археологии<sup>59</sup>.

Применение И. Схолларом автоматической записи данных магнитометрии в 60-е годы упростило и расширило возможности применения магнитометрии в археологических исследованиях<sup>60 61</sup>. За рубежом магнитометрический метод в археологии интенсивно развивался, и имеется широкий опыт применения на

<sup>57</sup> Packard M., Varian R. Free nuclear induction in the earth's magnetic field // Phys. Rev., 1954. V. 93. P. 941–945.

<sup>58</sup> Эйткин, М. Применение физики в археологии // Успехи физических наук. Октябрь. Т. 87. Вып. 2. М, 1965. С. 328.

<sup>59</sup> Herbich T. Magnetic Prospecting in archaeological research: a historical outline. // Archaeologia Polona, Institute of Archaeology and Ethnology Polish Academy of Sciences, Warsaw, 2015. P 22–68.

<sup>60</sup> Коробов Д. С. Современные подходы в полевой археологии // Междисциплинарная интеграция в археологии (по материалам лекций для аспирантов и молодых сотрудников). М. : ИА РАН, 2016. С. 312–342.

<sup>61</sup> Fassbinder J.W.E. Magnetometry for Archaeology. Encyclopedia Geoarchaeology. 2008. URL: [https://www.academia.edu/1502519/Magnetometry\\_for\\_archaeologists\\_A\\_Aspinall\\_C\\_Gaffney\\_and\\_A\\_Schmidt\\_Edit\\_ors\\_L\\_B\\_Conyer\\_and\\_K\\_L\\_Kvamme\\_Altamira\\_Press\\_2008\\_No\\_of\\_pages\\_208\\_ISBN\\_0\\_7591\\_1106\\_5](https://www.academia.edu/1502519/Magnetometry_for_archaeologists_A_Aspinall_C_Gaffney_and_A_Schmidt_Edit_ors_L_B_Conyer_and_K_L_Kvamme_Altamira_Press_2008_No_of_pages_208_ISBN_0_7591_1106_5) (дата обращения 26.12.2025).

всем спектре археологических памятников с 60-х годов XX века по настоящее время. Примерами такого развития и применения магнитометрических методов в археологии могут служить работы ряда авторов<sup>62 63 64 65 66 67 68</sup>.

Наиболее полно история применения магнитометрии в археологии рассмотрена в работе Томаша Хербиша «Магниторазведка в археологических исследованиях: исторический обзор». Автор охватывает исторический период с 50-х по 90-е годы XX века. По территориальному охвату, помимо Западной Европы и Англии, включены магнитометрические исследования в археологии в странах Центральной и Восточной Европы, а также исследования на других континентах. Т. Хербиш анализировал изменения в технологии измерений и обработке данных, которые произошли за последние несколько десятков лет, а также факторы, определяющие развитие метода<sup>69</sup>.

В книге Г. Беккера и Й. Фассбиндера, которая была с восторгом встречена в кругах археологов и геофизиков, введено понятие «виртуальной археометрии». Основная идея данной работы состоит в исследовании памятника не копая его<sup>70</sup>.

Одним из концептуальных трудов по применению магнитометрии в археологии в российских изданиях можно назвать статью Й. В. Е. Фассбиндера «Магнитометрия в археологии – от теории к практике», опубликованную в Российской археологии, № 3, 2017 г. В ней ученый касается истории развития магнитометрии в археологических исследованиях, дает методику ее применения

<sup>62</sup> Эйткин М. Применение физики в археологии // Успехи физических наук. Октябрь. Т. 87. Вып. 2. М, 1965. С. 328.

<sup>63</sup> Scollar I., Krückeberg F. Computer treatment of magnetic measurements from archaeological sites // *Archaeometry*. 1966. P. 9.

<sup>64</sup> Clark A. Seeing beneath the soil – prospecting methods in archaeology. London. 1996. P. 34–56.

<sup>65</sup> Neubauer W., Eder-Hinterleitner A., Seren S.S., Doneus M., Melichar P. Kombination archäologisch-geophysikalischer Prospektionsmethoden am Beispiel der römischen Zivilstadt Carnuntum // *Archaeologia Austriaca*. 1999. P. 25–32.

<sup>66</sup> Gaffney C.F., Gater J.A., Linford P.K., Gaffney V.L., White R. Large scale systematic fluxgate gradiometry at the Roman City of Wroxeter // *Archaeological Prospection*. 7. 2000. P. 81–99.

<sup>67</sup> Fassbinder J.W.E. Unter Acker und Wadi: Magnetometerprospektion in der Archäologie // Wagner G.A. (ed.). Einführung in die Archäometrie. Heidelberg. 2007. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-7/Fassbinder/fassbinder.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>68</sup> Schmidt A. Archaeology, magnetic methods. In D. Gubbins and E. Herrero-Bervera (eds) *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism: Encyclopedia of Earth Sciences Series Heidelberg*, New York: Springer. 2007. P. 23–31.

<sup>69</sup> Herbich T. Magnetic Prospecting in archaeological research: a historical outline. // *Archaeologia Polona*, Institute of Archaeology and Ethnology Polish Academy of Sciences. Warsaw, 2015. P. 22–68.

<sup>70</sup> Becker H., Fassbinder J.W.E. Magnetic Prospection in Archeological Sites. VI / Международный совет по вопросам памятников и достопримечательных мест. ICOMOS/ Paris, 2001. URL: [https://www.academia.edu/1633319/Magnetic\\_prospection\\_in\\_archaeological\\_sites](https://www.academia.edu/1633319/Magnetic_prospection_in_archaeological_sites) (дата обращения 26.12.2025).

и, что особенно важно, показывает природу возникновения и возможности фиксации магнитных особенностей, почв, культурного слоя памятника и отдельных археологических объектов. Также автор дает прямые методические указания к интерпретации полученных на памятниках данных магнитометрии<sup>71</sup>.

Отечественное применение магнитометрии в археологических исследованиях также началось с 60-х годов XX века<sup>72</sup>. Применение магнитометрии в методике археологических исследований не было массовым явлением и носило больше экспериментальный, тестовый характер. Проводилось изучение гончарных печей на средневековых памятниках Крыма и Древней Руси<sup>73 74</sup>. Исследовались поселения при помощи магнитометрии<sup>75</sup>. В дальнейшем, с 70-х годов XX века, круг памятников на территории России, где успешно применялась магнитометрия как неразрушающий метод, только увеличивался. Исследования археологических памятников проводились совместно с крупными специализированными геофизическими учреждениями: Ленинградским горным институтом (В. В. Глазунов), лабораторией квантовой радиофизики Ленинградского государственного университета (А. В. Мельников и Т. Н. Смекалова), кафедрой геофизики МГУ (В. А. Шевнин, И. Н. Модин), археофизической группой Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (А. К. Станюкович)<sup>76</sup>.

С 90-х годов прошлого века по настоящее время продолжается применение магнитометрии, совершенствование ее аппаратурной части, методики магнитосъемки и интерпретации полученных результатов. Введены в научный оборот как магнитометрические исследования памятников, так и обобщающие

<sup>71</sup> Фассбиндер Й. В. Е. Магнитометрия в археологии – от теории к практике // Российская археология. № 3. 2017. С. 75–91.

<sup>72</sup> Франтов Г. С., Пинкевич А. А. Геофизика в археологии. Л., 1966.

<sup>73</sup> Шилик К. К. Применение магниторазведки при исследовании средневековых памятников в Крыму // КСИА. 1968. Вып. 113. С. 123–130.

<sup>74</sup> Шилик К. К. О магниторазведке гончарных печей у Чабан-Ку // КСИА. 1974. Вып. 140. С. 115–120.

<sup>75</sup> Дудкин В. П. Геофизическая разведка крупных трипольских поселений // Использование методов естественных наук в археологии. Сб. науч. трудов. Киев : «Наукова думка», 1978. С. 35–45.

<sup>76</sup> Журбин И. В. Археология и геофизика. Принципы комплексного исследования. // Российская археология. 2004. № 3. С. 61.

работы таких исследователей, как: С. Л. Смекалов, Т. Н. Смекалова, И. Н. Модин, М. Я. Кац, М. И. Эпов, В. И. Молодин, О. А. Позднякова и другие<sup>77 78 79 80 81 82</sup>.

Использование новейших достижений технологий разработки и производства приборов позволило кардинально повысить точность измерений магнитного поля от десятков до единиц пТл. Применение цифровых способов регистрации и сохранения измеряемых данных, а также их постобработки при помощи компьютера резко повысило итоговую производительность и эффективность магнитометрии в археологических исследованиях<sup>83</sup>. Традиционная методика магнитометрического исследования – создание прямоугольной сетки измерений, которая обычно используется и обрабатывается базовыми компьютерными программами – «метод планшета». При ручной записи результатов отдельных измерений магнитного поля, особенно на труднодоступной местности, применяется метод «свободного поиска»<sup>84</sup>. Подключение ряда комплексов магнитометрии к спутниковым системам позиционирования позволило привязать измеряемое магнитное поле к истинной географической системе координат, что значительно облегчило применение результатов магнитометрического исследования. Одним из перспективных направлений развития методики магнитометрического

<sup>77</sup> Молодин В. И., Парцингер Г., Гаркуша Ю. Н., Шневайс Й., Гришин А. Е., Новикова О. И., Ефремова Н. С., Чемякина М. А., Мыльникова Л. Н., Васильев С. К., Беккер Г., Фассбиндер Й., Манштейн А. К., Дядьков П. Г. Чича – городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи (первые результаты исследований). Новосибирск : Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2001. С. 115–121.

<sup>78</sup> Смекалова Т. Н., Науменко В. Е., Кулькова М. А., Завадская И. А., Беван Б. В. Естественнонаучные методы в изучении раннесредневекового керамического центра Илька 2 в Горном Крыму и его продукции // КСИА. Вып. 258. 2020. С. 326.

<sup>79</sup> Зубарев В. Г., Смекалов С. Л., Ярцев С. В. Магниторазведка на археологическом памятнике Аджиэль 2 (Восточный Крым) в 2019 г. // Таврические студии 19. Симферополь: Изд-во ООО «Антиква», 2019. С. 56–61.

<sup>80</sup> Модин И. Н., Бобачев А. А., Гайнанов В. Г., Кац М. Я. Комплексные геофизические исследования археологического памятника Пор-Бажын // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2010. № 6. С. 97–102. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geofizicheskie-issledovaniya-na-ostrove-por-bazhyn-v-respublike-tyva/viewer> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>81</sup> Позднякова О. А. Поиск и диагностика структуры археологических памятников Обь-Иртышского междуречья магнитометрическими методами: Дис. ... кандидата ист. наук. Новосибирск, 2020.

<sup>82</sup> Бездудный В. Г., Пигарев Е. М., Ситдинов А. Г. Геофизические работы (магнитометрия) в 2020–2021 гг. на комплексе ханских мавзолеев у с. Лапас Астраханской области (мавзолей № 1) // Известия Общества археологии, истории и этнографии при Казанском университете. 2022. Том 42. № 4. С. 18.

<sup>83</sup> Гордин В. М. Очерки по истории геомагнитных измерений. М.: ИФЗ РАН, 2004. С. 88.

<sup>84</sup> Станюкович А. К. Основные методы археологической геофизики. // Естественно-научные методы в археологии. Москва, 1997. № 1. С. 21–41.

исследования является использование магнитометров на беспилотных авианосителях. Интересные и перспективные результаты получены в ИНГГ СО РАН, где был разработан опытный образец аэрогеофизического комплекса с высокочастотным магнитометрическим каналом (ВМК), размещенным на борту беспилотного летательного аппарата (БПЛА) сверхлегкого класса с датчиками точного позиционирования<sup>85</sup>. Развитие применения магнитометрии в археологических исследованиях, вероятно, будет двигаться путем создания и расширения применения на практике многодатчиковых магнитометрических систем, одним из примеров которых может служить исследование Кузнечихинского городища (Сувар)<sup>86</sup>. Примером осмысления *и обобщения* методического опыта применения магнитометрии в археологии в России могут служить диссертационные работы на соискание научной степени кандидата исторических наук Т. Н. Смекаловой (ИА РАН, Москва)<sup>87</sup>, О. А. Поздняковой (СО РАН РФ, Новосибирск)<sup>88</sup> и кандидата технических наук А. Г. Злобиной (Ижевск)<sup>89</sup>. Для исследования средневековых памятников Поволжья применялся опыт магнитометрических исследований, различных типов памятников.

Палеолитическая стоянка «Быки» – определение микропалеорельефа<sup>90 91</sup>.  
Поселения бронзового века: поселения «Журавка», «Почтовое-1»<sup>92</sup>.

<sup>85</sup> Эпов М. И., Фирсов А. П., Злыгостев И. Н., Савлук А. В., Вайсман П. А., Колесов А. С., Шеремет А. С. Возможности применения высокочастотного магнитометра для легких БПЛА в археологии // Археология и геоинформатика. Москва, 2017. № 8. С. 63.

<sup>86</sup> Бездудный В. Г., Вязов Л. А., Сапунов В. А., Ситдинов А. Г. Комплексный подход к изучению средневековых памятников Поволжья: исследование Кузнечихинского городища «Сувар» в 2018–2019 гг. // Труды VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре. Самара, 2020. С. 214–215.

<sup>87</sup> Смекалова Т. Н. Физические методы в полевой археологии: дис. ... кандидата ист. наук. Москва, 1991.

<sup>88</sup> Позднякова О. А. Поиск и диагностика структуры археологических памятников Обь-Иртышского междуречья магнитометрическими методами: дис. ... кандидата ист. наук. Новосибирск, 2020.

<sup>89</sup> Злобина А. Г. Методическое и алгоритмическое обеспечение селективной сегментации данных малоглубинного электропрофилеирования и магниторазведки для системы контроля природно-антропогенных сред: дис. ... кандидата тех. наук. Ижевск, 2017.

<sup>90</sup> Ахметгалиева Н. Б., Бурова Н. Д., Бричева С. С., Бездудный В. Г. Археологические исследования верхнепалеолитической стоянки Быки 2 // Археологические исследования в Центральном Черноземье 2022. Липецк, Воронеж: «Новый взгляд». С. 118–121.

<sup>91</sup> Бричева С. С., Ахметгалиева Н. Б., Кандинов М. Н., Бездудный В. Г., Палёнов А. Ю., Шашерина Л. В., Захаров А. Л., Матасов В. М., Тарасова М. А. Изучение палеорельефа поселений каменного века геофизическими методами // Инженерная и рудная геофизика 2022. Сборник материалов 18-й научно-практической конференции и выставки. Москва, 2022. С. 247–252.

<sup>92</sup> Бездудный В. Г. Геофизические исследования (магнитометрия, георадар) археологических памятников: поселений Пены-1, Журавка, Почтовое-1 // Археология и геоинформатика. Отдел охранных раскопок, группа «Археолого-географические информационные системы». Институт Археологии РАН РФ. Москва, 2008. № 5. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-5/Bezudnyj/page1.html> (дата обращения 10.03.2012).

Средневековые поселения и городища: Болгарское городище<sup>93</sup> <sup>94</sup>, городище Маджар<sup>95</sup>, Хумаринское городище<sup>96</sup>, городище Сувар<sup>97</sup>, Билярское городище<sup>98</sup>, Селитренное городище<sup>99</sup>, Никольское поселение<sup>100</sup>, города Чуйской долины РК<sup>101</sup>, Гочевский поселенческий комплекс<sup>102</sup>.

Могильники: грунтовый могильник «Пены»<sup>103</sup>, северокавказские могильники<sup>104</sup>, комплекс ханских мавзолеев у с. Лапас<sup>105</sup>.

Исследование локальных объектов: локализация места разрушенного храма в х. Кружилинском (место крещения М.А. Шолохова)<sup>106</sup>, фундамент

<sup>93</sup> Бочаров С. Г., Ситдилов А. Г. Исследования гончарного производства у Галанского озера Болгарского городища / Материалы и исследования по археологии Великого Болгара. Т. 3. Казань : АН РТ, 2023. С. 184.

<sup>94</sup> Бездудный В. Г., Ситдилов А. Г. Комплексное геофизическое исследование участка Болгарского городища. // Российская археология. 2019. № 3. С. 105–114.

<sup>95</sup> Бездудный В.Г., Обухов Ю.Д., Ситдилов А.Г. Комплексные геофизические исследования средневекового памятника на Северном Кавказе «Городище Маджары» 2016–2017 годов // Археология Евразийских степей. 2018. № 5. С. 10–17.

<sup>96</sup> Бездудный В. Г. Магнитометрические исследования на Хумаринском городище // Хумаринское городище. Итоги междисциплинарных исследований. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт археологии Российской академии наук. Москва, 2020. С. 90–111.

<sup>97</sup> Бездудный В. Г., Вязов Л. А., Сапунов В. А., Ситдилов А. Г. Комплексный подход к изучению средневековых памятников Поволжья: исследование Кузнечихинского городища «Сувар» в 2018–2019 гг. // Труды VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре. Труды съезда. В 3-х томах. Самара, 2020. С. 214–215.

<sup>98</sup> Бездудный В.Г., Шакиров З.Г., Ситдилов А.Г. Комплексные геофизические исследования 2015–2017 гг. на Билярском городище // Археология Евразийских степей. 2018. № 5. Средневековая археология. Материалы конференции «Болгар: сохранение и изучение (к 80-летию Болгарской археологической экспедиции). Археология средневековых городских центров Евразии. С. 18–24.

<sup>99</sup> Бездудный В. Г., Пигарёв Е. М. Геофизические исследования на Селитренном городище // Астраханские краеведческие чтения. Вып. 2. Астрахань, 2010. С. 99–104.

<sup>100</sup> Бездудный В. Г., Белорыбкин Г. Н. Проведение геофизических исследований (магнитометрии) Никольского селища в Кузнецком районе Пензенской области // Пензенский археологический сборник. Сборник материалов Межрегиональной научной конференции, посвящённой 60-летию юбилею известного российского археолога, историка, краеведа Геннадия Николаевича Белорыбкина. Институт регионального развития Пензенской области. 2022. С. 329–343.

<sup>101</sup> Кольченко В. А., Бездудный В. Г., Тулуш Д.К., Ситдилов А. Г. Геофизические исследования средневековых городов Чуйской долины в 2021 г. // Археология Евразийских степей. 2022. № 6. С. 37–58.

<sup>102</sup> Бездудный В.Г., Стародубцев Г.Ю., Кайзер Э., Вингер К., Ляковская Л.Е., Щеглова О.А. Начало комплексных исследований Гочевского средневекового поселения (северо-восточная часть посада, городищ крутой курган и царский дворец) // Естественнонаучные методы в изучении и сохранении памятников костёнковско-борщёвского археологического района. Материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 17–26.

<sup>103</sup> Бездудный В. Г., Радюш О. А. Исследования магнитометрическими методами грунтового могильника черняховской культуры Пены (пос. им. К. Либкнехта) в Курской области // Археология и геоинформатика. Сборник докладов III Международной конференции. 2019. Т. 9. URL: <https://www.archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-9/Bezudny/page1.html> (дата обращения: 11.11.2021).

<sup>104</sup> Атабиев Б. Х., Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Комплексные исследования 2020 года «Кенделенского Второго грунтового могильника с каменными выкладками на поверхности» в Баксанском районе КБР. // Археология и геоинформатика. Пятая Международная конференция. Тезисы докладов. М.: ИА РАН, 2021. С. 18–20.

<sup>105</sup> Бездудный В. Г., Пигарев Е. М., Ситдилов А. Г. Геофизические работы (магнитометрия) в 2020–2021 гг. на комплексе ханских мавзолеев у с. Лапас Астраханской области (мавзолеев № 1) // Известия Общества археологии, истории и этнографии при Казанском университете. 2022. Том 42. № 4. С. 18.

<sup>106</sup> Бездудный В. Г., Гуржиева И. П., Усова С. А. Опыт использования метода магнитометрии для определения архитектурно-археологических объектов (на примере Свято-Николаевской церкви хутора Кружилинский, Государственный музей-заповедник М.А. Шолохова) // Археологические записки. № 6. Ростов-на-Дону, 2009. С. 309–312.

Успенского собора XVII века в Тульском кремле<sup>107</sup>, геофизические исследования на территории Троице-Сергиевой Лавры<sup>108</sup>, геофизические исследования археологических памятников Усоля Севера России<sup>109</sup>.

## **1.2. Методики полевых геофизических исследований в археологии**

### *Методы георадиолокации*

Учебно-методические основы применения метода георадиолокации для изучения подповерхностной среды разработаны и представлены в базовых работах М. И. Финкельштейна, М. Л. Владова, А. В. Старовойтова<sup>110 111 112</sup>. При прохождении в среду через приповерхностные слои часть энергии электромагнитной волны проходит внутрь и преломляется в нём, другая часть отражается от границ неоднородностей и регистрируется приемной антенной. Для археологии искомыми неоднородностями могут быть границы не тронутого человеком грунта и культурного слоя, нахождение иных конструкций и сооружений и других объектов в культурном слое памятника. Неоднородность может создавать локальный (точечный) объект. Примерами таких объектов может служить отражение отдельных валунов, погребальных плит; линейно вытянутых объектов, в случае когда они расположены перпендикулярно профилю георадара, таких как остатки стен фундаментов, керамические и металлические трубы. При постановке задачи подповерхностной

<sup>107</sup> Бездудный В. Г., Зацаринный С. В., Сапрыкина И. А. Локализация фундамента Успенского собора XVII века в Тульском кремле по результатам георадарных исследований 2017 года // Археология Подмосковья. 2023. № 19. С. 269–274.

<sup>108</sup> Энговатова А. В., Васильева Е. Е., Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Геофизические методы локализации археологических объектов: уточнение местонахождения писаревского пруда в Троице-Сергиевой лавре (работы 2015 года) // Археология Подмосковья. Материалы научного семинара. / Отв. редактор А. В. Энговатова. 2017. С. 256–260.

<sup>109</sup> Бездудный В. Г., Ворожейкина М. Е. Применение геофизических методов для исследования археологических памятников Усоля Севера России. Предварительные итоги, перспективы и проблемы исследования Тотемского Усоля // Русский Север – 2022: проблемы изучения и сохранения историко-культурного наследия. Сборник работ VI Всероссийской научной конференции, посвященной 70-летию юбилею архитектора, автора проектов реставрации храмов Тотьмы Игоря Борисовича Медведева. Вологда, 2022. С. 44–54.

<sup>110</sup> Финкельштейн М. И., Кутев В. А., Золотарев В. П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. М., Недра, 1986. Цит. по: Разведка и охрана недр. 2001. № 6. С. 34–36.

<sup>111</sup> Владов М. Л. Судакова М. С. Георадиолокация: от физических основ до перспективных направлений : учебное пособие. М. : «Геос», 2017. С. 210.

<sup>112</sup> Старовойтов А. В. Интерпретация георадиолокационных данных. М. : «КДУ»; «Добросвет», 2023. С. 51–67.

георадиолокации формулируется требование зафиксировать неоднородности минимального размера на максимально возможной глубине.

Опыт отечественных и зарубежных работ показал, что интервал частот 50–900 МГц обеспечивает компромисс между приемлемой глубиной зондирования и достаточно высокой разрешающей способностью для глубин 0,1–0,2 до 10–15 метров<sup>113</sup>.

Несмотря на производительность и технологичность георадара в археологических исследованиях, существует ряд ограничения его применения. Примером может служить сильная влагонасыщенность и минерализация культурного слоя памятника, что может резко снизить глубину исследования<sup>114</sup><sup>115</sup>. Глубина исследования во многом зависит от электрофизических характеристик грунтов. В таблице представлены значения относительной диэлектрической проницаемости для некоторых пород и веществ<sup>116</sup> (табл. 1).

Таблица 1. Таблица значения относительной диэлектрической проницаемости для некоторых пород и веществ

Среда исследования	Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$ отн
Воздух	1
Лед	3–4
Песок сухой	4–5
Песок влажный	30
Песчаник влажный	6
Известняк сухой	7
Известняк влажный	8
Базальт	8
Гранит	5–6
Ил (влажный)	10

<sup>113</sup> Финкельштейн М. И., Карпухин В. И., Кутев В. А., Метелкин В. Н. Подповерхностная радиолокация. М. : Радио и связь, 1994. С. 216.

<sup>114</sup> Владов М. Л. Судакова, М. С. Георадиолокация: от физических основ до перспективных направлений : учебное пособие. М. : «Геос». 2017. С. 213.

<sup>115</sup> Марчук В. Н., Бажанов А. С., Этенко Г. В. Результаты применения георадара «Герад-2» в сфере народного хозяйства // Разведка и охрана недр. М.: Недра, 2001. № 3. С. 34–36.

<sup>116</sup> Lambert Dolphin. Ground penetrating Radar (GPR), Usage and Limitations. 1995. URL: <http://www.Idolphin.org/GPRbkgnd.html> (дата обращения 10.03.2023).

Глина	9–16
Вода (пресная/морская)	81

Поглощение радиоволн существенно возрастает при увеличении количества влаги в грунте, уменьшая потенциальную предельную глубину зондирования. С другой стороны, разрешающая способность определяется длиной волны. В таблице проиллюстрированы значения диэлектрической проницаемости и скоростей электромагнитной волны для антенны с частотой 100 МГц для некоторых типов сред<sup>117</sup> (табл. 2).

Таблица 2. Пример значения диэлектрической проницаемости и скоростей электромагнитной волны для антенны с частотой 100 МГц для некоторых типов сред

	Воздух	Лед	Песок сухой	Глина	Вода
Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$ отн	1	3	5	16	81
Скорость $V$ , см/нс	30	17	13	7,5	3,3
Длина волны, м	3	1,7	1,3	0,75	0,3

Для археолога важнейшей характеристикой георадарного комплекса является разрешающая способность, то есть минимальный размер объекта, который можно зафиксировать и определить его местоположение относительно поверхности и геометрические параметры<sup>118</sup>. Глубина исследования георадаром и способность фиксировать размер объекта на исследуемом участке зависит, с одной стороны, от рабочей частоты радара и длины волны в конкретной среде, а с другой – от радиофизических характеристик грунтов: их диэлектрической проницаемости и проводимости. Тип памятника, глубина предполагаемого залегания археологического объекта, предполагаемые линейные размеры объектов, тип грунтов, их электрофизические свойства определяют выбор

<sup>117</sup> Марчук В. Н., Секистов В. Н., Смирнов В. М., Юшкова О. В. Моделирование работы георадара численными методами // Вопросы подповерхностной радиолокации. М. : Радиотехника, 2005. С. 63–81.

<sup>118</sup> Владов М. Л. Судакова М.С. Георадиолокация: от физических основ до перспективных направлений : учебное пособие. М. : «Геос», 2017. С. 211.

частоты используемой антенны для максимально успешного исследования памятника.

Особенностью применения наземных георадаров является преимущественно контактное расположение антенн по отношению к поверхности зондируемой среды<sup>119</sup>.

При участии автора дорабатывались и применялись наземные георадары: ГЕОРАД-2 с двумя комплектами антенн 500 МГц и 750 МГц; многоантенные георадарные системы МАРС-300-4 / МАРК 300-8, модификации, (одноканальные) георадары ГЕОРАД-2 с комплектами антенн 200 и 300 МГц. Использовались щелевые антенны типа «бабочка», преимущество которых в компактности<sup>120</sup>.

Георадар **ГЕОРАД-2** с двумя комплектами антенн – 500 МГц и 750 МГц. Произведен в кооперации ФИРЭ РАН и СКБ ИРЭ РАН, г. Фрязино. При исследовании некоторых памятников было произведено объединение антенн приемника и передатчика в единый корпус с наличием радиопоглощающего материала на вспененной основе с наполнителем из графитового порошка. Такая доработка позволила во время георадарной съемки минимизировать отражения от близлежащих воздушных целей. (рис. 2). В зависимости от вида антенн георадар **ГЕОРАД-2** способен выявлять неоднородности в подповерхностном слое на глубину до 1,5–2 м / 3–4 м (данные для сухого песка) с разрешающей способностью от 0,15 м / 0,25 м. При помощи георадара ГЕОРАД-2 начинались исследования памятников археологии поселенческого типа и курганного могильника<sup>121</sup>. Для увеличения производительности георадарной съемки была применена многоантенная георадарная система МАРС-300-4 (рис. 3).

МАРС-300-4 – это георадар с рабочей частотой 300 МГц, позволяющий снимать одновременно четыре параллельных профиля. В комплексе МАРС-300-

---

<sup>119</sup> Финкельштейн М. И., Карпухин В. И., Кутев В. А., Метелкин В. Н. Подповерхностная радиолокация М. : Радио и связь, 1994. С. 26.

<sup>120</sup> Марчук В. Н., Бажанов А. С., Этенко Г. В. Результаты применения георадара «Герад-2» в сфере народного хозяйства // Разведка и охрана недр. М.: «Недра», 2001. № 3. С. 34–36.

<sup>121</sup> Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Анализ результатов георадарного зондирования археологических объектов Ростовской области в 2001 г. // Археологические записки. Вып. 2. Ростов-на-Дону, 2002. С. 205–212.

4 был применен радиопоглощающий материал для экранирования антенн. Перемещение радарного блока осуществляется механическим тяговым средством (автомобиль) либо ручным способом. Один непрерывный проход позволяет получать четыре георадарных профиля на расстоянии 32,5 см между собой. Сеть измерений неоднородностей под поверхностью георадарного исследования  $0,1 \times 0,325$  м. Ширина полосы охвата георадара за один проход – 130 см. Многоантенный радарный комплекс МАРК 300-8 – дальнейшее развитие принципов и решений георадара МАРС-300-4 (рис. 4). МАРК 300-8 – это георадар с рабочей частотой 300 МГц, позволяющий снимать одновременно восемь параллельных профилей. Производительность МАРК 300-8 – 1 Га площади за 4 часа чистого рабочего времени. Один проход позволяет получать восемь георадарных профилей на расстоянии 0,25 см между собой. Фиксация значений электромагнитного импульса по профилю не более 5 см при скорости перемещения МАРК 300-8 1 м/сек. Сеть измерений неоднородностей под поверхностью георадарного исследования  $0,05 \times 0,25$  м. Ширина полосы охвата комплекса за один проход 200 см. Многоантенные радарные комплексы МАРС 300-4, МАРК 300-8 успешно применялись при площадных исследованиях, в первую очередь на поселенческих памятниках<sup>122 123 124</sup>.

Одной из модификаций георадара ГЕОРАД-2 стали однопрофильные (одноканальные) двух антенные георадары с комплектами антенн 200 и 300 МГц – георадар ГЕОРАД-200/300 максимально упрощенной конструкции (рис. 5).

<sup>122</sup> Марчук В. Н., Бышевский-Конопко О. А., Бездудный В. Г. Методика полевых испытаний многоантенной радарной системы (МАРС-300/4) и анализ полученных результатов // Научн. конф. III Всероссийские Армандовские чтения, 25–27 июня 2013 г. Муром : МИ ВлГУ. С. 170–173.

<sup>123</sup> Бездудный В. Г., Волков И. В., Марчук В. Н., Ситдииков А. Г. Комплексные геофизические исследования Болгарского городища 2014–2017 гг. // Археология Евразийских степей. 2018. № 5. С. 101–107.

<sup>124</sup> Бездудный В.Г., Шакиров З.Г., Ситдииков А.Г. Комплексные геофизические исследования 2015–2017 гг. на Билярском городище // Археология Евразийских степей. 2018. № 5. Средневековая археология. Материалы конференции «Болгар: сохранение и изучение (к 80-летию Болгарской археологической экспедиции). Археология средневековых городских центров Евразии. С. 18–24.

Примерами их использования могут служить исследования на грунтовых могильниках, поиск остатков сооружений различного назначения<sup>125 126 127 128</sup>.

При анализе полученных георадиолокацией данных используют несколько способов представления: осциллограмма, радарограмма, планиграфический и изометрический разрез трехмерного куба<sup>129</sup> (рис. 1, б).

Локализация археологических объектов, их идентификация и создание карты их местоположения и вероятных глубин залегания на основе георадарных данных, радарограмм и планиграфических срезов – основной итог георадарного исследования в археологии.

Практическим путем выяснено, что чем чаще сеть измерений, тем меньше площадная производительность, но выше разрешение и качество получаемых планиметрических разрезов. При работе с многоантенными системами в пользу площадной производительности принесена возможность менять сеть измерений.

Поселенческие памятники исследовались преимущественно сетью не больше  $0,5 \times 0,1$  м. Могильники исследовались сетью не более  $0,25 \times 0,1$ , в отдельных случаях  $0,1 \times 0,1$  м.

Таблица 3. Таблица использования видов георадаров на памятниках и сеть измерений

Название аппаратуры	Название памятника	Сеть измерений, метры
---------------------	--------------------	-----------------------

<sup>125</sup> Атабиев Б. Х., Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Комплексные исследования 2020 года «Кенделенского Второго грунтового могильника с каменными выкладками на поверхности» в Баксанском районе КБР. // Археология и геоинформатика. Пятая Международная конференция. Тезисы докладов. М.: ИА РАН, 2021. С. 18.

<sup>126</sup> Энговатова А. В., Васильева Е. Е., Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Геофизические методы локализации археологических объектов: уточнение местонахождения писаревского пруда в Троице-Сергиевой лавре (работы 2015 года) // Археология Подмосквья. Материалы научного семинара. / Отв. ред. А. В. Энговатова. 2017. С. 256–260.

<sup>127</sup> Бездудный В. Г., Стародубцев Г. Ю., Кайзер Э., Вингер К., Лясковская Л. Е., Щеглова О. А. Начало комплексных исследований Гочевского средневекового поселения (северо-восточная часть посада, городище крутой курган и царский дворец) // Естественнонаучные методы в изучении и сохранении памятников костёнковско-борщёвского археологического района. Материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 17–26.

<sup>128</sup> Бездудный В. Г., Радюш О. А. Геофизическое исследование части территории памятника «Городище Новосиль» (г. Новосиль Орловской области). Магнитометрия. Георадар. // Археология и геоинформатика. М. : ИА РАН, 2023. Вып. 11. DVD-ROM.

<sup>129</sup> Марчук В. Н., Бышевский-Конопко О. А., Бездудный В. Г. Методика полевых испытаний многоантенной радарной системы (МАРС-300/4) и анализ полученных результатов. // Научн. конф. III Всероссийские Армандовские чтения, 25–27 июня 2013 г. Муром : МИ ВлГу. С. 170–173.

МАРК 300-8 300 МГц	Производственный район озера Галанка. Болгарское городище	0,25×0,1
Георад 300 МГц	Мавзолеи Болгарского городища	0,5×0,1
Георад 200 МГц	Район раскопа СХСIV. Болгарское городище	0,5×0,1
Георад 300 МГц	Бильярское городище	0,25×0,1 0,5×0,1
МАРК 300-8 Георад 200 МГц	Маджарское городище	0,25×0,1 0,5×0,1
ГЕОРАД-2 500МГц	Производственный район Черепняное поле. Селитренное городище	0,5×0,05

Методически вопрос о сплошной абсолютной привязке по глубине послойных планов и выявленных при георадарной съемке объектов до конца не решен. О глубинах выявленных объектов можно говорить с относительной точки зрения: находится ли определенный послойный план выше/ниже другого от дневной поверхности.

#### *Методы магнитометрии*

Теория и практика магниторазведки подробно разработаны в учебно-методической литературе ведущих исследовательских и учебных центров России – МГУ, РУДН, г. Москва; КФУ, г. Казань<sup>130 131 132</sup>.

Магнитометрия как геофизический метод в исследовании археологических памятников широко применяется со второй половины XX века по настоящее время. Основы метода и его применения при археологических исследованиях приведены в базовых работах Г. С. Франтова, М. Дж. Эйткина<sup>133 134</sup>.

<sup>130</sup> Булычев А. А., Попов М. Г., Золотая Л. А., Коснырева М. В., Паленов А. Ю. Магниторазведка: учебно-методическое пособие. Москва : МГУ, 2018. 135 с.

<sup>131</sup> Насыртдинов Б. М., Хамидуллина Г. С., Даутов А. Н. Магнитная съемка: учебно-методическое пособие по учебной геофизической практике. Казань : Изд-во Казан, ун-та, 2017. 22 с.

<sup>132</sup> Новиков К. В., Абрамов В. Ю., Иванов А. А., Новиков П. В. Магниторазведка: учебное-методическое пособие. Москва : Российский ун-т дружбы народов, 2023. 67 с.

<sup>133</sup> Франтов Г. С., Пинкевич А. А. Геофизика в археологии. Л., 1966.

<sup>134</sup> Эйткин М. Дж. Физика и археология. М.: Иностранная литература, 1963. URL:

В археологических исследованиях в первую очередь нашли широкое применение наземные магнитометры. Магнитометры на авианосителях и подводные магнитометры использовались много реже. На данный момент происходит всплеск интереса к разработкам и применению магнитометров на БПЛА-носителях.

С применением магнитометрических методов в археологических исследованиях производится выявление невидимых и в большинстве случаев скрытых во вмещающем слое предметов, объектов, сооружений и структур, а также измененной человеком в древности части окружающей его природы по контрастам измененного магнитного поля этих скрытых и невидимых элементов археологического памятника<sup>135</sup>. Процессы, вызывающие изменения магнитного поля в культурном слое на памятнике археологии и его отдельных объектах, подробно разработаны и представлены в ряде статей и публикаций таких ученых, как А. Шмидт, Й. В. Э. Фассбиндер<sup>136 137</sup>.

Важными магнитными свойствами, анализ которых проводится при исследованиях археологических памятников, являются магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность. В случае если проживание человека в прошлом привело к изменению уровня магнитной восприимчивости окружающей среды в результате его деятельности, для обнаружения следов такой деятельности используются магнитные измерения. Усиление магнитной восприимчивости и формирование магнитных минералов в почве могут происходить путем повышения магнитной восприимчивости при помощи *бактерий*. Такое повышение происходит за счет магнитотактических бактерий, которые размножаются в органическом материале и накапливают кристаллы магнетита внутри своих тел. Рост анаэробных бактерий происходит в

---

[https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_006372267/?ysclid=mkjflmi7x862361559](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006372267/?ysclid=mkjflmi7x862361559) (дата обращения 26.12.2025).

<sup>135</sup> Коробов Д. С. Основы геоинформатики в археологии: учебное пособие. М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. С. 145.

<sup>136</sup> Шмидт А. Археология, магнитные методы. // Д. Губбинс и Э. Эрперо-Бервер. Энциклопедия геомагнетизма и палеомагнетизма. 2007. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228666190\\_Archaeology\\_magnetic\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/228666190_Archaeology_magnetic_methods) (дата обращения 26.12.2025).

<sup>137</sup> Фассбиндер Й. В. Е. Магнитометрия в археологии – от теории к практике // Российская археология. 2017. № 3. С. 75–91.

разлагающемся органическом материале, оставленном человеком, таких как скопления мусора, остатки деревянных строительных материалов, либо просто культурном слое с повышенным содержанием этих остатков<sup>138</sup>. Примером усиления антропогенной нагрузки может служить локализация границ усадеб с наличием термического производства на их территории. В таких случаях фиксируются не только сами производственные объекты, но и зоны, в рамках которых проходило производство, пути подвоза материалов и вывоза отходов<sup>139</sup>. Многие материалы в процессе нагревания, не достигая плавления, разрушаются при значительно более низкой температуре. К числу подобных разрушений относятся весьма характерные явления – так называемые дегидратация и термическая диссоциация минералов<sup>140</sup>.

Магнитная восприимчивость также может быть повышена за счет образования сульфидов железа в прибрежных средах со стоячей водой. В археологических исследованиях этот эффект может помочь маркировать прибрежную часть палеоводоемов, к границам которых приурочены зоны распространения культурного слоя, и, следовательно, могут быть косвенным свидетельством потенциальной деятельности человека. Примером использования такого эффекта может служить локализация береговой черты древнего водоема для определения мест обитания в каменном веке<sup>141</sup>. Наряду с наведенной намагниченностью существенную роль в формировании изменений магнитного поля играет остаточная намагниченность археологических объектов и предметов.

Термоостаточная намагниченность возникает в результате естественных природных причин, а также в дополнение к ним как следствие деятельности

<sup>138</sup> Фассбиндер Дж. В. Э., Станжек Х., Вали Х. Появление магнитных бактерий в почве. *Nature*, 1990. С. 161–163.

<sup>139</sup> Бездудный В. Г., Шакиров З. Г., Ситдинов А. Г. Комплексные геофизические исследования 2015–2017 гг. на Билярском городище // *Археология Евразийских степей. Средневековая археология. Материалы конференции «Болгар: сохранение и изучение (к 80-летию Болгарской археологической экспедиции). Археология средневековых городских центров Евразии»*. 2018. № 5. С. 18–24.

<sup>140</sup> Поваренных А. С. О дегидратации и термической диссоциации минералов // *Труды Минералогического музея*. В. 9. Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН СССР. Москва, 1959. С. 99.

<sup>141</sup> Бричева С. С., Ахметгалеева Н. Б., Кандинов М. Н., Бездудный В. Г., Палёнов А. Ю., Шашерина Л. В., Захаров А. Л., Матасов В. М., Тарасова М. А. Изучение палеорельефа поселений каменного века геофизическими методами // *Инженерная и рудная геофизика 2022. Сборник материалов 18-й научно-практической конференции и выставки*. Москва, 2022. С. 247–252.

человека. Термопостоянное намагничивание возникает при воздействии высоких температур, во-первых, на горные породы, а также их отложения и, во-вторых, на вещества и материалы, из которых состоит культурный слой и/или археологические объекты.

Высокая намагниченность в горнах, печах, сожжённых постройках обусловлена намагничиванием при высоких температурах и может быть легко идентифицирована на магнитограмме. Изменение магнитного поля при обжиге глины вызвано двумя основными факторами: изменением магнитной восприимчивости и образованием остаточной намагниченности, который является основным. Примерами применения на практике исследований остаточной намагниченности объектов могут служить поиск и изучение руинированных и археологизированных остатков уничтоженных в пожаре жилищ, созданных с применением глиняной обмазки, остатки печей и горнов<sup>142</sup>  
143.

Й. Фассбиндер считает, что в процессе формирования остаточной намагниченности обломков играет роль изменение магнитного поля. В случае когда остатки культурного слоя, содержащие постоянно намагниченные оксидные зерна, осаждаются в воде (например, в яме, канаве или во впадинах грунта), зерна стремятся сориентироваться так, чтобы их магнитная ось была выровнена вдоль или параллельно направлению окружающего магнитного поля. Перемешивание же этих отложений в результате различных нарушений приводит к «механическому размагничиванию» и также позволяет фиксировать их через изменение остаточной намагниченности<sup>144</sup>.

---

<sup>142</sup> Бездудный В. Г. Геофизические исследования (магнитометрия, георадар) археологических памятников: поселений Пены-1, Журавка, Почтовое-1 // Археология и геоинформатика Отдел охранных раскопок, группа «Археолого-географические информационные системы». Институт Археологии РАН РФ. Москва, 2008. № 5. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-5/Bezudnyj/page1.html> (дата обращения 10.03.2012).

<sup>143</sup> Бричева С. С., Ахметгалеева Н. Б., Кандинов М. Н., Бездудный В. Г., Палёнов А. Ю., Шашерина Л. В., Захаров А. Л., Матасов В. М., Тарасова М. А. Изучение палеорельефа поселений каменного века геофизическими методами // Инженерная и рудная геофизика 2022. Сборник материалов 18-й научно-практической конференции и выставки. Москва, 2022. С. 247–252.

<sup>144</sup> Fassbinder J. W. E. Magnetometerprospektion des neolithischen Erdwerkes von Altheim. Das archäologische Jahr in Bayern, 2009. P. 26–29.

При процессе образования веществ при температуре ниже точки Кюри этого вещества, в результате остывания можно получить различную остаточную намагниченность. По мнению Фассбиндера, в изменении магнитных свойств в культурном слое памятника археологии химическая или кристаллизационная остаточная намагниченность также может маркировать особенности культурного слоя памятника<sup>145</sup>.

Для магнитометрических исследований, продемонстрированных в данном исследовании, применялись процессорный оверхаузеровский датчик POS-1 и его двухканальный вариант POS-2, далее градиентометр POS-2 (в режиме съемки вертикального градиента с базой 2 м). Магнитометры разработаны и производятся лабораторией квантовой магнитометрии Уральского федерального университета, возглавляемой В. А. Сапуновым. Магнитометр POS-1 в качестве вариационной станции применялся для фиксации вариаций магнитного поля одновременно с эксплуатацией многодатчикового магнитометра, созданного на основе градиентометров POS-2 (рис. 7).

Для решения задач кратного увеличения производительности магнитометрических исследований по сравнению со съемкой при помощи стандартного градиентометра POS-2 в УрФУ лабораторией квантовой магнитометрии был создан многодатчиковый комплекс на основе градиентометра POS-2. Датчики расположены в ряд на расстоянии 0,5 м друг от друга<sup>146</sup>. Наиболее эффективной методикой магнитных исследований стало измерение вертикального градиента магнитного поля. Измерялась разница значений поля, фиксируемых одновременно (синхронно) по верхнему и нижнему датчикам, деленная на расстояние между датчиками над предполагаемым объектом. Такая конфигурация использовалась для фиксации слабоконтрастных в магнитном плане археологических объектов, в пределах  $\pm 0,05$  нТл. При большой базе верхний датчик градиентометра фактически измеряет общее

---

<sup>145</sup> Фассбиндер Й. В. Э. Магнитометрия для археологии. Энциклопедия геоархеологии. 2017. С. 505.

<sup>146</sup> Бездудный В. Г., Вязов Л. А., Сапунов В. А., Ситдииков А. Г. Комплексный подход к изучению средневековых памятников Поволжья: исследование Кузнечихинского городища «Сувар» в 2018–2019 гг. // Труды VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре. Самара, 2020. С. 214–215.

магнитное поле, преимущественно без сильного влияния на него магнитного момента объекта исследования, и практически выступает в качестве подвижной вариационной станции. Резко отличающиеся в магнитном плане от среднего магнитного поля объекты фиксируются обоими датчиками. Расстояние между датчиками градиентометра 2 м, высота нижнего датчика над поверхностью 0,3 м.

Методика непрерывной съемки применялась при измерениях вертикальным градиентометром POS-2 и многодатчиковой системой на основе POS-2. Время каждого цикла измерений 0,5 сек., что позволило получать значения магнитного поля с удовлетворяющей чувствительностью  $\pm 0,05$  нТл. При пешей съемке со скоростью 1 метр в секунду сеть измерений составляла  $0,5 \times 0,5$  м. В отдельных случаях применялась сетка непрерывных измерений  $0,25 \times 0,5$  м либо  $0,25 \times 0,25$  м для повышения детализации, но производительность исследования по площади падала. При применении многодатчиковой системы на основе POS-2 измерялось магнитное поле над поверхностью участка с учетом вариаций магнитного поля. Существует проблема запаздывания срабатывания начала измерения в процессе перемещения оператора при непрерывной съемке, до конца проблема не решена, поэтому точность выявления деталей объектов и локализации изменения магнитного поля максимум составляет до  $\pm 0,5$  м.

Поточечная съемка применялась при использовании вертикального градиентометра POS-2. Вертикальное статическое положение датчиков в течение 3 секунд и четкое расположение по измеряемому профилю – рулетке позволило измерять значения магнитного поля с чувствительностью  $\pm 0,005$  нТл. Метод поточечной съемки демонстрирует максимальное качество для данного вида магнитометра.

Опытным путем установлена средняя площадная производительность магнитометрических исследований на основе POS-2. Для шаговых, точечных измерений при помощи вертикального градиента 2 м с сеткой измерений  $0,5 \times 0,5$  м производительность достигает до 500 кв. м/дневная смена.

Для непрерывной съемки, вертикального градиента 2 м, при помощи POS-2 – 5000 кв. м/дневная смена. Используя многодатчиковую систему на основе POS-2, можно добиться производительности 15 000 кв. м за дневную смену и более. Площадь исследования нескольких относительно небольших участков всегда меньше площади исследования относительно крупного участка за одинаковое время.

С учетом особенностей рельефа и/или конфигурации исследуемой поверхности памятника археологии производится разметка прямоугольных участков, удобная для данного конкретного исследования. Выработан метод этапности работ с укрупнением их масштаба и улучшением точности: сначала рекогносцировочные работы в более мелком масштабе в «непрерывном режиме», потом съемка отдельных участков более детально в большем масштабе в режиме пошаговых измерений.

Результат магнитометрического исследования в большинстве случаев представлен в виде распределения градиента магнитного поля на поверхности участков исследования в цвете, как с применением сглаживания точечных сильных всплесков магнитного поля фильтрацией или отбраковкой таких точек, так и в исходном виде значений градиента магнитного поля. В некоторых случаях для анализа полученного результата применим способ построения распределения градиента в виде одних только изолиний величин магнитного поля, без цветовой градации (помощь в визуализации точечных сильно намагниченных объектов).

Теоретические принципы, конструктивные особенности и методики применения георадаров, разработанные предыдущими исследователями и разработчиками, позволили оптимистично оценить возможность применения георадарных комплексов при изучении памятников Средневековья Поволжья. Методический опыт применения георадаров в археологии в нашей стране и за рубежом учитывался как в постановке задач исследования памятников Поволжья, так и в модернизации аппаратуры и методик ее применения. При выборе величины частоты и, соответственно, размеров и конфигурации антенн

был сделан вывод, что для большинства однослойных памятников лесостепной и степной зоны необходим диапазон исследования по глубинам от 0,3 м до 1,8 м от дневной поверхности. Возможностей антенн 500 и 750 МГц оказалось недостаточно. Более оптимальным диапазоном оказались антенны 200, 300 МГц. Одноканальные георадары позволяли выбрать оптимальную сеть измерений в зависимости от вида памятника и задачи геофизики на конкретном объекте. Для однослойных памятников Поволжья с большой площадью выположенной поверхности эффективнее по производительности стали многоантенные системы. Оттестированные и реализованные на археологических памятниках при исследовании городищ<sup>147 148</sup>, курганов, грунтовых могильников<sup>149 150</sup>, культовых объектов и крепостей<sup>151 152</sup> аппаратура и методика георадарных исследований успешно применены на средневековых городищах Поволжья.

К настоящему времени магнитометрия прошла путь от первоначального исследования ярких в магнитном плане археологических объектов, таких как печи и горны, до применения магнитометрии практически на всем спектре археологических памятников. Теоретические основы и обобщенный методический опыт работ по применению магнитометрии в археологии как за рубежом, так и в России, который опубликован в статьях, монографиях, диссертационных работах и учебных пособиях, использовался для обоснования применения данного метода при изучении археологических памятников Поволжья. Для успешной интерпретации изменений магнитного поля

<sup>147</sup> Бездудный В. Г., Марчук В. Н., Ситдииков А. Г. Комплексные геофизические исследования Болгарского городища в 2016 году // Поволжская Археология. 2018. № 2 (24). С. 319–325.

<sup>148</sup> Бездудный В. Г., Волков И. В., Марчук В. Н., Ситдииков А. Г. Комплексные геофизические исследования Болгарского городища 2014–2017 гг. // Археология Евразийских степей. 2018. № 5. С. 101–107.

<sup>149</sup> Атабиев Б. Х., Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Комплексные исследования 2020 года «Кенделенского Второго грунтового могильника с каменными выкладками на поверхности» в Баксанском районе КБР // Археология и геоинформатика. Пятая международная конференция. Тезисы докладов, ИА РАН Москва, 2021. С. 18–20.

<sup>150</sup> Бездудный В. Г., Гришаков В. В., Еремина С. С., Михайлов Е. П. Геофизические исследования 2017 г. на Сендимирикинском (древнемордовском) могильнике в Чувашской Республике // Вестник НИИ гуманитарных наук при Правительстве Республики Мордовия. 2017. № 4 (44). С. 83–89.

<sup>151</sup> Энговатова А. В., Васильева Е. Е., Бездудный В. Г., Марчук В. Н. Геофизические методы локализации археологических объектов: уточнение местонахождения писаревского пруда в Троице-Сергиевой лавре (работы 2015 года) // Археология Подмосквья. Материалы научного семинара. / Отв. ред. А. В. Энговатова. 2017. С. 256–260.

<sup>152</sup> Бездудный В. Г., Зацаринный С. В., Сапрыкина И. А. Локализация фундамента Успенского собора XVII века в Тульском кремле по результатам георадарных исследований 2017 года // Археология Подмосквья. 2023. № 19. С. 269–274.

использовались данные о процессах, вызывающих изменения свойств магнитного поля на археологических памятниках и их отдельных объектах. Возможности и ограничения при применении магнитометрии, которые вытекают из физических свойств самого метода и связаны с техногенной средой, учитывались при исследованиях в данной работе.

С учетом накопленного опыта магнитометрических исследований для исследования археологических памятников Поволжья применена аппаратура производства лаборатории квантовой магнитометрии УрФУ, возглавляемой В. А. Сапуновым. Точность фиксации изменений магнитного поля данной аппаратуры достаточна для выявления и объектов, и структур на территории памятников Поволжья. Модернизированные комплексы – магнитометры на основе ПОС-2 – позволили проводить высококачественные пошаговые и высокопроизводительные (по площади) непрерывные магнитометрические съемки.

Выработанная и апробированная методика магнитометрического исследования позволяет с высокой степенью достоверности подходить к моделированию нераскопанных археологических объектов на территории Поволжья.

## **Глава 2. Неразрушающие дистанционные методы в изучении производственных центров средневековых городищ**

Функционирование средневековых золотоордынских городищ как населенных пунктов и торговых центров Поволжья сложно представить без производственной и ремесленной деятельности. Керамическое производство широко представлено среди других производств средневекового города. Изготавливавшиеся керамические изделия имели огромное значение для жизни населения и торговли. Изделия из керамики применялись в строительстве, для решения хозяйственных и бытовых задач. Для поволжских городищ, располагающихся на большой площади, требовалось огромное количество строительного материала – кирпича, черепицы, изразцов. Многочисленное население, а также оживленная торговля требовали большого количества керамических изделий бытового назначения (кухонная и столовая посуда, светильники, тарные сосуды и т. д.) для собственного потребления и обмена. Большие объемы такого производства подразумевали появление обособленных либо специализированных зон керамического производства. Выявление гончарных центров, уточнение границ отдельных производственных зон, выявление, уточнение взаимного расположения отдельных производственных объектов или их групп, а также изучение самих объектов производства на нескольких городищах Поволжья стали одной из задач геофизических исследований и темой данной части работы. В ходе исследований также решалась задача по выработке максимально эффективной методики изучения керамического производства при помощи методов геофизики. Исследовались физические значения величин изменений магнитного поля объектов керамического производства и их отдельных элементов; особенности конфигурации и размеры пятен этих изменений; наличие и специфика близлежащих производственных объектов; общий планиграфический контекст объектов. Часть выявленных объектов и их интерпретация подтверждены последующими раскопками. Геофизические исследования представлены работами на ряде городищ Поволжья – Болгарском, Царевском и Селитренном.

## **2.1. Археологические объекты производственного района Болгарского городища**

Болгарское городище находится на территории современного г. Болгара Спасского района Республики Татарстан. С 1995 г. городище имеет статус памятника федерального значения. С 2014 г. Болгарский историко-архитектурный комплекс внесён в список Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО. В Средние века Болгар являлся городом Волжско-Камской Булгарии, позднее – одним из крупнейших городов Болгарского улуса Золотой Орды. Болгар был основан волжскими булгарами в X веке. Золотоордынский князь Булат-Тимур в 1361 году разрушил Болгар. После восстановления город просуществовал еще семьсот лет до следующего разрушения в 1431 году и более не восстанавливался. Территорию городища характеризует типичный лесостепной ландшафт, созданный овражно-балочной сетью, с наличием западин (степных озер). Грунты сложены песчаными и супесчаными отложениями. Зона производства керамики располагалась в западной части Болгарского городища, в районе озера Галанка (в пределах второй надпойменной террасы р. Волги). Ранее, во время функционирования городища, существовавшие западины интенсивно осваивались в ходе хозяйственной деятельности, так как являлись источниками и природными хранилищами воды. В настоящее время наблюдается сезонное заполнение водой западины озера Галанка. Некоторое влияние на современный рельеф в районе оз. Галанка оказало строительство и функционирование стояночной площадки аэродрома к востоку от озера.

Изучение керамического производства в округе озера Галанка Болгарского городища началось в 40-х годах XX в. Первые исследования горнов в этой части городища проводились О. С. Хованской в рамках экспедиции под руководством А. П. Смирнова. В округе Галанского озера были найдены центры керамического производства<sup>153</sup>.

---

<sup>153</sup> Хованская О. С. Гончарное дело города Болгара // Труды Куйбышевской археологической экспедиции. Т. I /

В 1948 г. к западу от озера Галанка были исследованы три керамические мастерские, в которых функционировало шесть горнов. Была выявлена структура мастерских и конструкция его отдельных элементов. Стало понятно, что гончарные мастерские работали с использованием многокамерных горнов, использовавших единый котлован при его топочной части. Установлены виды продукции, производимой в каждом из горнов. Здесь изготавливались тарные изделия, трубы и керамика бытового назначения. Свидетельств проживания работников, трудившихся в этих мастерских, найдено не было. Возможно, производство могло являться сезонным<sup>154</sup>.

В 1969 году при прокладке водовода Н. Д. Аксеновой были проведены археологические исследования с севера и северо-запада от озера Галанка. Материал из раскопов в этом месте показал отсутствие остатков гончарного производства<sup>155</sup>.

В 1978–1979 годах в рамках экспедиции Болгарского отряда ПАЭ Н. Д. Аксенова, М. Д. Полубояринова, М. Т. Крамаровский проводили исследования на северо-запад от озера Галанка. Ими были выявлены остатки поселенческих объектов (землянки) и множество хозяйственных ям. Наличие гончарного производства не обнаружено. Отмечено, что в культурном слое и в раскопанных объектах преобладает продукция горнов, обнаруженных около озера Галанка<sup>156</sup>.

В 1980 г. в рамках экспедиции Болгарского отряда ПАЭ Г. Ф. Полякова проводила археологические исследования на север от озера Галанка (в районе хорошо читающихся на поверхности остатков двух горнов). Ею была раскопана часть многокамерного горна, объединенного общим котлованом притопочной ямы. В раскопе было исследовано два горна, выявлены сложные элементы их

---

МИА. № 42 / Отв. ред. А.П. Смирнов. М. : Изд-во АН СССР, 1954. С. 356–368.

<sup>154</sup> Смирнов А. П. Отчет Болгарской экспедиции 1948 г. // Архив ИА РАН. Р-1. № 219.

<sup>155</sup> Бочаров С. Г., Ситдинов А. Г. Исследования гончарного производства у Галанского озера Болгарского городища // Материалы и исследования по археологии Великого Болгара. Т. 3. Казань : АН РТ, 2023. С. 184.

<sup>156</sup> Аксенова Н. Д., Полубояринова М. Д., Крамаровский М. Г. Отчеты о работах на Болгарском городище в 1978–1979 гг. // Архив ИА РАН, Р-1, № 3921.

конструкции, аналогичной уже исследованным рядом с озером Галанка. Г. Ф. Полякова датирует завершение существования мастерской началом 1360-х гг.<sup>157</sup>

В 2016 г. в юго-восточной части Болгарского городища, в районе озера Галанка, сотрудниками Института археологии им. Халикова АН РТ проведены исследования керамического производства<sup>158 159 160</sup>.

До начала археологических исследований методом раскопок были проведены площадные исследования округа озера Галанка неразрушающими методами. Геофизические изыскания на Болгарском городище в результате многолетних исследований дают важные данные о планиграфии и структуре этой производственной части городища, его отдельных объектов. Большая работа по магнитометрическому исследованию Болгарского городища проводилась в 2011–2015 гг. сотрудниками Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Б. М. Насыртдиновым, Д. И. Хасановым, В. В. Георгиевым (г. Казань). Результатами исследований стали: фиксирование распределения магнитных полей на большой площади городища, выявление множества археологических объектов на территории памятника (в том числе горнов на западе Болгарского городища) и отработка отдельных методических приемов работы на городище. В ходе исследований удалось локализовать более двух десятков аномалий, возможно связанных с каменными и кирпичными сооружениями<sup>161</sup>.

Детальные геофизические исследования округа озера Галанка проводились автором в течение нескольких полевых сезонов в 2015–2017 гг. Целью этих исследований было локализовать места расположения остатков производственных центров с горнами и древней застройки. Поиск и локализация

<sup>157</sup> Полякова Г. Ф. Отчёт о работе на Болгарском городище в 1980 году. Раскоп LXX // Документальный фонд БГИАЗ. Инв. № 66-1. КП-405.

<sup>158</sup> Ситдинов А. Г. Отчет об археологических раскопках в Спасском районе г. Болгар на Болгарском городище (Раскоп ССХVI) в 2016 г. Том I. Казань, 2017 // НФ МА РТ ИА АН РТ. Ф. 4. Оп. 1. 202 л.

<sup>159</sup> Бочаров С. Г. Археологические исследования гончарных горнов на Болгарском городище в 2016 году (Раскоп ССХVI) // ПА, 2018. № 2 (24). С. 253–264.

<sup>160</sup> Бочаров С. Г., Ситдинов А. Г. Исследования гончарного производства у Галанского озера Болгарского городища / Материалы и исследования по археологии Великого Болгара. Т. 3. Казань : АН РТ, 2023. С. 184.

<sup>161</sup> Насыртдинов Б. М., Хасанов Д. И., Георгиев В. В. Результаты детальных магниторазведочных исследований на территории Болгарского городища в 2012–2015 гг. // Поволжская археология. 2017. № 4 (22). С. 36–40.

керамического производства – классическая задача для магнитометрических методов<sup>162 163</sup>, поэтому для основного геофизического исследования применялся именно метод магнитометрии.

Озеро Галанка и его округа расположены в центральной части Болгарского городища, ближе к западному его краю (рис. 8). К северу от него находится асфальтированная дорога, к востоку – площадка для стоянки самолетов бывшего аэропорта. До дороги (с севера) находится музеефицированный комплекс горнов, в свое время исследованный Поляковой<sup>164</sup>.

Озеро Галанка носит сезонный характер и имеет глинистые берега. Район озера представляет собой важную производственную зону средневекового городища. На дневной поверхности около озера фиксируется многочисленный подъемный керамический материал. Предыдущие археологические исследования подтверждают наличие гончарных мастерских с остатками производственной деятельности. На момент начала исследований поверхность территории в районе озера Галанка была слабо задернована и использовалась под выпас. Для подготовки поверхности к геофизическим исследованиям (в зависимости от времени года) по необходимости производился подкос высокой травы или сухостойной растительности. Разметка выполнялась в единой сети памятника. Вне зависимости от применяемого метода, места и года исследования применялась сквозная нумерация участков геофизических исследований. Участки стыкуются бортами и образуют единую площадь покрытия неправильной формы, расположенную вокруг озера Галанка. Площадка ориентирована «магнитные север – юг» и включает следующие участки магнитометрии: 2015 года исследования – № 1, 2, 3, 4, 5, 6; 2016 года исследования – 16, 17, 19, 20; 2017 года исследования – 22, 23, 24, 25; и георадарной съемки: 2016 года исследования – 18, 21. Участки геофизического исследования № 18, 21 (2016 г.) перекрывают участки № 3, 4, 5 (2015 г.) и участки

---

<sup>162</sup> Франтов Г. С., Пинкевич А. А. Геофизика в археологии. Л., 1966.

<sup>163</sup> Эйткин М. Дж. Физика и археология. М.: Иностранная литература, 1963. URL: [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_006372267/?ysclid=mkjflmi7x862361559](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006372267/?ysclid=mkjflmi7x862361559) (дата обращения 26.12.2025).

<sup>164</sup> Полякова Г. Ф. Отчёт о работе на Болгарском городище в 1980 году. Раскоп LXX // Документальный фонд БГИАЗ. Инв. № 66-1. КП-405.

№ 16, 17, 19 (2016 г.) (рис. 9). Площадь магнитометрического исследования площадки № 1 – **35 875** кв. м. Всего было произведено **125 733** физических измерений магнитного поля. Общая площадь георадарного исследования площадки № 1 составила **15 000** кв. м. Выполнено **60 000** м георадарных профилей с применением различных антенн. Для магнитометрических работ применялся магнитометр ПОС-2 в режиме съемки вертикального градиента. Методика исследования основной площади магнитометрии включала в непрерывную площадную съемку. Для выбора места исследования участка № 7 в режиме пошаговой съемки применялся метод приближения, когда первоначально исследуется максимально возможная площадь средним по качеству, но быстрым по производительности способом. После чего на основании анализа полученного результата выбирается отдельный меньший по площади участок (объект) для высокоточного, но низкопроизводительного исследования. Это позволило поднять чувствительность прибора при наблюдениях значений изменений магнитного поля и повысить точность определения местоположения каждого измерения на участке, но привело к снижению площадной производительности измерений и, как следствие, значительному увеличению времени работы.

Результат измерений основной площади исследования представлен в виде распределения градиента магнитного поля на участках в цвете, с применением лимитирования пиковых и паразитных значений. Белый цвет маркирует «0» значения градиента магнитного поля, синий, красный и их градации означают отклонения от «0». Шаг изменения цветности на магнитограмме непрерывной съемки подобран 0,5 нТл/м. Пиковые значения градиента магнитного поля обрезаны на 5 нТл. Выбор шага шкалы цветности обусловлен обеспечением максимально яркой визуализации магнитограммы при решении основной задачи магнитометрии в непрерывном режиме измерений при поиске и локализации гончарных мастерских с горнами и других сооружений. Выбор шага шкалы цветности обусловлен получением максимально качественной визуализации магнитограммы. За выявленный «Объект» принимается достаточно четко

очерченная зона измененного магнитного поля, которая может делиться на отдельные подзоны в зависимости от величин изменений магнитного поля.

Исследования 2015 года проводились с применением метода приближения в два этапа. Был произведен анализ результата магнитометрического исследования участков № 1–6, который представлен в цветовом виде (рис. 10), произведена прорисовка границ резких изменений градиента магнитного поля (рис. 11, 12). Анализ полученных данных первого этапа позволил обоснованно предположить наличие следов интенсивной хозяйственной деятельности в рамках исследованной территории. Была зафиксирована система слабых изменений магнитного поля, в пределах 1 нТл, линейной формы, которые наблюдались по всей исследованной площади и были ориентированы «северо-запад – юго-восток». Зафиксированы линейные аномалии, вызванные производившейся здесь плантажной вспашкой. Небольшие точечные всплески магнитного поля маркируют металл, находящийся в приповерхностном слое. Происхождение металла (на данном этапе исследований) установить невозможно. Сильные всплески магнитного поля в пределах  $\pm 2000$  нТл/м в северо-восточной части участка № 1 (контуры № 3) показывают остатки сооружений аэродрома (приповерхностные железобетонные конструкции видны с поверхности).

Локальные пятна измененного (в пределах  $\pm 200$ – $300$  нТл/м) магнитного поля условно поделены на несколько групп по конфигурации и размерам. Объекты № 4–10, 12, 13, вероятнее всего, маркируют места сильного термического воздействия (вероятно, небольшие печи). Объекты № 4, 7, 8, 9 имеют достаточно четкие внешние под квадратные границы. У объектов № 5, 6 внешние границы не читаемы, они перекрыты повышенным магнитным полем от современных конструкций № 3. Группы, в которую включены объекты № 14, 15, выделяются большими размерами и тоже выражены сильными колебаниями магнитного поля (в пределах  $\pm 200$ – $300$  нТл/м). Прорисовки предполагаемых контуров объектов имеют сложную структуру и четко выраженную область вокруг самого объекта. Зафиксированы несколько крупных горнов сложной

конструкции со своими производственными зонами.

Объекты № 11, 16, 17 маркируются изменениями магнитного поля небольших линейных размеров и изменениями величин магнитного поля (в пределах  $\pm 200\text{--}300$  нТл/м). Такие контуры могут отражать небольшие горны.

Вторым этапом исследований 2015 года, проводившимся по результатам непрерывной площадной магнитной съемки, был выбор участка для доисследования выявленных объектов. Таким участком стал участок № 7 ( $25 \times 35$  м), который был размечен с опорой на существующую координационную сеть (рис. 13). На размеченном участке проведены комплексные геофизические изучения тремя геофизическими методами: пошаговая магнитометрическая съемка, метод электропрофилирования с неподвижными питающими заземлениями – съёмка срединных градиентов (далее – СГ), георадиолокационные исследования. Электроразведка и георадиолокационное сканирование проведены командой Казанского (Приволжского) федерального университета под руководством К. И. Бредникова. Пошаговые магнитометрические исследования представлены в виде цветового распределения градиента магнитного поля в границах участка исследования и прорисовки резких изменений магнитного поля в рамках участка (рис. 14, 15). Полученные данные магнитометрического исследования весны и лета 2015 г. аналогичны и дополняют друг друга.

Разница методик магниторазведки заключалась в уменьшении сети измерений, в применении пошаговой съемки на втором этапе с кардинальным повышением чувствительности аппаратуры измерения изменений поля до  $\pm 0,005$  нТл/м. Эти виды съемки значительно отличаются по производительности и точности. В исследованиях использовался метод приближения. На производительной весенней съемке на большей площади были выявлены объекты № 13, 14. На пошаговой летней съемке были уточнены характеристики выявленных объектов, а также удалось детализировать их сложную структуру. По результатам пошаговой магнитометрической съемки выявлен единый комплекс пятен измененного магнитного поля комплекса объектов № 1

(предположительными размерами 5–6×6–8 м), который имеет сложную структуру. Вероятно, выделенные зоны № 1.1, 1.2 образуют единый комплекс. Границы зоны № 1.1 выделены по изменениям магнитного поля в пределах +/-40 нТл/м. К югу примыкает всплеск магнитного поля № 1.2 в пределах значений +/-150нТл/м, который меньше по своим линейным размерам.

В рамках пошаговой магнитометрической съемки выявлен комплекс объектов № 2 предположительными общими размерами 15×15 м, который также имеет сложную структуру. Граница измененного магнитного поля № 2 объединяет все изменения магнитного поля объектов внутри ее и не сильно контрастна (в пределах +/-3 нТл/м). Объекты № 2.1–2.5 резко контрастны, в пределах +/-250 нТл/м вертикального градиента изменений магнитного поля. Характеризуются четко выраженной округлой формой и сильными значениями намагниченности, предположительными диаметрами 2–2,5м. Объекты № 2.1–2.4 близко расположены и образуют цепочку дугообразной формы. Объект № 2.5 от них отделен. Объект № 2.6 находится в фокусе дуги объектов № 2.1–2.4, объединяя их (рис. 15).

В 2016 году магнитометрические исследования были продолжены далее к югу от озера Галанка (на участках № 16–20). Произведено объединение в единый планшет итоговых магнитограмм участков № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 19, 20 2015 и 2016 годов для анализа полученного результата (рис. 16). Анализ полученного магнитометрического результата проводился на основе прорисовок выявленных резких изменений границ магнитного поля в рамках площади исследования (рис. 17).

В единой сети исследований были вынесены два участка (№ 18 размером 150×50 м и № 21 размером 150×50 м) для проведения георадарной съемки. Эти участки перекрывали часть участков магнитометрии. Для георадиолокации применялся многоантенный радарный комплекс МАРК 300-8. По обработке полученных данных выстроено распределение электромагнитного импульса на радарограммах по каждому георадарному профилю, произведено объединение их в послойные планы (планиграфические разрезы) на различных расчетных

глубинах исследования. Диэлектрическая проницаемость грунтов на момент исследования не определялась. Привязать относительную глубину полученных послойных планов к истинной глубине оказалось затруднительно. Можно предположить, что нижние послойные планы даны в диапазоне истинных глубин до 0,7 м от поверхности исследования. Послойные планы на участке № 18 выстраивались в порядке заглабления их под поверхностью исследования последовательно, в диапазоне расчетных глубин 0,5–1,4 м (рис. 18). Аналогично проиллюстрированы результаты в виде послойных планов на участке № 21 (рис. 19). Прорисовками выделены границы изменений в культурном слое под поверхностью исследования, выявленные при помощи георадарных послойных планов (рис. 20).

Промежуточные результаты геофизических исследований позволили сделать несколько наблюдений и предположений.

Результаты магнитометрических исследований 2015 и 2016 годов, при едином подходе к методике проведения съемки и обработки полученных данных, стыкуются и соотносятся друг с другом. Итоговая магнитограмма 2015 и 2016 годов резюмирует объективность и действенность выбранного метода исследования, сопоставимость и совмещение результатов магнитометрии различных лет, а также показывает повторяемость результатов измерений магнитного поля на одном участке разными методиками и с разрывом измерений по времени. Помимо уже выявленных объектов, на доразмеченных в 2016 году участках было зафиксировано несколько локальных изменений магнитного поля. Объект № 21 характеризуется колебаниями градиента магнитного поля  $\pm 500$  нТл/м. Визуальный осмотр показал наличие в этом месте остатков железобетонного столба. Объекты № 22, 24, 26, 27 относительно компактны в линейных размерах, они имеют колебания градиента магнитного поля соответственно: № 22 –  $\pm 60$  нТл/м, № 24 –  $\pm 150$  нТл/м, № 26 –  $\pm 80$  нТл/м, № 27 –  $\pm 90$  нТл/м. Эти изменения магнитного поля могут быть интерпретированы как отражение остатков объектов со следами сильного термического воздействия. Ими могут быть небольшие горны и/или печи. Также

возможно такое отражение сигнала и остатками хозяйственных ям, местами концентрации отходов производства (шлак, брак и т. д.). На месте объекта № 20, где колебания градиента магнитного поля составляют  $\pm 2$  нТл/м, наблюдается понижение подквадратной формы размерами  $10 \times 10$  метров. Вероятно, маркирует следы хозяйственной деятельности в прошлом, возможно, это место добычи глины и/или объект другого назначения, относящийся к гончарным мастерским.

Георадиолокационные измерения в этой части памятника не показали особой эффективности. Антенны 250 МГц и 300 МГц смогли выявить отдельные нечеткие изменения под поверхностью, которые находятся в районах расположения горнов, ранее обнаруженных магнитометрией. Применение георадара с антеннами 300 МГц также фиксировало остатки системы линейной вспашки, которая выявлялась и магнитометрией. Двумя методами (магнитометрией и георадаром) проявлены только объекты № 16, 17.

Участки № 22–25 были исследованы при помощи магнитометрии в 2017 году. Участки расположены западнее озера Галанка, к северу и к югу от асфальтированной дороги (рис. 9). Основной целью работ являлось определить наличие следов керамического производства в этом районе. Сборка результатов магнитометрических исследований на площадке № 1 представляла собой сведение результатов геофизических исследований 2015, 2016 и 2017 годов (рис. 21, 22). Результаты магнитометрических исследований всех лет уверенно стыкуются и соотносятся друг с другом.

В рамках участков № 22–25 резкие и сильные изменения магнитного поля, имеющие линейный характер, относятся к водоводу, расположенному севернее озера. Севернее дороги была зафиксирована зона множества мелких всплесков магнитного поля, их происхождение не ясно. Возможно, они являются отражением места строительства дороги и водовода или/и отражением остатков современной деятельности при возделывании огородов. Таким образом, в рамках участков, расположенных около дороги, изменений магнитного поля, которые могли бы относиться к гончарному производству, не выявлено.

Гипотеза о нахождении крупных керамических горнов к западу от озера Галанка не подтвердилась. К юго-западу от озера, на стыке участков № 5 и № 22 2015 и 2017 годов, был выявлен еще один многокамерный горн (величина изменения магнитного поля  $\pm 150$  нТл/м). К юго-западу от него выявлены еще два всплеска магнитного поля, также представляющие, вероятно, небольшие горны.

Для сравнения результатов раскопок и результатов магнитометрии был проведен анализ части опубликованных материалов раскопок этой части Болгарского городища и прорисовок границ резких изменений магнитного поля, выполненных по результатам магнитометрического исследования с использованием ПОС-2 в режиме вертикального градиента<sup>165</sup> (рис. 23) (Бочаров, Ситдигов, Том III, Казань, 2023).

Раскоп ССХVI (размером 16×16 м) был заложен в 2016 году для исследования многокамерного горна с учетом данных геофизических исследований. Археологические исследования на раскопе велись под руководством А. Г. Ситдикова и С. Г. Бочарова. В границы раскопа ССХVI попало четыре горна и предгорновая площадка/яма.

Четко прослежена тождественность и высокая точность локализации и детализации результатов прорисовки предполагаемых объектов, выявленных магнитометрией, и фактически раскопанного многокамерного горна. В раскопе выявлены:

горн 1 (сооружение 2): диаметр 1,7 м, толщина стенок до 0,28 м;

горн 2 (сооружение 3): диаметр 2,3 м, толщина стенок до 0,4 м;

горн 3 (сооружение 6): диаметр 1,8 м, толщина стенок до 0,28 м;

горн 4 (сооружение 7): диаметр 2,1 м, толщина стенок до 0,3 м.

Все горны контрастны в магнитном плане (в пределах  $\pm 250$  нТл/м) в вертикальном градиенте 2 метра. Диаметры границ отражений магнитного поля горнов (в плане) оказались читаемыми больше их истинных размеров на 0,5–1 м. Предгорновая площадка показала, что заполнение сооружения состояло из двух

<sup>165</sup> 42. Бочаров, С. Г. Исследования гончарного производства у Галанского озера Болгарского городища / С. Г. Бочаров, А. Г. Ситдигов // Материалы и исследования по археологии Великого Болгара. – Казань : АН РТ, 2023. – Т. 3. – С. 184–198.

слоев: плотного оранжевого суглинка с включениями битого кирпича и пятен прокала (обожженной глины). Предгорновая яма относится ко всем четырем горнам. Ее заполнение состояло из прослоек и пятен плотной супеси, золы, золы с включениями фрагментов керамики и керамического шлака, песка с включениями пятен золы, бурой плотной супеси с включениями прокала (обожженной глины), фрагментов битого кирпича и керамики, осколков гончарных сосудов, фрагментов водопроводных и дымогарных труб. Несмотря на то, что предгорновая площадка и яма были заполнены контрастным в магнитном плане материалом, зафиксированные изменения магнитного поля находились в пределах  $\pm 7$  нТл/м. Часть археологически выявленных рядом с топочной частью горнов небольших археологических объектов, таких как развалы керамики, скопление битого кирпича, не геофизическими методами оказались не читаемы, так как они перекрыты сильно контрастным магнитным полем ( $\pm 40$  нТл/м) самих горнов; ярко контрастных включений в заполнении хозяйственные ямы не наблюдалось и в магнитном плане они не выявлены.

В ходе проведения геофизических работ в районе оз. Галанка на Болгарском городище была выбрана и апробирована методика исследования объектов производственного типа. Магнитометрией исследовано 35 875 кв. м, произведено 125 733 физических измерений магнитного поля. Георадаром исследовано 15 000 кв. м, выполнено более 60 000 м георадарных профилей различными антеннами. Электроразведка применялась на площади 1 750 кв. м. Наиболее эффективным геофизическим методом при исследовании данного типа объектов оказалась магнитометрия. При помощи магнитометрии была обследована территория с востока, юга, запада и северо-запада от озера Галанка. Удалось выявить две линии всплесков магнитного поля к востоку от озера, интерпретируемые как восемь небольших горнов. Обследованная территория умеренно контрастна в магнитном плане (в средних пределах  $\pm 1$  нТл/м). Интенсивная распашка данной территории разрушала верхнюю часть намагниченных остатков горнов, которые оказались растащены плугом по всей округе. Были также зафиксированы линейные остатки этой распашки, её

величины намагниченности находятся в пределах  $\pm 3$  нТл/м. К западу и северо-западу от озера, в том числе за дорогой, изменений магнитного поля, которые могут дать горны, обнаружено не было. Южнее озера выявлено и посажено на план памятника как минимум три группы многокамерных горнов сложной конструкции с их сопутствующей производственной структурой. Дополнительно к ним зафиксированы небольшие отдельно расположенные горны, печи. На юг и юго-запад от озера, рядом с многокамерными горнами, выявлены структуры, которые могут относиться к производственной площадке этой мастерской и/или остаткам ее сооружений. Территория насыщена мелкими, но сильными всплесками магнитного поля, которые отражают фрагменты железа различного происхождения. В районе крупных многокамерных горнов зафиксированы изменения вертикального градиента магнитного поля (в пределах  $\pm 350$  нТл/м). Более мелкие объекты показывают изменения магнитного поля в пределах  $\pm 150$  нТл/м. В районе южной границы площади исследования наблюдается понижение, где зафиксированы колебания градиента магнитного поля в пределах  $\pm 2$  нТл/м, интерпретация этого понижения без дополнительных исследований затруднена. При применении магнитометра ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента удалось достигнуть чувствительности  $\pm 0,05$  нТл/м для непрерывной съемки (с полным циклом одного измерения 0,5 секунды). Для поточечной съемки (с полным циклом одного измерения 3 секунды) была достигнута чувствительность  $\pm 0,005$  нТл/м. Как показали проведенные исследования, поточечные измерения с циклом измерений 3 секунды наиболее эффективны для получения максимальной чувствительности используемого ПОС-2 при точном позиционировании измеренного магнитного поля в рамках участка исследования. Метод приближения позволяет на большой площади определить наличие производственного или иного археологического объекта, а затем, на меньшей площади его расположения, получить более детальную информацию. Сравнение результатов раскопа ССХVI (2016 года) и результатов измерений в поточечном режиме продемонстрировало успешное применение магнитометрии для

выявления, детализации конструкции как самого четырехкамерного горна, так и окружающей его производственной площадки.

Проведенное сравнение результатов магнитометрических и археологических исследований и их последующий анализ позволили говорить, что при помощи геофизики были зафиксированы основные элементы многокамерного горна: четыре его камеры, предгорновая площадка и яма. Была также зафиксирована рабочая зона около горна, имевшая измененное магнитное поле (в пределах  $\pm 40$  нТл/м), простиравшаяся на расстояние до 5 метров от горнов. Можно обоснованно утверждать наличие еще как минимум одного объекта к западу от границ раскопа и возможное наличие сооружения к востоку – юго-востоку от раскопа, которое состоит из нескольких горнов, как это было в случае проведения раскопок на месте геофизических исследований. Полученные результаты позволяют уверенно экстраполировать интерпретацию и выводы магнитометрического исследования, опираясь на сравнение с результатами раскопок, на другие, еще не раскопанные объекты, а также могут быть применены при изучении других производственных объектов на памятниках археологии.

## **2.2. Локализация объектов производственного района Селитренного городища**

Селитренное городище являлось крупнейшим городским центром эпохи Золотой Орды. Остатки городища расположены на левом берегу р. Ахтубы, часть его территории занята селом Селитренное. Местность, в которой находится село и городище, относится к полупустынной природной зоне<sup>166</sup>. Почвы засолены и в данном районе наблюдаются небольшие солончаки. Территория городища пересекается цепями бэровских бугров, которые тянутся, как правило, по направлению ЮЗЗ – СВВ.

---

<sup>166</sup> Иванов И. В., Васильев И. Б., Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене. Москва, 1995. С. 7.

Строительство новой столицы Золотой Орды начинается в 30-х годах XIV в., и к началу 40-х г. Сарай уже переживает пик своего экономического развития, что сопровождается интенсивным строительством. В этот период Сарай имеет максимальный размер и представляет собой благоустроенный средневековый город с развитой торговлей, ремеслом и культурой. В период «Великой замятни» (1360–1370-е гг.) столица Улуса Джучи переживает упадок. Его восстановление и функционирование окончательно останавливается после походов Тимура<sup>167</sup>.

Для строительства огромного по средневековым меркам города в короткий промежуток времени, помимо традиционного сырцового кирпича, требовалось большое количество высококачественного строительного материала – обожженного кирпича, черепицы, различных изразцов. Для решения бытовых и хозяйственных задач увеличившегося населения, для нужд торговли требовалось огромное количество других керамических изделий. Удовлетворить эти потребности смогли многочисленные керамические мастерские. На юго-восточной окраине села Селитренного расположены остатки большого количества горнов. Эта производственная зона древнего городища находится на левом берегу р. Ахтубы и составляет площадь более полусотни гектаров. В XX веке эта территория на южной окраине села подвергалась интенсивному хозяйственному освоению. Вплоть до прошлого века здесь происходил разбор средневековых конструкций (с целью добычи и последующего вторичного использования кирпича). Проводилось строительство наземных сооружений и земляные работы (копались траншеи и карьеры, где добывался грунт). На данный момент территория села расширяется и частично занимает территорию этой производственной зоны (рис. 24).

Начало истории исследования данного района Селитренного городища в XX вв. связана с именем Ф. В. Баллода. В 1922 г. он составляет первый научный план городища, где выделяет отдельный район III, который называет «Черепяное поле». К этому времени на поверхности района III еще сохранялось множество

---

<sup>167</sup> Пигарев Е. М. Гончарное производство золотоордынского города Сарай (Селитренное городище) // Материалы и исследования по археологии Поволжья; вып. 7: Селитренное городище. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2015. С. 208.

черепков битой посуды, брака, целых форм и полуфабрикатов. Визуально наблюдались остатки полуразобранных на стройматериал средневековых печей.

В начале работ ПАЭ ИА АН, в 60-х годах, Л. Л. Галкин кратко охарактеризовал район Черепяного поля<sup>168</sup>.

Информация о состоянии памятника на этой территории содержится в работах В. Г. Рудакова, который в начале 2000-х годов проводил разведки на Селитренном городище и его округе<sup>169</sup>.

Интенсивным исследованием производственной зоны «Черепяного поля» Селитренного городища с 2001 по настоящее время занимается Е. М. Пигарев<sup>170</sup>.

К неразрушающим методам изучения данной части памятника с применением геофизики относятся работы автора 2009 и 2021 годов. В 2009 году на Черепяном поле были проведены первые комплексные тестовые геофизические исследования горна для обжига керамики, расположенного западнее вышки сотовой связи на месте будущего раскопа № 43. Предварительные результаты этих исследований были опубликованы<sup>171</sup>.

Задачей геофизических исследований была выработка методических решений по выявлению на территории этого памятника археологических объектов гончарного производства Селитренного городища при помощи магнитометра ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля и георадара с антенной 500 МГц, получение данных по величинам магнитного поля нераскопанного горна и выявления основных элементов заглубленных остатков горна при помощи георадара.

На момент начала исследований горн был частично поврежден современной траншеей с его западной стороны. Поверхность участка работ не требовала дополнительной подготовки. Были размечены участки

---

<sup>168</sup> Галкин Л. Л. Отчет за 1965 г. Описание городища у села Селитренного Астраханской области (Работы на Селитренном городище Харабалинского района Астраханской области). Дополнение к отчету Г. А. Федорова-Давыдова за 1965 г. Москва, 1966.

<sup>169</sup> Рудаков В. Г. Селитренное городище: хронология и топография: дис. ... кандидата исторических наук: Москва, 2007.

<sup>170</sup> Пигарёв Е. М. Селитренное городище. История исследований. // Материалы и исследования по археологии Поволжья. В. 11. Йошкар-Ола, 2019. С. 308.

<sup>171</sup> Пигарёв Е. М. Черепяное поле. Селитренное городище // Материалы и исследования по археологии Поволжья. В. 14. Йошкар-Ола, 2022. 204 с.

магнитометрического (13×15 м) и георадарного (8×15 м) исследований. При применении магнитометра ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля, трехсекундного полного цикла единичного измерения и в поточечном режиме удалось добиться чувствительности аппаратуры для измерения изменений магнитного поля  $\pm 0,05$  нТл/м, высокой точности локализации местоположения каждой точки и измерения в этой точке. Среднее магнитное поле в данном регионе составляло 51 000 нТл. Было произведено 837 физических наблюдений магнитного поля. Результат магнитометрического исследования представлен в нескольких вариантах распределения вертикального градиента магнитного поля (рис. 31).

Георадарные исследования проводились при помощи комплекса ГЕОРАД-2 с антенной 500 МГц, с разрешающей способностью от 0,2 м. Применялся механический датчик расстояния, который при работе по ровной поверхности и при равномерном вращении позволяет привязывать данные на радарограмме к месту на местности с точностью до 0,1 м. Получено 240 м георадарных профилей. Исследования при помощи георадара дублировались из-за плохого качества полученных исходных данных на первичной съемке (не были учтены особенности погодных условий на момент первоначальной съемки, переувлажнение после дождя). Полученные исходные данные обработаны и представлены в виде послойных планов на основе радарограмм (рис. 26). Задачей георадарного исследования в первую очередь была попытка выявления контура основных элементов горна в плане участка исследования, поэтому отличием истинных глубин послойных планов от представленных для анализа расчетных (относительной) в данном исследовании пренебрегли. Выполнены прорисовки видимых границ изменений в культурном слое под поверхностью исследования, которые зафиксированы георадаром. В рамках участка исследования керамического горна полученный результат позволил сделать несколько выводов.

Магнитометрия как метод исследования горнов подтвердила целесообразность своего применения на таких типах объектов, как Черепяное

поле Селитренного городища. Величины изменений вертикального градиента магнитного поля горна были зафиксированы в пределах  $+60 \pm 200$  нТл/м. Результаты магнитометрии до раскопа выявили новые элементы горна. Эти элементы имеют достаточно сильные изменения своего магнитного поля и выходят за границы видимой на поверхности части горна к северу-востоку. Пределы изменений магнитного поля составляют  $\pm 30$  нТл/м, что кардинально меньше величин, полученных над топочной камерой. Интерпретация измерений – зафиксирован вход в топочную камеру для загрузки топлива под прямым углом к длинной части топочной части горна. Аномалия к западу представляет собой либо колено входа в топочную камеру с поверхности, либо место сбора (возможно, ямы) для золы или шлаков (возможно, и брака) продукции из топочной камеры. Георадар смог зафиксировать изменения под поверхностью подпрямоугольной формы, часть конструкции самой камеры горна.

Раскоп XLIV 2012 года был заложен для доисследования частично разрушенного горна с учетом данных геофизических исследований<sup>172</sup>.

В процессе раскопок были выявлены часть разрушенной топочной камеры горна и другие элементы его конструкции. Исследованный горн относился к горнам прямоугольного типа, имел входную часть с северо-востока, являлся двухкамерным и имел общие размеры  $4 \times 6,5$  м. Горн предназначался для обжига керамических изделий. В результате раскопок выяснилось, что камера для обжига керамики утрачена, сохранилась только топочная часть. Высокая магнитная контрастность горна была обусловлена двумя обстоятельствами. Во-первых, топочная часть горна находилась под воздействием высоких температур в процессе производства (при обжиге) и, соответственно, приобретала высокую остаточную намагниченность. Во-вторых, при строительстве горна применялись не только сырцовые, но и обожженные кирпичи. В целом применение геофизических методов при исследовании отдельного горна района Черепяное поле Селитренного городища оказалось весьма результативно. В очередной раз

---

<sup>172</sup> Пигарёв Е. М. Черепяное поле. Селитренное городище // Материалы и исследования по археологии Поволжья. В. 14. Йошкар-Ола, 2022. 204 с.

была подтверждена важность предварительной обработки полученных геофизических исходных данных для проверки их на комплектность и возможное дублирование измерений. Неразрушающими методами получилось локализовать остатки керамического производства на этом памятнике, выявить его отдельные детали. Топочная часть горна очень сильно меняет величины своего магнитного поля, в пределах +50 / -210 нТл/м, а элементы, из которых состоит конструкция горна, изменяются в меньших пределах – +/-30 нТл.

В 2021 году в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2024 годы)» исследования Черепяного поля неразрушающими методами были продолжены. Геофизические работы (магнитометрия) являлись составной частью этих исследований. Результаты исследований опубликованы в монографии<sup>173</sup>.

Поверхность участка частично занята буграми до 1 метра высотой, имеет значительные разрушения в результате антропогенного хозяйственного воздействия, на ней фиксируются следы современной техники (колеи трактора). Первоначальный ландшафт утрачен. Дневная поверхность изобилует множеством фрагментов керамики, кирпича и других производственных остатков. Площадка, где проводилось исследование, состояла из двух участков 50×50 м, которые образовывали единую площадь 100×50 м. Участки ориентированы «магнитный север – юг». Для магнитометрических исследований применялся магнитометр ПОС-2 в режиме измерения вертикального градиента магнитного поля. Среднее магнитное поле в данном регионе на момент исследования составляло 52 000 нТл. Расстояние между датчиками градиентометра устанавливалось 2 м, высота нижнего датчика над дневной поверхностью 0,3 м. Необходимо было выявить сильные изменения магнитного поля, которые могут маркировать горны, расположенные ниже дневной поверхности. Выявлять детали каждого отдельного горна на данном этапе исследования в задачи работ не входило. Исходя из задачи выявления

---

<sup>173</sup> Пигарёв Е. М. Черепяное поле. Селитренное городище // Материалы и исследования по археологии Поволжья. В. 14. Йошкар-Ола, 2022. 204 с.

контрастных (в магнитном плане) структур, была выбрана методика непрерывных измерений, время каждого физического наблюдения установлено в 1/2 сек. Это позволило получить возможность чувствительности комплекса в пределах  $\pm 0,05$  нТл/м. Площадь магнитометрического исследования составила 5000 кв. м. Было произведено 20 093 физических наблюдений магнитного поля. Обработка полученных данных произведена стандартными приемами. Результат для анализа геофизического исследования части Черепяного поля Селитренного городища представлен в виде распределения градиента магнитного поля в цвете (в двух вариантах), с прорисовкой границ резких изменений магнитного поля. Вариант отображения отличается по шкалам изменения вертикального градиента магнитного поля 5 нТл/м в пределах  $-350 / +600$  нТл/м на первом участке и в пределах  $-400 / +700$  нТл/м на втором участке (рис. 27, 28). Выявлено множество сильных всплесков магнитного поля, которые стыкуются после объединения отдельных участков в единую площадь.

Для удобства данные магнитометрии по каждому выделенному объекту сведены в таблицу.

Таблица 4

Номер объекта	Форма	Максимальные размеры длина/ширина (м)	Пределы изменений вертикального градиента магнитного поля в средних значениях $\pm$ нТл/м (на максимуме $\pm$ нТл/м)
1.	линейная	20 / 3	$\pm 7$ нТл/м ( $\pm 10$ нТл/м)
2.	подпрямоугольная	16 / 8	$\pm 10$ нТл/м ( $\pm 17$ нТл/м)
3.	подпрямоугольная	6 / 4	$\pm 360$ нТл/м (---)
4.	подквадратная	4 / 4	$\pm 10$ нТл/м ( $\pm 40$ нТл/м)
5.	подквадратная	6 / 6	$\pm 60$ нТл/м ( $\pm 60$ нТл/м)
6.	не читаема	- / 2	$\pm 30$ нТл/м ( $\pm 50$ нТл/м)
7.	подпрямоугольная	Более 4 / 5	$\pm 5$ нТл/м ( $\pm 15$ нТл/м)
8.	подпрямоугольная	15 / 5	$\pm 20$ нТл/м ( $\pm 50$ нТл/м) в вост. части
9.	подпрямоугольная	14 / 4	$\pm 5$ нТл/м ( $\pm 20$ нТл/м)

10.	подпрямоугольная	6 / 4	+/-40 нТл/м (+/-100 нТл/м)
11.	подпрямоугольная	7 / 3	+/-4 нТл/м (+/-15 нТл/м)
12.	подпрямоугольная	9 / 4	+/-5 нТл/м (+/-17 нТл/м)
13.	подпрямоугольная	8 / 4	+/-25 нТл/м (+/-50 нТл/м)
14.	не читаема	- / 3	+/-20 нТл/м (+/-40 нТл/м)
15.	подквадратная	2 / 3	+/-10 нТл/м (+/-15 нТл/м)
16.	подквадратная	4 / 4	+/-17 нТл/м (+/-40 нТл/м)
17.	не читаема	- / 5	+/-30 нТл/м (----)
18.	аморфное пятно	8 / 6	+/-20 нТл/м (+/-35 нТл/м)
19.	аморфное пятно	20 / 8	+/-8 нТл/м (+/-130 нТл/м)

Предварительная обработка полученных геофизических данных в поле на отработанном тестовом участке позволила исключить накладки и неточности технического характера. Пошаговая методика магнитных измерений с циклом 3 секунды позволяла получить максимальную чувствительность комплекса ПОС-2, однако эта методика имела низкую площадную производительность. Как выход – использовать метод «приближения» для получения детализации по отдельным, уже выявленным непрерывной съемкой объектам. Методика измерений магнитного поля с циклом 0,5 сек. является более производительной, но при ее применении возникает погрешность в фиксации точки измерения и значения магнитного поля в этой точке по отношению к истинному местоположению на участке. Погрешность оценивается в 0,5 м. Тем не менее методика измерений с циклом 0,5 сек. оказалась достаточной для фиксации изменений магнитного поля, которые относятся к остаткам археологических объектов (керамического производства и горнов разной степени сохранности) (рис. 29).

Общая площадь исследований на Черепянном поле Селитренного городища в 2009 и 2021 годах составила 5195 кв. м. При помощи магнитометрии на трех участках выявлено двадцать объектов (или пятен) с четко выраженными границами изменений магнитного поля. Семь объектов имеют намагниченность в пределах +/-70 нТл/м и более, что характерно для уцелевших частей топочных камер крупных горнов. Данный вывод подтверждается сравнением результатов

раскопок горна и результатами тестовых геофизических измерений. На территории Черепяного поля визуально наблюдаются разрушенные и разобранные на вторичное использование остатки горнов. Можно предполагать, что часть из объектов и зон (более полутора десятков) с характеристиками изменений магнитного поля от  $\pm 10$  нТл до  $\pm 70$  нТл являются остатками разрушенных производственных объектов. Часть из них может относиться к объектам, сопутствующим керамическому производству. Границы некоторых выявленных изменений магнитного поля не очень четкие и их окончательная идентификация и определение степени сохранности требуют дополнительных исследований. В рамках участков геофизического исследования, несмотря на современную хозяйственную нагрузку на эту часть памятника, было выявлено и локализовано не менее семи хорошо сохранившихся горнов и более десятка требующих дальнейшего уточнения объектов с признаками остатков производственной деятельности. Появилась возможность предварительно (неразрушающими методами) разделить объекты керамического производства по степени сохранности. Плотная насыщенность объектами, относительно небольшое расстояние между ними, а также форма пятен (прямоугольная, подквадратная) подтверждают специализированную направленность производства этой части территории Черепяного поля Селитренного городища на изготовление кирпича. Полученные результаты открывают возможности более обширного исследования территории и получения новых данных по структуре производства. Важно отметить, что на территории производственного участка хорошо известны по предшествующим исследованиям и круглые гончарные горны для производства керамической посуды. Дальнейшие работы по обследованию территории помогут при выявлении структуры размещения и плотности расположения разных типов гончарных горнов на этой территории.

### **2.3. Изучение производственного района Царевского городища**

Царевское городище – крупный средневековый город, который связывают со второй столицей Золотой Орды – Сарай-Берке. Городище расположено на

левом берегу р. Ахтубы около с. Царев Волгоградской области. Центральная часть городища ограничена р. Кальгутой на западе, современным с. Царев на востоке (которое частично перекрывает территорию городища) и р. Ахтубой и оз. Сахарное на юге. Вне центральной части располагается округа города с отдельными усадьбами, производствами и другими объектами. Городище находится на первой надпойменной террасе р. Ахтубы (рис. 30). Поверхность городища выположена, покрыта редкой полупустынной растительностью. Территория древнего города изобилует остатками древних строений разного размера и элементов оросительно-дренажной системы. Традиционно время возникновения этого города относят к первой половине XIV века, расцвет его приходится на период со времени правления хана Джанибека до 60-х гг. XIV века. Ко времени «Великой замятни» начинается угасание городской жизни с окончательным ее исчезновением после похода Тамерлана 1395 года<sup>174</sup>.

Руины города издревле привлекали внимание своими размерами многих исследователей. Но интерес не носил регулярный характер. Научные исследования Царевского городища начались с создания плана памятника в 1842 г. под руководством А. В. Терещенко. В начале 20-х годов XX вв. на Царевском городище вел исследования Ф. В. Баллод. В структуре городской застройки исследователи выделяют северные и центральные кварталы города как принадлежащие торгово-ремесленному населению. В северной части города отмечены производственные комплексы. А. В. Терещенко назвал этот район города «Рабочим полем». Ф. В. Баллод выделяет северный участок городища как «заводской»<sup>175</sup>.

С 60-х годов XX вв. на Царевском городище активную исследовательскую деятельность начинает ПАЭ под руководством Г. А. Федорова-Давыдова. В северной же части городища, в районе «Рабочего поля», экспедицией ПАЭ была раскопана мастерская по производству поливного архитектурного декора<sup>176</sup>.

---

<sup>174</sup> Глухов А. А. Царевское городище: История изучения, историческая топография, хронология: Монография. Волгоград, 2015. С. 101.

<sup>175</sup> Глухов А. А. Историческая топография Царевского городища // Поволжская археология. 2014. № 2 (8). С. 96.

<sup>176</sup> Федоров-Давыдов Г. А. Научный отчет о раскопках 1962 года на городище Сарай-Берке – столицы Золотой Орды / Волгоградский краеведческий музей. Фонды № 12. С. 16–26.

Геофизическое изучение керамического производства на этом памятнике началось в 2010 году<sup>177</sup> и продолжилось в 2020–2021 гг. (рис. 39)<sup>178 179</sup>. В ближайшей округе Царевского городища на берегу р. Царевочки был обнаружен частично поврежденный современным котлованом горн для обжига керамики. В рамках археологических спасательных работ были проведены геофизические исследования горна и части прилегающей территории. Исследования позволили выйти к решению вопросов, связанных с получением информации на основе эталонных геофизических данных по структуре застройки и локализации высокотемпературных производственных объектов.

Геофизические исследования проводились при помощи магнитометра ПОС-2 в режиме измерений вертикального 2 м градиента. На момент начала исследований горн был частично поврежден котлованом с его северной стороны. Поверхность памятника оказалась слабо задернована, имела значительные антропогенные повреждения. Участки магнитометрического исследования: участок № 1 (20×20 м), участок № 2 (10×15 м), участок № 1.1 (6×6 м). Участок № 1.1 частично перекрывает участок № 1. Площадь исследования составила 586 кв. м. Выбор месторасположения участков № 1 и 1.1 обуславливался местом расположения разрушенного горна, участка № 2 – наличием небольших фрагментов бесформенных кусочков глины со следами обжига. На участке № 2 использовалась методика непрерывных измерений со временем полного цикла одного измерения 0,5 сек. В таком режиме съемки достигалась чувствительность аппаратуры в пределах +/-0,05 нТл/м. На участках № 1 и 1.1 был выбран поточечный режим съемки со временем одного цикла измерений 3 сек. Сеть измерений для участка № 1 применялась 1×1 м, а на участке № 1.1 сеть

<sup>177</sup> Глухов А. А. Археологические исследования отряда «Гюлистан» в округе Царевского городища в 2011 году // Нижневолжский археологический вестник. Вып. 12. Волгоград : Изд-во Волгоградского ун-та, 2011. С. 224–226.

<sup>178</sup> Бездудный В. Г., Бочаров С. Г. Геофизические (магнитометрические) исследования на Царевском городище, в районе раскопа № 13. // Научный семинар «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии» по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2023 годы)» (исследования 2020 г.). Казань : ИА АН РТ, 2021. С. 14.

<sup>179</sup> Бездудный В. Г., Вафина Г.Х., Овечкина Л.В., Ситдииков А. Г., Пигарёв Е. М., Глухов А. А. Магнитометрические исследования части территории керамических производственных центров Царевского и Селитренного городищ. // «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии» по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2024 годы)» (исследования 2021 г.). Казань : ИА АН РТ, 2022. С. 34.

измерений  $0,5 \times 0,5$  м. Чувствительность аппаратуры для измерения изменений магнитного поля в таком режиме  $\pm 0,05$  нТл/м. Среднее магнитное поле в данном регионе 51 000 нТл. Всего было произведено 1546 физических наблюдений магнитного поля. Полученные данные обработаны в стандартном режиме. Результат представлен в варианте распределения вертикального градиента магнитного поля в цвете (рис. 31, 32). Итогом проведенного геофизического исследования стала прорисовка границ резких изменений магнитного поля археологических объектов, обозначение других, слабых границ изменений магнитного поля неясного происхождения и точечных всплесков (рис. 33). Полученный результат позволил говорить, что сеть измерений  $1 \times 1$  м представляется недостаточной даже для таких резко контрастных объектов, как горны. Качество результатов измерений в поточечном режиме выше. На участках № 1 и № 1.1 выявлен контур резко контрастного в магнитном плане (в пределах  $\pm 120$  нТл/м) горна. Топочная часть горна уходит на север, за границы участка исследования. Её контрастность много выше, чем контрастность при топочной яме –  $\pm 60$  нТл/м. На юго-восток от притопочной ямы зафиксировано пятно измененного магнитного поля (в пределах до 50 нТл/м). Скорее всего, оно относится к этой же керамической мастерской, так как объединяется общей границей измененного поля № 4 в пределах  $\pm 5$  нТл/м. Точечные всплески магнитного поля отражали наличие в культурном слое небольших фрагментов железа неясного происхождения. На участке № 2 изменений магнитного поля, которые можно соотнести с гончарным производством, не зафиксировано. Были выявлены слабые изменения магнитного поля и одиночный сильный всплеск магнитного поля (объект № 11) неясной природы. В этом же сезоне горн был раскопан археологическим отрядом «Гюлистан» под руководством А. А. Глухова. Сравнение результатов археологического исследования горна и его окружи с результатами магнитометрии дало подтверждение сделанной интерпретации геофизических данных. Основные контуры горна и его элементов выявлены магнитометрией, повторяют истинные границы сооружения. Предел границы резкого изменения магнитного поля над объектом (топочной частью)

больше на 0,5 метра, чем его истинные значения. Притопочная яма в своих истинных размерах оказалась не столь намагничена. Вероятно, в этом случае контрастно отражается нижняя часть этого элемента конструкции горна, по которому происходило интенсивное перемещение остатков золы, шлака, керамической пыли и т. п. Объект № 2 – яма для отходов, в том числе и высоконамагниченные производственные отходы. Границы их максимальной концентрации соответствуют границам объекта № 2. Происхождение зоны изменения магнитного поля № 4 объясняется рабочей зоной горна и перемещением отходов от горна к яме с постепенным изменением намагниченности.

Получены значения изменений магнитного поля отдельных элементов конструкций керамических горнов с возможностью их экстраполяции на аналогичные объекты Царевского городища. С целью выявления других объектов была обследована территория округа горна. Горнов и иных структур на исследуемых участках не обнаружено.

В 2021 году геофизические исследования продолжались на производственной зоне № 2 в северной части городища (рис. 30). Работы проводились как часть комплексного исследования в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2023 годы)». Целью геофизического исследования данной части городища являлось произвести магнитометрические исследования в его северном районе. В задачи исследования входило выявление системы производственных объектов на этой территории, включая местоположение отдельных горнов. Для исследований была размечена площадь 5000 кв. м, состоявшая из двух участков: № 1 (50×50 м) и № 2 (50×50 м), которые образуют единую площадку. Поверхность участков выположена, частично занята буграми до 1 метра высотой. Растительность слабая, поверхность участков дополнительной подготовки не требовала. На дневной поверхности при визуальном осмотре фиксировалось множество фрагментов пережженной керамики, плитки и других производственных остатков. Для исследований

применялся магнитометр ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента (2 м) в стандартной комплектации. Среднее магнитное поле в данном регионе 51 000 нТл. Проводились непрерывные измерения с временем одного цикла измерений 0,5 сек. и сетью измерений 0,5×0,5 м. Это позволило добиться чувствительности измерений магнитометра в пределах 0,05 нТл/м. Всего было произведено 18 317 физических наблюдений магнитного поля. Полученный результат геофизического исследования был представлен в виде цветового распределения градиента магнитного поля в границах участка исследования и прорисовки резких изменений магнитного поля в рамках участка (рис. 34). Произведена прорисовка границ резких изменений магнитного поля в рамках участков исследования (рис. 35). Анализ данных, полученных на участках магнитометрического исследования № 1 и 2, позволил говорить, что измеренные значения магнитного поля стыкуются по границам разных участков, снятых с разницей по времени. Выявлено множество сильных всплесков магнитного поля, характерных для объектов с воздействием высокой температуры. Криволинейные объекты группы № 1 являются отражением в магнитном плане канав (арыков) с изменениями значений градиента магнитного поля в пределах +/-3 нТл/м. Предположительно пять слабо контрастных в магнитном плане объектов участка № 2 различной формы и размеров фиксируются по возросшим контрастам магнитного поля на их границах. Вероятно, являются отражением разрушенных сооружений. Зафиксированы округлые пятна резких изменений магнитного поля (объекты № 3, 4, 5). Их предполагаемые линейные размеры и пределы изменений магнитного поля: № 3 – до 2 м, +/- 60нТл/м; № 4 – до 2,5 м, +/-70 нТл/м; № 5 – до 3 м, +/-90 нТл/м. Объект № 6 частично выходит за южную границу участка исследования. Объект имеет прямоугольную форму и сложную конструкцию. Пределы изменений магнитного поля: на границе участка исследования (южная зафиксированная часть) – +/-360 нТл/м; северная зафиксированная часть – +/-120 нТл/м. Скорее всего, это горн, а возможно, и нахождение в этом месте нескольких близко расположенных горнов. Точнее

детализировать характер объекта № 6 на данном этапе без дополнительных исследований затруднительно.

В 2021 году в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2023 годы)», под руководством А.А. Глухова были проведены раскопки одного из трех выявленных геофизикой горнов. Для исследования раскопками был выбран объект, обозначенный на магнитограмме № 5 и получивший обозначение «горн № 1». Для сравнения результатов раскопок с результатами магнитометрии был проведен анализ части рабочих материалов раскопок и прорисовки границ резких изменений магнитного поля по результатам магнитометрического исследования при использовании ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля при непрерывной съемке и времени цикла полного единичного измерения 0,5 сек. (рис. 36).

В результате раскопок был исследован горн для обжига керамики архитектурного декора. Горн имеет круглую форму, диаметр до 2,3 метра<sup>180</sup>. Как удалось установить, местоположение горна (его центр) выявлено магнитометрией с высокой точностью. Подтвердился и порядок сопоставления размеров отражения в магнитном плане горна и его физических размеров в раскопе. Разница физических границ высоконамагниченной части горна оказалась меньше на 0,5 м, чем его отражение в магнитном плане. При непрерывной съемке оказалась не до конца решена проблема высокоточного позиционирования измеренного значения магнитного поля и его истинного местоположения. Существующее искажение на магнитограмме не всегда позволяет выявить мельчайшие детали, но для задачи выявления наличия контрастного в магнитном плане объекта, фиксации его местоположения в рамках участка возможностей этой методики оказалось вполне достаточно. Что

---

<sup>180</sup> 59. Глухов, А. А. Предварительные данные раскопок горна на территории керамического производственного центра Царевского городища / А. А. Глухов // Научный семинар «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии»: по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2024 годы)» (исследования 2021 г.). – Казань : ИА АН РТ, 2022. – С. 16.

и требовалось для получения базовой информации об объекте на большой площади.

В 2023 году раскопки в рамках той же государственной программы были продолжены под руководством Е. М. Пигарева и А. Г. Ситдикова (рис. 37). Сравнение рабочих материалов археологического исследования 2023 года и результатов геофизических исследований 2021 года позволяют подтвердить выводы, сделанные при сравнении раскопа 2021 года с горном № 1 и отражения этого горна в магнитном плане. Местоположение и основные параметры размеров горна № 2 (раскоп 2023 г.) магнитометрией выявлены. Сравнение и анализ результатов раскопок 2021 и 2023 годов с результатами геофизических исследований позволяют сделать однозначный вывод. В ходе геофизических исследований на площадке района «Рабочее поле» Царевского городища удалось выявить все попавшие в границы участков магнитометрического исследования производственные объекты (горны). Точность локализации горнов в рамках памятника (при применении магнитометрии) высокая. Удалось выявить базовые размеры и основную форму топочной части горна<sup>181 182</sup>.

В 2010 и 2021 годах на Царевском городище и в его ближайшей округе исследована площадь 5586 кв. м. Произведено 19 863 физических измерений магнитного поля.

В окрестностях Царевского городища геофизическими методами исследованы поврежденный современной хозяйственной деятельностью горн и его округа. Доказана результативность применения магнитометра ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента для исследования керамических горнов на Царевском городище. Были проведены исследования с применением нескольких вариантов методики магнитометрических исследований. Удалось выделить отдельные элементы конструкции горна и его базовые размеры и

---

<sup>181</sup> Глухов, А. А. Предварительные данные раскопок горна на территории керамического производственного центра Царевского городища. Доклад. // Научный семинар «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии» по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2024 годы)» (исследования 2021 г.). Казань : ИА АН РТ, 2022. С. 16.

<sup>182</sup> Ситдиков А.Г., Пигарёв Е.М. Археологические исследования на Царевском городище Волгоградской области в 2023 г. // АЕС, 2024. № 6. С. 238–250.

конфигурацию. Выявлены характеристики магнитного поля для некоторых элементов конструкции горна и сопутствующих ему объектов (мусорная яма): топочная часть прямоугольного двухярусного горна, изменения в пределах  $\pm 120$  нТл/м; притопочная яма прямоугольного двухярусного горна, изменения в пределах  $\pm 60$  нТл/м; мусорная яма с заполнением отходов керамического производства, изменения в пределах  $\pm 5$  нТл/м. Помимо выявления эталонных характеристик горна в магнитном поле, можно обоснованно предполагать, что этом районе городища выявлен и исследован одиночный горн в рамках небольшой керамической мастерской.

На двух участках в районе «Рабочего поля» Царевского городища продемонстрировано, что непрерывная съемка в режиме вертикального градиента с временем цикла единичного измерения 0,5 сек., проводимая магнитометром ПОС-2, достаточна для решения задач по выявлению и локализации объектов керамического производства. Всего выявлено четыре объекта с границами сильных изменений магнитного поля. Три из них круглой формы, размерами отражения своего магнитного поля от 2 до 3 м; изменения градиента магнитного поля в пределах от  $\pm 60$  нТл/м до  $\pm 90$  нТл/м (в их топочной части). Выявленный частично на юге площади исследования горн имеет намагниченность топочной части в пределах  $\pm 350$  и  $\pm 120$  нТл/м к югу от него. Это может относиться к притопочной яме, но не исключено, что в этом месте находится еще один горн. Локализованные объекты керамического производства находятся в рамках единой усадьбы, ограниченной арыками. По результатам данных геофизики и результатов раскопок можно говорить о специализации каждого горна в рамках единой усадьбы. В границах «Рабочего поля» Царевского городища выявлена и частично исследована отдельная усадьба с элементами полных циклов специализированных керамических производств.

### **Глава 3. Средневековые монументальные погребальные комплексы и их выявление неразрушающими методами**

Изучение культовых и погребальных комплексов в ходе археологического исследования является одной из самых интересных и сложных задач в исторической науке. Надгробные сооружения, которые строились для знатных лиц, занимавших особое социальное положение, заметно выделяются среди прочих типов археологических памятников. Они совмещают в себе признаки как культового, так и погребального археологического объекта, требуют комплексного и вдумчивого изучения.

Один из видов мемориальных сооружений – **мавзолей** (от греч. Μαυσώλειον) – монументальная надземная погребальная постройка. В первую очередь мавзолей – это архитектурное сооружение, носящее ритуальный и погребальный характер. Мавзолей выполнял двойную функцию, одновременно являясь местом и поклонения или проведения ритуалов, и погребальной камерой или камер. Он представлял собой сооружение с отсеком для хранения останков умершего и одним или несколькими залами, которые использовались в качестве поминальных помещений. Мавзолей также может состоять из комплекса (отдельных) сооружений с останками умерших. Данный тип сооружений получил свое название по пышной гробнице карийского царя Мавсола в городе Галикарнас (около современного города Бодрум в Турции). В Средние века мавзолеи получили распространение и на исламском Востоке. На территории Золотой Орды мавзолеи имеют чаще всего в основе форму купольного сооружения, квадратного в плане. Подробная типология золотоордынских мавзолеев разработана Э. Д. Зиливинской<sup>183</sup>. По ее мнению, выделяется несколько направлений зодчества погребально-культовых сооружений: строительство из камня и строительство из кирпича (обожженного и сырцового) как влияние среднеазиатской школы зодчества – вероятнее всего,

---

<sup>183</sup> Зиливинская Э. Д. Взаимодействие культурных традиций в зодчестве Золотой орды по данным археологии: автореферат дисс. ... доктора истор. наук. Москва, 2012.

сформированных на основе распространения тех или иных видов строительных материалов в отдельных регионах.

### **3.1. Мавзолеи Болгарского городища**

После 1236 г. город Болгар становится первой столицей Золотой Орды. Происходит рост городской территории и увеличивается доля каменного строительства, город превращается в один из крупнейших торгово-ремесленных центров Поволжья. В первой половине XIV в. возводится новая линия городских укреплений. Застройка города, организованная как с помощью квартальной системы, так и отдельных усадеб, отличалась развитой уличной сетью и общественным пространством. К этому периоду относится формирование в южной части городища ритуально-поминальных и погребальных комплексов (мавзолеев). Во второй половине XIV в. вследствие общего кризиса Золотой Орды и внешнеполитической обстановки происходит упадок городской жизни Болгара. После разрушения города в 1431 г. он более не возрождается<sup>184</sup>.

В ряду остатков монументальных каменных построек Болгарского городища особое место занимают ритуальные сооружения – мавзолеи. Научный интерес к изучению сооружений Болгара, особенно погребальных комплексов, не ослабевает с самого начала изучения городища. Но только Н. Ф. Калинин первым обратил внимание на пространственный анализ исторической топографии городища<sup>185</sup>.

Ему удалось выделить десять отдельных районов Болгарского городища. Основных принципов такого деления исследователи придерживаются по сию пору<sup>186</sup>. В том числе IV-й район отнесен Н. Ф. Калининым к болгарскому некрополю – здесь находится Малый минарет и остатки Ханской усыпальницы. V-й район – территория пригородных поместий, расположенных к югу и востоку

<sup>184</sup> Валиев Р. Р., Ситдииков А. Г. Археологическое изучение Болгара в 2010–2015 годах. Мавзолеи и могильники. // Город Болгар: История изучения и сохранения. М. : Наука, 2021. С. 73–89.

<sup>185</sup> Зоря Р. С., Ситдииков А. Г. Н. Ф. Калинин: изучение и сохранение историко-археологического наследия болгарского городища // Археология Евразийских степей. 2021. № 2. С. 348–350.

<sup>186</sup> Калинин Н. Ф. Отчет о командировке в районы Татарии по поручению сектора науки Татнаркомпроса с 4 по 16 августа 1932 г. по запросу состояния и сохранности исторических памятников и работы музеев. 1932 г. // Архив ИЯЛИ АН РТ. Ф. 8. Оп. 2., ед. хр. 40. 7 л.

от некрополя<sup>187</sup>. Кроме Восточного и Северного мавзолеев и Ханской усыпальницы, южнее центральной части (в юго-восточном районе в округе Малого минарета), а также в южных районах расположены еще девять мавзолеев, сохранившихся на уровне фундаментов, и четыре мавзолея, скрытых под холмами. Мавзолеи сооружены преимущественно в середине XIV – начале XV в. из известняка. Погребали в них знатных, особо почитаемых лиц. Все захоронения совершены по мусульманскому обряду и похожи на простые грунтовые погребения. Со временем Болгар из административно-ремесленного центра преобразовывается в религиозный центр исламской культуры. После 1361 г. он теряет свое прежнее экономическое и политическое значение и приобретает все большую славу мусульманской святыни<sup>188</sup>.

Наряду с капитальными сооружениями (мавзолеями) к погребальным комплексам относятся также захоронения с кирпичными и каменными надгробиями. Они подробно проанализированы и типологизированы в работе Яблонского, где также рассмотрены грунтовые погребения и типы погребальных камер<sup>189</sup>. Объекты, известные под названиями «Северный мавзолей», или «Монастырский погреб», и «Восточный мавзолей», в литературе часто именуемый «церковь Св. Николая», а также Мавзолей у бывшей сельской школы могут быть датированы началом XIV в. Исследования Северного и Восточного мавзолеев показали, что застройка этого участка городища возникла еще в домонгольское время. В период с 40–60-х до 80-х годов XIII в. ремесленная деятельность переносится с этого участка городища, уступая место расширяющемуся могильнику. Передвижение и расширение кладбища, вероятно, произошло параллельно строительству Соборной мечети. Исследования Восточного мавзолея показывают, что мавзолеи были построены на окраине могильника и включили в свою площадь уже имеющиеся склепы. Эти комплексы, несомненно, относились к некрополю аристократической верхушки

<sup>187</sup> Зоря Р. С. Указ. соч. С. 349–350.

<sup>188</sup> Баранов В. С., Валеев Р. М., Ситдииков А. Г., Хайрутдинов Р. Р. Древний Болгар в истории и культуре Евразии // Город Болгар: История изучения и сохранения. М.: Наука, 2021. С. 77, 113, 114, 157.

<sup>189</sup> Федоров-Давыдов Г. А. Город Болгар. Очерки культуры. М.: Наука, 1987. С. 125.

Болгара. Мечеть и Мавзолей «у сельской школы» просуществовали недолго, в 1361 г. они были разрушены войсками Булак-Тимура. Во время Казанского ханства мавзолеи оставались местом поклонения, о чем свидетельствует наличие слоя этого периода в Восточном мавзолее<sup>190</sup>.

По мнению Аксеновой, по времени строительства мавзолеи можно объединить в две группы.

Первая группа датируется первой половиной XIV в. и располагается в самом центре города, в непосредственной близости от Соборной мечети. К ним относятся «Монастырский погреб» и Церковь Св. Николая.

Вторая группа включает восемь археологически исследованных мавзолеев. Руинированные остатки еще четырех сооружений, скрытые всхолмлениями, возможно, также относятся к этой группе. Все они располагаются в юго-восточном и южном районах городища и датируются серединой XIV в. и началом XV в. После 1361 г., когда Булак-Тимур основательно разрушил город, пространство к югу от его центра уже не застраивалось жилищами и ремесленными мастерскими. Это был пустырь в черте городских стен, где стали возводить новые мавзолеи и располагать грунтовые погребения<sup>191</sup>.

Геофизические исследования Болгарского городища проводились в 2011–2015 гг. сотрудниками Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Б. М. Насыртдиновым, Д. И. Хасановым, В. В. Георгиевым, г. Казань<sup>192</sup>. Для выявления остатков разрушенных сооружений были успешно применены георадарные и магнитометрические методы исследования<sup>193</sup>.

---

<sup>190</sup> Федоров-Давыдов Г.А. Город Болгар: монументальное строительство, архитектура, благоустройство. М., Наука, 2001. С. 182.

<sup>191</sup> Аксенова Н. Д. Археологическое исследование мавзолеев юго-восточной и южной части Болгарского городища. // Город Болгар: монументальное строительство, архитектура, благоустройство М. : Наука, 2001. С. 206.

<sup>192</sup> Насыртдинов Б. М., Хасанов Д. И., Георгиев В. В. Результаты детальных магниторазведочных исследований на территории Болгарского городища в 2012–2015 гг. // Поволжская археология. 2017. № 4 (22). С. 36–40.

<sup>193</sup> Бредников К. И., Хасанов Д. И. Применение георадара в археологических исследованиях на территории Болгарского историко-архитектурного музея-заповедника. // Ученые записки Казанского Университета. Естественные науки. Т. 156. Кн. 1. Казань, 2014. С. 164–165.

Археологические исследования мавзолеев и прилегающей к ним территории в 2016 году показали, что приемы строительства на вскрытых раскопами погребальных объектах традиционны для Болгара. Котлован под фундамент сооружения заполнялся кусками известнякового камня, затем заливался строительным раствором<sup>194</sup>.

Полагая, что остатки фундаментов мавзолеев могут быть в основном сложены из слабоконтрастных в магнитном плане материалов (известняк), в 2014 г. проведены пробные георадарные, а не магнитометрические исследования. Проведенные исследования дали неоднозначные результаты. Южнее раскопа № 201 была проведена георадарная съемка, зафиксировавшая невыразительные изменения под поверхностью, несмотря на то что в раскопе было уже выявлено сооружение, уходящее в его южный борт (рис. 38)<sup>195</sup>.

В 2014 году в раскопе № 202 была выявлена часть сооружения, и в этом же году южнее раскопа 202 автором проведена георадарная съемка, целью которой являлось продолжение тестирования применения георадарного метода на уже выявленном объекте для полного оконтуривания самого объекта. Участок георадарной съемки № 5 (12×18 м) был размечен на 1 м к югу от южного борта раскопа 202 (объект № 37 по плану Ф. Н. Калинина). Для георадиолокационной съемки применялась одноканальная радарная система 300 МГц. Это среднечастотный видеоимпульсный георадар для зондирования различных объектов в грунте с низким и умеренным затуханием радиоволн, с рабочей частотой 300 МГц. В ходе работ была произведена съемка в общей сложности четырехсот тридцати двух метров георадарных профилей. Началом съемки профиля являлся юго-западный угол участка. Результатом проведенного исследования стали наиболее характерные послойные планы на основе георадарных данных. Послойные планы формировались в порядке заглубления их под поверхность исследования последовательно. Глубины послойных планов

---

<sup>194</sup> Лопан О. В., Волков И. В., Ситдииков А. Г. Раскопки на южной окраине Болгарского городища в 2016 году (раскоп ССХVII) // Поволжская археология. 2018. № 2 (24). С. 237.

<sup>195</sup> Ситдииков А. Г., Волков И. В., Лопан О. В. Раскопки на юго-западной окраине Болгарского городища (раскопы ССИ, ССII и ССIII) // Археологические исследования 2014 г.: Болгар и Свияжск. Казань. 2015. С. 237–250.

расчетные, на основе значений диэлектрической проницаемости грунта (эпсилон) 9, которое прописывалось в программу сбора данных георадара. На тестовом этапе стояла задача выявления остатков сооружения в плане, без точной привязки по глубине. Удалось выполнить прорисовку всех видимых изменений под поверхностью на всем диапазоне глубин георадарного исследования. На изученном участке была зафиксирована часть прямоугольной структуры (объект № 37 по плану Ф.Н. Калинина), не полностью попавшей в раскоп № 202. Георадар успешно справился с тестовой задачей на этом объекте. Благодаря этим работам была выявлена южная часть сооружения, которая и была раскопана в 2015г<sup>196</sup> (рис. 38). На основании анализа тестовых георадарных работ, проведенных автором, и обобщения опыта, полученного коллегами из Казанского (Приволжского) федерального университета и Института геологии и нефтегазовых технологий, был сделан вывод о том, что геофизические методы исследования мавзолеев Болгарского городища в целом применимы для решения поставленной задачи поиска и локализации разрушенных мавзолеев. Однако степень успешности их применения во многом зависит от состояния остатков этих сооружений. При выборе методики геофизического исследования и последующей интерпретации результатов необходимо было учитывать свойства строительного материала сооружений, степени их сохранности и особенностей конструкции. Необходимо учитывать, что часть мавзолеев Болгара разбиралась для вторичного использования, что неизбежно затруднило исследования. Поэтому для успешного площадного применения какого-либо из имеющихся геофизических методов проводились предварительные тестовые геофизические исследования на небольших, характерных для данного района памятника участках. После оценки результативности метода в данных конкретных условиях принималось решение о разворачивании площадных работ и применяемого метода геофизического исследования.

---

<sup>196</sup> Волков И. В., Лопан О. В., Ситдииков А. Г. Исследование мавзолеев на юго-западной окраине Болгарского городища (раскопы СС1, СС2 и СС3) // Археологические исследования 2015 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2016. С. 16.

Полученные результаты дали важную информацию о формировании застройки средневекового города. Локализация новых объектов проходила с учетом данных архивных материалов, сведений предшествующих полевых исследований, а также активно привлекались результаты геодезических и аэрокосмических исследований. Работы на Болгарском городище с привлечением сведений широкого круга материалов и использование ГИС позволило отработать методические решения для анализа развития планировочной структуры застройки средневекового города. Новые материалы расширили представление о градостроительном развитии поселения на разных этапах его существования. Перспективными остаются вопросы расширения площади исследований с учетом полученного опыта новых методических подходов для работы на этом памятнике по изучению каменных архитектурных объектов, подвергнутых сильному разрушению.

### **3.2. Лапасский комплекс мавзолеев у городища Ак-Сарай**

Лапасский комплекс мавзолеев у городища Ак-Сарай относится к золотоордынскому периоду средневековой истории. Возникновение этих мавзолеев напрямую связано с ханом Узбеком и со строительством им новой столицы Золотой Орды, известной как Селитренное городище. Развалины мавзолеев различных размеров расположены с северо-восточной стороны села Лапас Харабалинского района Астраханской области, примыкая к городищу Ак-Сарай. Остатки сооружений мавзолеев, находящиеся на возвышенностях, фиксируются визуально. Они представляют собой задернованные скопления обломков обожженного кирпича, мелких фрагментов глазурованных изразцов (на кашине и глине) и известкового раствора. Подобные изразцы, вероятнее всего, появились под влиянием среднеазиатской школы зодчества. В природном отношении занимаемая памятником территория представляет собой всхолмленную слабозадернованную песчаную полупустыню.

Одно из первых известных упоминаний о некрополе с указанием его местоположения сохранилось на итальянской карте 1367 года братьев Пицигани

с латинской надписью: «Гробницы императоров, умерших в районе Сарайской реки»<sup>197</sup>. Сведения об этом некрополе имеются также в «Книге путешествия» турецкого дипломата Эвлии Челеби, посетившего Нижнее Поволжье в 1665–1666 гг.<sup>198</sup>

Основное разрушение этих монументальных сооружений произошло в течение XVII–XIX вв. Мавзолеи разбирались на кирпич для строительства Астраханского кремля и Белого города. В настоящее время территория комплекса мавзолеев используется под выпас. К востоку, юго-востоку от основного скопления видимых мавзолеев и к северу от автотрассы на Астрахань расположена свалка мусора. Южнее трассы в сторону с. Лапас видны остатки заплывших котлованов для выборки грунта, время возникновения которых до конца не ясно. Сами остатки золотоордынских сооружений перекрыты достаточно мощным слоем задернованного песка, что частично приостановило процесс их разрушения.

Первое обследование этого объекта было проведено в 1915 году группой краеведов во главе с хранителем Астраханского губернского музея М. Новиковым. В научной литературе первое описание памятника было сделано В. Л. Егоровым, который предположил, что в мавзолеях у с. Лапас могут быть погребены ханы-мусульмане: Берке, Узбек, Джанибек, Бердибек<sup>199</sup>. Археологическое изучение территории у с. Лапас началось в 1995 г. Поволжской археологической экспедицией ИА РАН под руководством В. В. Дворниченко<sup>200</sup>.

В ходе этих работ было выявлено небольшое золотоордынское поселение, в котором, вероятно, проживали строители и обслуживающий персонал ханских мавзолеев, и развалины четырнадцати хорошо визуально читаемых объектов.

<sup>197</sup> Чекалин Ф. Ф. Саратовское Поволжье в XIV веке по картам того времени и археологическим данным // Труды Саратовской ученой комиссии. Саратов. Т. 2. Вып. I. 1889.

<sup>198</sup> Эвлия Челеби. Книга Путешествия. Извлечения из сочинения турецкого путешественника XVII века. Перевод и комментарии. Вып. 2. Земли Северного Кавказа, Поволжья и Подонья. М.: Наука. 1979. URL: <https://djvu.online/file/OURE0QeKzgx08?ysclid=mkjfkf841910521> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>199</sup> Егоров В. Л. Историческая география Золотой Орды в XIII–XIV вв. М.: Наука, 1985. С. 117–118.

<sup>200</sup> Пигарёв Е. М. Исследования золотоордынского городища у с. Лапас // Тезисы докладов первого международного симпозиума «Особо охраняемые территории и формирование здорового образа жизни». Волгоград, 1997. С. 21–22.

В. В. Дворниченко был составлен топографический план всего погребального комплекса и инструментальные планы всех отдельных его объектов (рис. 1).

В 2000 г. и 2004 г. Д. В. Васильевым был получен интересный научный материал на нескольких небольших раскопах этого поселения при комплексе мавзолеев.

В 2014 г. на участке некрополя, расположенном между мавзолеями № 6 и № 9, Н. Д. Джемнихановой было заложено два раскопа, в одном из которых (раскоп № 9) было обнаружено погребальное сооружение из сырцового кирпича<sup>201</sup>. Представительная коллекция медных монет с поселения уверено датирует памятник 1312–1342 гг.<sup>202 203</sup>

Проведенные археологические исследования предыдущих лет данного памятника наметили пути дальнейшего его изучения. К 2018 году перед исследователями Лапасского комплекса мавзолеев у городища Ак-Сарай стояло несколько основных проблем и вопросов. Для получения качественно новой информации о памятнике требовалось подобрать метод площадного неразрушающего исследования и методику его применения. После такого выбора было необходимо протестировать метод на одном из объектов и оценить его возможности с точки зрения полноты и степени детализации полученного при помощи геофизики результата. Необходимо было получить предварительный ответ на вопрос о возможности выявления структуры конструкции сооружения в целом, оценить степень сохранности элементов остатков конструкций, получить информацию о наличии или отсутствии археологических объектов рядом с каждым комплексом руин отдельного мавзолея, оценить перспективы и наметить пути дальнейшего изучения. Для неразрушающих исследований был выбран геофизический метод

<sup>201</sup> Джемниханова Н. Д. Отчет об археологических исследованиях на разрушенных участках памятников археологии «Городище Сарай-Бату» и «Комплекса мавзолеев у села Лапас» в 2014 г. // Архив ИА РАН. Ф.-1. Р.-1 № 44801–44802.

<sup>202</sup> Васильев Д. В. Городище Ак-Сарай // Археология Нижнего Поволжья на рубеже тысячелетий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Астрахань, 2001. С. 31, 70.

<sup>203</sup> Пигарёв Е. М., Скисов С. Ю., Лосев Г. А., Минаев А. П. Монетные находки с городищ «Красный Яр», «Лапас» и «Чертово городище». Астраханская область 2001–2003 гг. // Труды международных нумизматических конференций / Монеты и денежное обращение в монгольских государствах XIII–XV веков. М., 2005. С. 149–152.

магнитометрии. В апреле 2018 года было принято решение протестировать этот метод на Лапасском комплексе мавзолеев у городища Ак-Сарай. Исследования проводились в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа» Институтом археологии им. А. Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан.

Для тестовых магнитометрических исследований был выбран компактный мавзолей № 4, где визуально читались остатки сооружения. Остатки мавзолея находятся на выположенной насыпи, высота которой от ее подошвы до верхней точки составляла около 2 м. Дневная поверхность исследуемых участков была достаточно пологой и не требовала дополнительной подготовки. На момент начала геофизических работ поверхность территории мавзолея № 4 была частично покрыта низким сухостоем. Площадка геофизического исследования перекрывала центральную и восточную часть мавзолея № 4. Она была разбита на участки магнитометрии № 1–4 (40×50 м) и № 5, 6 (50×50 м). Все участки ориентированы на «магнитные север – юг» и образуют единую площадь покрытия. Для магнитометрического исследования применялся процессорный оверхаузеровский датчик ПОС-2 в его градиентометрической (двухканальной) модификации. Среднее магнитное поле данного региона 51 000 нТл. Получены значения градиента магнитного поля с удовлетворительной чувствительностью  $\pm 0,05$  нТл.

В ходе работ было исследовано шесть участков. После получения предварительных результатов исследования участков № 1–4 для того, чтобы более полно проследить выявленные конструкции, доразмечены дополнительные участки № 5 и 6 (50×50 м) к юго-западу и северо-востоку от участков № 1–4. Участки № 5, 6 частично уходят за полувозвышенности под мавзолеем. Площадь исследования на участках № 1–6 составила 13 000 кв. м, и было произведено 50 685 физических наблюдений вертикального градиента магнитного поля.

Результат представлен в виде распределения градиента магнитного поля на участках исследования в цвете, белый цвет – «0» – обозначает среднее

значение градиента магнитного поля на данном участке исследования в данный период времени. Синий, красный и их градации означают отклонения от «0». Для удобства анализа на магнитограмме оставлены изолинии изменений градиента магнитного поля. Выбор толщины изолиний и их частота подбирались на каждый день измерений индивидуально, опытным путем. Была выбрана цветовая шкала изменения вертикального градиента магнитного поля с шагом 500 пТл/м. Верхняя и нижние границы шкалы и распределения градиента – 20 нТл/м. Для последующего анализа был выбран вариант распределения градиента магнитного поля в рамках участков со сглаживанием пиковых значений магнитного поля до 20 нТл/м (рис. 39). Для упрощения анализа полученного результата проведена прорисовка явных границ изменений магнитного поля на сводной магнитограмме. Эти прорисованные границы маркируют предполагаемые археологические объекты мавзолейного комплекса (рис. 40).

Результаты магнитометрии позволяют предположить, что были зафиксированы основные элементы строений и конструкций комплекса мавзолея № 4, в конструкции которого применялся хорошо контрастный в магнитном плане материал – обожженный кирпич. Основные выделенные изменения градиента магнитного поля меняются на величину от 5 до 10 нТл/м. Несмотря на разбор и вывоз конструкций самого сооружения, зафиксированы сохранившиеся остатки фундамента мавзолея прямоугольной формы с четко выраженной входной конструкцией с южной стороны, предположительными размерами основания 15×35 м. Комплекс мавзолея № 4 развернут на 20 градусов к северо-востоку от магнитного севера. Сооружение состояло из двух помещений, зафиксирован фундамент стены с ориентировкой запад – восток, которая делит площадь мавзолея на две условные части. Южная половина мавзолея, со стороны входа, меньше основной. Зафиксированы остатки ограды мавзолея, состоящие из материалов, сильно контрастных в магнитном плане (обожженный кирпич), ее предполагаемые размеры составляли 80×55 м. С южной стороны ограды, на современном склоне искусственной насыпи,

фиксируется слабочитаемая конструкция входа в ограду, ее предположительные размеры 15×15 м. С южной, восточной и северо-восточной сторон от ограды мавзолея зафиксировано множество всплесков магнитного поля, имеющих вытянутую форму, общей ориентировкой запад, юго-запад – восток, северо-восток. В границах насыпи, к востоку от мавзолея № 4, слабо читается, вероятно, еще одно сооружение либо конструкция подквадратной формы 20×20 м, возможно окруженная оградой. К северо-востоку от мавзолея зафиксировано сооружение либо комплекс сооружений пока неясного назначения. Сооружение находится на границе насыпи, на ее северо-восточной поле. Предполагаемые размеры 15/18×15/18 м. Сооружение относится к мавзолейному комплексу. На поверхности оно не читаемо, по ориентировке расположено соосно с основным комплексом мавзолея № 4. По своим характеристикам градиент магнитного поля сооружения меняется в пределах +/-10 нТл/м. Северо-восточнее мавзолея, вне видимой возвышенности/насыпи, зафиксированы две области сильных всплесков градиента, которые имеют округлую форму. На поверхности объекты не читаются. Первая – предполагаемым диаметром около 3 метров и величиной изменения градиента более 40 нТл/м. Вторая – предполагаемым размером около 5 метров и величиной изменения градиента более 80 нТл/м. Рядом с ними зафиксированы объекты с высокой термоостаточной намагниченностью (до 100 нТл). Предположительно, объекты могут являться горнами. Севернее мавзолея, возможно, зафиксировано еще одно сооружение, попавшее в зону исследования своим восточным углом. Основная его часть уходит за площадь представленного магнитометрического исследования.

Полученный результат дал принципиально новую информацию о памятнике. На данном этапе изучения применение градиентометра ПОС-2 для магнитометрических исследований оказалось оправданным. Сеть измерений 0,5×0,5 метров оказалась достаточной для получения адекватного результата на такого типа объектах. Чувствительность магнитометра в режиме вертикального градиента +/-0,05 нТл/м также показала себя вполне достаточной для фиксации основных элементов остатков мавзолея № 4. Выявленные всплески магнитного

поля, связанные с остатками элементов в разобранном мавзолее, показали характеристики изменения градиента магнитного поля в пределах от +/-10 нТл/м до +/-10 нТл/м. Выявленные округлые объекты диаметром около 3 и 5 метров, предположительно горны, имеют величины изменения градиента более 40 нТл/м и более 80 нТл/м соответственно. Благодаря проведенным нами магнитометрическим исследованиям удалось достаточно точно определить размеры мавзолея и его ограды, а также его сложной внутренней структуры сооружения с ее многочисленными особенностями. Кроме того, было зафиксировано наличие множества сопутствующих мавзолею погребенных объектов, окружающих основное сооружение. Среди них, вероятно, зафиксирована производственная площадка с горнами. Оценить степень сохранности сооружений на данном этапе исследований не представляется возможным.

Исследования, проведенные в 2018 году на мавзолее № 4 комплекса мавзолеев у с. Лапас, позволили сделать выводы о достаточности данных, чтобы удостовериться в том, что примененный метод и аппаратура подходит для изучения этого типа археологических объектов. Собранных данных оказалось достаточно для выявления под поверхностью территории мавзольного комплекса № 4 большого количества археологических объектов, которые сохранили свое местоположение, структуру и основные элементы. В связи с этим оказалось целесообразно расширить площадь исследования (доисследования насыпи мавзолея № 4 и его окрестности) и исследования мавзолея № 1 с захватом прилегающей к основной возвышенности территории<sup>204</sup>.

Магнитометрические исследования 2020–2022 годов как составная часть комплексного археологического исследования были сосредоточены на центральном мавзолее № 1. Для проведения работ также была выбрана ранняя весна с ее минимальным травостоем и комфортной температурой для работы в

---

<sup>204</sup> Пигарев, Е. М. Предварительные результаты геофизических исследований комплекса мавзолеев у села Лапас Астраханской области // Кочевые империи Евразии в свете археологических и междисциплинарных исследований: сб. науч. ст. IV Международного конгресса средневековой археологии евразийских степей, посвященного 100-летию российской академической археологии (Улан-Удэ, 16–21 сентября 2019 г.). В 2-х кн. Кн. 1. /отв. ред. Б. В. Базаров, Н. Н. Крадин. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2019. С. 162–166.

данном регионе. Поверхность участков исследований была покрыта отдельными кустами сухостоя, поверхность выложена и не требовала дополнительной подготовки. На дневной поверхности выбранных участков наблюдались фрагменты обожжённого кирпича разного качества и, вероятнее всего, назначения. Руины мавзолея находятся на возвышенности высотой до 3 м от подошвы до верхней точки. Площадки геофизического исследования 2020/2021/2022 гг. перекрывают практически всю платформу, на которой находится сооружение мавзолея № 1 (рис. 42).

Площадка магнитометрического исследования мавзолея № 1 включает в себя участки магнитометрии № 1–34. Участки ориентированы по линии «магнитный север – юг» и образуют единое покрытие площадью 9 га. При исследовании мавзолея № 1 применялся методический опыт предыдущих лет исследований. На основной площади также применялся магнитометр ПОС-2 в режиме непрерывных измерений вертикального градиента. Чистка, обработка и представление результата для анализа магнитометрического исследования происходили по методике, отработанной на мавзолее № 4, с использованием тех же программ и приемов. На одном из участков были проведены дублирующие измерения во время тестирования одной из модификаций комплекса многодатчикового магнитометра на основе ПОС-2. Во время непрерывных измерений магнитного поля система переносилась руками (рис. 54).

Мавзолей № 1 в 2020 г. исследовался магнитометрией на четырех участках с площадью магнитометрического исследования 10 000 кв. м (произведено 36 893 физических наблюдений магнитного поля). В 2021 г. исследовался магнитометрией на 14 участках с площадью магнитометрического исследования 40 000 кв. м (произведено 159 671 физических наблюдений магнитного поля). В 2022 г. исследовался магнитометрией на 16 участках с площадью магнитометрического исследования 40 000 кв. м (произведено 147 105 физических наблюдений магнитного поля). Участок № 26 продублирован многодатчиковым комплексом магнитометрии на основе ПОС-2.

Итогом магнитометрических исследований мавзолея № 1 стало распределение вертикального градиента магнитного поля на всей площади исследования. Релевантность получаемых данных иллюстрирует то, что результаты магнитометрии разных участков и разных лет исследования стыкуются между собой. Для визуализации результата представлен вариант магнитограмм площади исследования в цветном варианте (рис. 43). Для цветового распределения белый цвет – «0» – обозначает среднее значение градиента магнитного поля на данном участке исследования в данный период времени, синий, красный и их градации – отклонения от «0». На магнитограмме были оставлены изолинии изменений градиента магнитного поля. Выбор толщины изолинии и их частота подбирались опытным путем. Выбрана цветовая шкала изменения вертикального градиента магнитного поля с шагом 1 нТл/м около средних значений градиента, 2 нТл/м – для остальных. Верхняя и нижние границы шкалы и распределения градиента – 50 нТл/м. Сравнение результатов магнитометрии при тестировании многодатчиковой системы на основе ПОС-2 продемонстрировано на рисунках (рис. 44, 45). Эти системы вполне взаимозаменяемы по результатам для значительных площадных исследований. Отличие между ними состоит в основном в увеличении площадной производительности в 4 раза. Для последующего анализа был выбран вариант распределения градиента магнитного поля в рамках участков со сглаживанием пиковых значений магнитного поля до 20 нТл/м. Для упрощения визуализации полученного результата проведена прорисовка явных границ изменений магнитного поля на сводной магнитограмме. Эти границы маркируют предполагаемые археологические объекты мавзолейного комплекса (рис. 46).

Полученные результаты 2020–2022 гг. позволяют говорить о некоторых предварительных выводах и предположениях. Удалось зафиксировать остатки сохранившихся основных элементов строений и конструкций мавзолейного комплекса № 1, в элементах конструкций которого применялась различные типы обожженного кирпича. Несмотря на разрушения основной конструкции мавзолея выявлены сохранившиеся остатки фундаментов нескольких

комплексов крупных сооружений прямоугольной формы. Ориентировка данного комплекса – «магнитный север – юг» с отклонением к западу на 2 градуса. Все выявленные объекты и зоны изменений магнитного поля можно условно разделить на две группы: группа А и группа В (рис. 47, 48). Деление на группы условное и производилось по общности ориентировок. Группа А с отклонением основной своей оси 2 градуса к западу от магнитного севера (сам мавзолей), 16 градусов к западу от магнитного севера (производственный центр к северу от мавзолея). Группа В с отклонением основной своей оси от 35 до 45 градусов к востоку от магнитного севера.

### **Группа А (рис. 47)**

Центральная часть мавзолея предположительными размерами 60×60 м имеет сложную многокамерную структуру. Отдельные помещения прорисованы достаточно условно, так как возможно получение искажений от неровной поверхности съемки. Фиксируется часть входных конструкций в центральную часть сооружения с юга, шириной около 15 метров. Внешний контур мавзолейного комплекса (вариант № 1, вариант № 2), с условным размером 120×100 м, прямоугольный либо имеет более сложную форму. Окончательные контуры и конфигурация внешней ограды мавзолея требуют дальнейших уточнений. Внутри общей ограды, в юго-западном её углу, четко зафиксирован фундамент круглой формы с предполагаемыми внешними размерами 18–20 м. Возможно, симметрично ему к востоку находится аналогичный объект (обозначен прерывистой линией). Требуются дальнейшие уточнения. В южной части внешней ограды зафиксирован входной комплекс с предполагаемыми размерами 20×10 м. Севернее центральной части мавзолея выявлен комплекс компактных объектов, который, вероятно, являлся производственной зоной: объекты № 1 и № 2 прямоугольной формы, размерами 10×10 м, – вероятно, являются горнами для обжига кирпича, применявшегося при строительстве мавзолея. Сюда же относятся объекты № 3–5 размерами 20×10 м или 10×10 м, один овальный или два слабо выраженных круглых объекта. Эти выявленные объекты находятся на единой площадке, причем центр

этой площадки вблизи округлых объектов в магнитном плане выражен сильнее. Предположительно, являются ямами для обжига извести с рабочей зоной обжига.

### **Группа В (рис. 48)**

Объекты группы В выражены в магнитном плане слабее, меньше размерами.

Объект № 8, предположительно, сложной конфигурации, находится на производственной площадке группы объектов А (№ 3, 4, 5). Является ли объект № 8 отдельным сооружением либо это отражение остатков производственной зоны, пока без дополнительных исследований определить затруднительно. Объекты № 9 выстраиваются в упорядоченные структуры. Возможно, это отражение небольших погребальных сооружений. Объект № 10 размером 20×20 м расположен на месте северо-восточного угла центрального сооружения мавзолея № 1, он соосен с объектами группы В. Возможно, объект № 10 является самостоятельным объектом другого строительного периода и налагается на часть основной конструкции мавзолея. Объекты № 11, 11.1 образуют площадку прямоугольной формы размером 90×100 м, ориентированную под 45 градусов к магнитному северу, с четкой границей юго-западного борта. В участки исследования полностью попали западный и южный углы площадки. Граница площадки в северном углу перекрыта сильными всплесками магнитного поля, предположительно относящимися к мавзолейному комплексу № 1.

Апробированная на мавзолее № 4 методика магнитометрических исследований и комплекс использованной аппаратуры нашли успешное применение при исследовании мавзолея № 1. Метод магнитометрии оказался с успехом применим на всем комплексе Лапасских мавзолеев. Многодатчиковый комплекс магнитометрии на основе ПОС-2 также показал эффективность при исследовании данного памятника, продемонстрировал чувствительность, аналогичную градиентометру ПОС-2. По сравнению с ПОС-2, он обладает производительностью измерений на порядок выше. Полученные результаты двух приборов сопоставимы. Следует отметить, что измерения

многодатчикового комплекса проводились практически в идеальных условиях – в отсутствие высококонтрастных в магнитном плане объектов. Как покажет себя комплекс в других условиях, особенно в техногенной среде, без дополнительных исследований не ясно. Магнитометрические исследования на большой площади (9 га) дали возможность оценить планиграфию мавзолея, его состав и конструктивные особенности. Расширение площади исследования за видимую часть возвышенности / насыпи помогло выявить ряд скрытых объектов. На исследованном мавзолее № 1 зафиксированы остатки центрального сооружения квадратной формы со сложной внутренней структурой, его ограды и входа с южной стороны, возможно северные углы ограды были с контрфорсами либо трехчетвертными башнями. Выявлены основные размеры сооружений и их ориентировка. Зафиксированы отдельные объекты и несколько сооружений вне ограды мавзолея. Выявлены места производства строительных материалов для сооружения мавзолейного комплекса (горны для обжига кирпича и отжига извести). Наличие горнов для производства стройматериалов зафиксировано на двух крупных мавзолеях. Можно обоснованно предполагать, что при каждом крупном мавзолее будет находиться такое производство, однако для доказательства этого тезиса требуются дополнительные исследования. На основании деления выявленных объектов по ориентировке выдвинуто предположение о двух (на данный момент) периодах функционирования исследованной части территории мавзолейного комплекса № 1<sup>205</sup>.

Следующим этапом исследования Лапасского комплекса мавзолеев у городища Ак-Сарай на основе анализа полученной при помощи ГИС информации была проверка отдельных возвышенностей при помощи магнитометрии. На момент начала геофизических работ поверхность территории мавзолея № 15 была частично порята низким сухостоем и не требовала

---

<sup>205</sup> Бездудный В. Г., Зарипова Г. Х., Овечкина Л. В., Пигарёв Е.М., Ситдииков А. Г. Междисциплинарные исследования Комплекса мавзолеев у пос. Лапас (2022–2023 гг.) // Археология Евразийских степей. 2024. № 3. С. 38–46.

дополнительной подготовки. Площадка перекрывала основную часть платформы предполагаемого мавзолея № 15.

Задача, поставленная для магнитометрических исследований на данной территории памятника, заключалась в проверке наличия либо отсутствия в этом месте объектов с характерными для мавзолеев магнитными свойствами. В случае выявления остатков сооружений необходимо было попытаться оценить сохранность его остатков и границы, а также нанести на план участков исследования контуры сооружений погребального комплекса. Площадка включает в себя участки магнитометрии № 1–4 (50×50 м). Участки ориентированы «магнитный север – юг» и образуют единую площадь покрытия.

Использовался магнитометр РОС-2 в режиме вертикального градиента. Среднее магнитное поле 52 000 нТл. Общая площадь магнитометрического исследования 10 000 кв. м. Применялась апробированная для этого памятника методика проведения измерений. Было произведено 40 545 физических наблюдений. Чувствительность измерения градиента магнитного поля находилась в пределах  $\pm 0,05$  нТл/м. Обработка и представление результата производились стандартными способами для этого памятника. Результат представлен в виде сборки магнитограмм участков № 1–4 в цвете. Пределы шкалы изменений цвета и величина шага изменений подбирались для этого объекта с учетом очень слабых колебаний значений магнитного поля. Шкала изменения вертикального градиента по цвету ограничена диапазоном  $\pm 2$  нТл/м, шаг изменений цвета – 0,2 нТл/м (рис. 49). Для наглядности границы изменений магнитного поля на площади исследования прорисованы в виде контура с наложением на полученную радарограмму площади (рис. 50). Результаты проведенного магнитометрического исследования позволяют предположить, что были зафиксированы остатки сохранившихся элементов строений и конструкций сооружений, относящиеся к мавзолейному комплексу № 15. В остатках элементов конструкций применялся обожженный кирпич, но в относительно небольших количествах. Шкала изменения вертикального градиента по цвету ограничена диапазоном  $\pm 2$  нТл/м. Сами остатки сооружений характеризуются

изменениями значений вертикального градиента магнитного поля в средних пределах  $\pm 5$  нТл/м, с пиковыми значениями до 9 нТл/м, что немного для остатка кладки, состоящей полностью из обожжённого кирпича. Несмотря на разбор и вывоз для вторичного использования материала стен самого мавзолея, были зафиксированы сохранившиеся остатки фундаментов нескольких крупных сооружений прямоугольной формы. Все выявленные группы и границы изменений магнитного поля условно разделены на две группы: условные объекты № 1, 2 и условные объекты № 3, 3.1, 3.2 (рис. 51). Деление произведено по общности ориентировки. Группа 1 (№ 1, 2) – с отклонением основной своей ориентировки на три градуса к востоку от магнитного севера (сам мавзолей). Группа 2 (№ 3, 3.1, 3.2) – с отклонением основной своей ориентировки на 32 градуса к востоку от магнитного севера. На данном этапе исследований сложно сказать, какая из групп перекрывает какую. Можно предположить, что создание и существование этих предполагаемых объектов происходило с очень небольшим хронологическим разрывом. Объект № 1 с предполагаемыми размерами 8×4 метра находится в аморфном пятне измененного магнитного поля с нечеткими границами. Объект № 2 предполагаемыми размерами основной части сооружения запад – восток 18 м, около 15 м север – юг. К югу от сооружения № 2, по центру, расположен предполагаемый вход в него размерами 8×4 метра. Объекты № 3 и 3.1 составляют предположительно единый комплекс. № 3 – размером 22×26 м. № 3.1 – размером 12×12 м. Объекты № 3.2 – предположительно, являются завалами сооружений<sup>206</sup>.

На основании полученных данных 2023 годов зафиксированы контуры остатков разрушенных и археологизированных сооружений. Выявлены предполагаемые размеры этих объектов. Как и при исследовании мавзолея № 1, фиксируется два периода существования сооружений, которые выражаются в наложении друг на друга строительных горизонтов. Их близкое расположение может косвенно свидетельствовать о том, что строители второго сооружения

---

<sup>206</sup> Бездудный В. Г., Зарипова Г. Х., Овечкина Л. В., Пигарёв Е.М., Ситдииков А. Г. Междисциплинарные исследования Комплекса мавзолеев у пос. Лапас (2022–2023 гг.) // Археология Евразийских степей. 2024. № 3. С. 38–46.

знали о наличии первого сооружения в этом месте. На данном этапе исследования сложно предполагать хронологическую очередность их существования. На порядки большая площадь магнитометрического исследования относительно размеров выявленных сооружений не содержала сопутствующих объектов (горнов и площадок производства строительных материалов). Наличие заплывшего карьера, выборки грунта северо-западнее выявленных сооружений, относительно слабая намагниченность этих объектов тоже может косвенно свидетельствовать о небольшом количестве хорошо обожженного кирпича в оставшихся элементах сооружений. Вероятно, в основном при их строительстве применялся кирпич-сырец. Этим можно объяснить отсутствие ям от разборки сооружений и выемки вторичного кирпича.

К 2022 году неразрушающие методы в основном исчерпали свои возможности по изучению мавзолея № 1. Оценка результатов неконтактных методов и предложенные варианты археологических исследований позволили определиться и вынести на поверхность памятника разметку раскопа (рис. 52). В 2022–2024 гг. специалисты Института археологии им. А. Х. Халикова АН РТ проводили археологическое изучение мавзолея № 1, являющегося центральным объектом Лапасского комплекса. В задачи исследования входило уточнение конструкции мавзолея и окружавшего его погребально-ритуального комплекса, выверка и сравнение данных геомагнитного исследования и получения опыта его интерпретации. В ходе работ было найдено подтверждение многочисленным сообщениям о том, что мавзолей в прошлом подвергался неоднократным разрушениям, связанным с изъятием кирпича для вторичного использования. Следы действий по разбору мавзолея отразились в стратиграфии объекта в виде чередующихся слоев обломков кирпича, поливных изразцов и наваянного песка. В процессе раскопок было установлено, что внутреннее пространство мавзолея имело кирпичным пол, который был обмазан тонким слоем алебастрового раствора. Пол был сооружен из квадратных кирпичей размером  $26 \times 26 \times 4-5$  см и покоился на песчаной «подушке», которая, в свою очередь, была отсыпана на «фундамент», сооруженный из мелких фрагментов облицовочного кирпича.

Западная стена мавзолея на глубину выборки раскопа не обнаружена. На ее месте выявлена траншея, образовавшаяся после разбора этой стены. Траншея заполнена песком и строительным мусором. Ширина котлована выборки стены равнялась четырем метрам и на данный момент говорить о толщине стены невозможно. К западу от котлована стены, на уровне завершения работ, отмечена толща стерильного песка<sup>207</sup>.

Итоги раскопок 2022 и 2023 гг. подтвердили основные геофизические выводы и предположения, сделанные на их основе, об особенностях планиграфии объектов мавзолейного комплекса № 1 (рис. 53). Результаты раскопок частично скорректировали дешифровку полученных магнитометрией результатов и их интерпретацию. Магнитометрия в первую очередь зафиксировала отвалы строительного мусора, который образовался в процессе заваливания стен и их разборки, поэтому интерпретация местоположения стен и размеров сооружений была уточнена. Пол из обожженного кирпича с обмазкой под завалами мусора в магнитном плане прослеживается по всей площади центрального сооружения. На данном этапе исследования сложно четко выделить остатки и следы внутренних стен и других конструкций на фоне отражения завалов строительным мусором внутренней части мавзолея<sup>208 209</sup>.

Результаты и выводы, которые дали неразрушающие методы, по возможности выявления основных частей разрушенных мавзолеев и детализация их отдельных структур оказались подтвержденными. Обосновано применение результатов геофизических исследований данного памятника как выявленного массива данных высокой степени достоверности.

---

<sup>207</sup> Ситдигов А. Г., Пигарёв Е. М., Сарыбаев М. К. Комплекс мавзолеев у с. Лапас: к вопросу об атрибуции памятника // Археология Евразийских степей. 2023. № 6. С. 259–270.

<sup>208</sup> Зеленеев Ю. А., Пигарёв Е. М., Ситдигов А. Г. Нижневолжский центр Улуса Джучи в XIII–XV вв.: историко-археологическая реконструкция (к 770-летию города Сарай) // Археология Евразийских степей. 2024. № 2. С. 82–88.

<sup>209</sup> Ситдигов А. Г., Пигарёв Е. М. Объекты археологической архитектуры эпохи Золотой Орды на территории Астраханской области (перспективы исследования, сохранения и использования) // Львовские чтения: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции (г. Астрахань, 7–9 ноября 2023 г.) / под общей редакцией С.А. Берёзкина. Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. С. 161–171.

Результаты изучения погребальных мавзольных комплексов на двух памятниках археологии, Болгарском городище и Лапасском комплексе мавзолеев у городища Ак-Сарай, показали, что геофизические методы исследования мавзолеев и иных погребальных конструкций подтвердили свою результативность. За достаточно короткий период времени позволили получить принципиально новые данные об исследуемом памятнике на большой площади. Так, комплекс мавзолеев у с. Лапас на данный момент исследован площадью более 11 га. Используемые геофизические методы исследования достоверны, повторяемы, об этом свидетельствует стыковка результатов геофизических исследований на границах рядом лежащих участков, снятых с временным разрывом. Примененные методы являются неразрушающими методами исследования, позволяют неоднократно вернуться к одному и тому же участку памятника для перепроверки либо для использования других, возможно более прогрессивных, способов изучения, в том числе археологическими раскопками. Успешность применения одного или другого метода во многом зависела от специфики культурного слоя и поверхности участков памятника. Применение известняка для строительства фундаментов мавзолеев Болгара, разборка остатков конструкций сооружений для вторичного использования, малое количество жженого кирпича в строительстве предопределили большую эффективность георадарного метода. На одном из мавзолеев удалось выявить полный контур фундамента сооружения. На эффективность применения георадара повлияла распашка поверхностей, сгладившая перепады микрорельефа. Напротив, изучение магнитометрией мавзолеев у с. Лапас показало максимальную эффективность. Широкое применение обожженного кирпича на мавзолеях № 1 и 4 позволило выявить и детализировать их конструкцию и особенности эволюции их существования вплоть до настоящего времени, включая периоды разрушения и разборки для вторичного использования. Доказано, что комплексы центральных мавзолеев № 1, 4 состоят из основных сооружений, ограды вокруг них и большого количества вспомогательных сооружений рядом. Грунтовые погребения, в том числе и

позднейшие, магнитометрией зафиксировать не удалось в силу особенностей метода магнитометрии. Зафиксированы площадки производства строительных материалов, горны, ямы для отжига извести. Выявлено два уровня существования археологических объектов на этой территории. Периферийные комплексы мавзолеев, такие как № 15, сооружаются с меньшим числом использования жженого кирпича и, как показали результаты магнитометрических исследований, не так контрастны в магнитном плане. Представляется возможным распространять методику исследования, обработки и интерпретации полученных результатов, выстраивания системы выводов от исследования части памятника на всю остальную его часть с высокой степенью достоверности.

## **Глава 4. Историческая топография средневековых городов Поволжья по данным геофизических исследований**

Изучение средневековых поселений и городищ геофизическими методами позволяет получить информацию об их границах, сохранности, выявлять специфику их структуры. Несмотря на различия условий их возникновения, развития и существования, по мнению ряда исследователей, средневековые города Поволжья, и в первую очередь золотоордынские города, имеют усадебно-уличную планировку. В них нет четкой структуры и не выделяется укрепленная цитадель. По мере своего развития города приобретают большую упорядоченность, и новые кварталы возникают вокруг квартальных культурно-хозяйственных городских центров<sup>210 211 212</sup>. Территория, занятая средневековыми городищами Поволжья, предоставляет широкие возможности для их площадного исследования неразрушающими методами.

### **4.1. Историческая топография Билярского городища**

Биляр – один из крупнейших городов Волжской Булгарии X – первой трети XIII века. Согласно свидетельствам Ибн Фадлана, строительство Биляра началось при болгарском царе Алмуше в 922 г. В русских летописях упоминался как «Великий город» и достиг своего расцвета в домонгольский период. Биляр был разрушен осенью 1236 г. в результате монгольского нашествия и более как большой город не возродился.

Билярское городище расположено на юго-восточной окраине современного села Билярск в Алексеевском районе Республики Татарстан. Частично территория городища занята застройкой современного населенного пункта. Памятник расположен в Западном Закамье, на левом берегу реки Малый Черемшан (правого притока реки Большой Черемшан, впадающей в Волгу). Территория городища выположена, имеет легкий уклон с северо-востока на юго-

---

<sup>210</sup> Бадеев Д. Ю. Улицы Средневекового Болгара // Поволжская Археология. Казань, 2017. № 4 (22). С. 24–34.

<sup>211</sup> Егоров В. Л. Историческая география Золотой Орды в XIII–XIV вв. М.: Наука, 1985. С. 117–118.

<sup>212</sup> Зиливинская Э. Д. Архитектура Золотой Орды. Часть II. Гражданское зодчество: Монография. Казань: Отечество, 2018. С. 10.

запад и окружена вписанными друг в друга земляными валами и рвами. Город подразделяют на внутренний и внешний. Внутренний город обнесен двумя линиями валов и рвов. Обитаемая площадь внутреннего города составляет 116 га (130,6 га с укреплениями). Внешний город окружен тремя линиями укреплений. С учетом внутреннего и внешнего города, неукрепленных пригородов общая площадь Билярского комплекса оценивается в 800 га<sup>213</sup>.

Билярское городище как исторический памятник вызывал интерес исследователей с XVIII века. В материалах капитана Н. П. Рычкова дается описание городища и его первый план. В. А. Казариновым в 1881 году было проведено обследование Билярского городища и его периферии. Он зафиксировал развалины отдельных сооружений, расположение районов городища. П. А. Пономарев и М. Г. Худяков в 1915–1916 гг. начали первые научные раскопки во внутреннем городе. А. С. Башкиров проводит археологические исследования городища в 1928 году. Современный этап исследования Билярского городища начался в 1967 г. экспедицией ИЯЛИ им. Г. Ибрагимова КФАН СССР и КГУ под руководством А. Х. Халикова, затем Ф. Ш. Хузина и др. За 50 лет существования Билярской экспедиции были проведены масштабные раскопки, получен большой массив данных о памятнике. Исследование территории внутреннего города нуждалось в более детальном подходе к изучению. Одна из стоящих перед современными исследователями задач – прояснить социальную топографию городища через локализацию социально значимых объектов, объектов ремесленной и торговой деятельности населения, попытаться выявить организацию городского пространства, характер планировки и застройки отдельных частей огромной территории городища<sup>214</sup>.

На вопросы внутригородской планировочной структуры на такой большой площади возможно получить ответы, применяя дистанционные методы в археологических исследованиях. Надо отметить аэрофотоработы Игонина в

---

<sup>213</sup> Хузин Ф. Ш. Великий город на Черемшане: Стратиграфия, хронология. Проблемы Биляра-Булгара / Отв. ред. А. Х. Халиков. Казань : ИЯЛИ АН РТ, 1995. С. 223.

<sup>214</sup> Хузин Ф. Ш., Валиулина С. И., Шакиров З. Г. Билярской археологической экспедиции – 50 лет: итоги и проблемы исследований Великого города // Археология Евразийских степей. Казань, 2017. № 1. С. 10–23.

1970-е годы. В качестве таких методов с 2015 года использованы дистанционные, в том числе геофизические, методы исследования. Результаты геофизических работ, проводившихся в 2015, 2017, 2018 и 2022 гг. во внутренней части Билярского городища, опубликованы<sup>215 216 217</sup>.

Геофизические исследования внутренней части Билярского городища в 2015 году начались в рамках плановой темы НИР «Археология Биляра и его окружи», реализуемой Институтом археологии им. А. Х. Халикова АН РТ (рис. 54). Перед геофизикой была поставлена задача подобрать неразрушающий метод, который помог бы изучить остатки выявленного на аэрофотосъемке сооружения, определить его основные контуры. Также необходимо было обследовать и ближайшие окрестности объекта с целью поиска аналогичных сооружений и других элементов застройки внутренней части Билярского городища. Затем планировалось осуществить проверку результатов геофизических исследований и их интерпретации путем сравнения с результатами археологических раскопок.

Для геофизического изучения были выбраны методы магнитометрии и георадиолокации. Для магнитометрических исследований применялся Магнитометр ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля. Примененная методика – режим непрерывных измерений с временем одного полного цикла единичного измерения 0,5 сек. и сетью измерений 0,5×0,5 м. Среднее магнитное поле региона 54 000 нТл. При выборе места первых участков геофизических исследований во внимание принимались особенности перепадов рельефа с остатками полностью руинированных сооружений. Поверхность памятника, бывшая пашня, на момент начала исследований была

---

<sup>215</sup> Шакиров З. Г., Бездудный В. Г. Использование дистанционных методов выявления древних объектов и соотнесение их результатов с материалами раскопок (на примере Билярского городища) // Этносы и культуры Урало-Поволжья: история и современность: материалы Юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых / Отв. ред. А. Т. Ахатов. Уфа : ИЭИ УНЦ РАН, 2016. С. 225–228.

<sup>216</sup> Шакиров З. Г., Хузин Ф. Ш., Бездудный В. Г. Использование дистанционных и геофизических методов в работе Билярской археологической экспедиции // Археология и геоинформатика. Третья Международная конференция. Тезисы докладов / отв. ред. В. И. Гуляев, Д. С. Коробов. М. : ИА РАН, 2017. С. 59–61.

<sup>217</sup> Бездудный В. Г., Шакиров З. Г., Ситдинов А. Г. Комплексные геофизические исследования 2015–2017 гг. на Билярском городище // Археология Евразийских степей. Средневековая археология. Материалы конференции «Болгар: сохранение и изучение (к 80-летию Болгарской археологической экспедиции). Археология средневековых городских центров Евразии». 2018. № 5. С. 18–24.

покрыта сухостоем травы и бурьяна. Отдельной подготовки не потребовалось. Участки магнитометрических исследований № 1–4 смыкаются краями и образуют квадрат  $70 \times 70$  м, ориентированный на «магнитный север – юг». Результат магнитометрического исследования представлен в виде цветового распределения вертикального градиента магнитного поля и прорисовки границ изменений магнитного поля, маркирующих контрастные (в магнитном плане) объекты. Шаг изменения цвета подобран в 2 либо в 1 нТл/м, на значениях близких к средним. Пределы цветового отображения  $\pm 100$  нТл/м (рис. 55). В 2015 году на участках геофизических исследований магнитометрией была изучена площадь 4900 кв. м, произведено 16 749 физических наблюдений. После предварительного анализа магнитометрических исследований был размечен участок ( $35 \times 30$  м) георадарного исследования. Для его исследования применялся одноканальный георадар с антеннами 200 МГц. Профили параллельных георадарных проходов снимались через 0,5 м. Измерения по профилю прохода в непрерывном режиме велись через 0,05 м. Всего было выполнено 2100 м георадарных профилей. Результатом георадарного исследования стало преобразование радарограмм в послойные планы на расчетных глубинах. Послойные планы выполнены с прорисовкой выявленных изменений под поверхностью исследования (рис. 56).

Геофизические исследования 2015 года позволили прорисовать границы археологических объектов в рамках участков геофизических исследований. Выявленные объекты условно разделились на несколько групп. Контуры № 8, 9 линейной формы ограничивают предположительно «усадьбу». Граница № 9, представляющая собой слабые всплески магнитного поля, читается довольно четко в пределах изменения магнитного поля  $\pm 2$  нТл/м. Контуры № 8 образуют полосы (как минимум с одной четкой границей) шириной около 2 м в пределах изменения магнитного поля  $\pm 7$  нТл/м. Возможно, это зафиксированы остатки улицы и/или арыков вокруг усадьбы. Происхождение системы линейных аномалий № 8 не ясно без дополнительных археологических исследований. Была также зафиксирована система аномалий магнитного поля подквадратной формы

– № 1. Её ориентировка – северо-запад – юго-восток. Внутренняя часть системы аномалий (сильные всплески магнитного поля) в пределах изменения магнитного поля  $\pm 50$  нТл/м имеет предположительные размеры  $16 \times 16$  м. Внешняя часть системы (более слабые изменения магнитного поля в пределах  $\pm 15$  нТл/м)  $20 \times 20$  м. Зафиксированы остатки комплекса центрального строения. Аномалии магнитного поля № 1 характеризуются очень большими величинами отклонений от среднего магнитного поля (они могут быть связаны либо со следами сильного пожара, либо с наличием обожженного кирпича в своей структуре). Контуры № 2, 4 представляют собой объекты с серьезными изменениями магнитного поля, аналогичные объекту № 1. Они также характеризуются очень большими величинами отклонений от среднего магнитного поля в следующих пределах: № 2 –  $\pm 40$  нТл/м, № 4 –  $\pm 15$  нТл/м. Контур № 3 имеет существенно меньшее отклонение –  $\pm 4$  нТл/м. Контур № 2, находящийся в условных границах усадьбы, имеет предположительные размеры  $8 \times 10$  м. Полные контуры объектов № 3 и 4 проследить не удалось, так как сами объекты выходят за границы участков магнитометрического исследования. Либо объекты № 2 и 4 несут следы сильного пожара, либо их остатки содержат обожженный кирпич в своей структуре. Контуры № 5, 6, 7 являются объектами с меньшими изменениями магнитного поля по сравнению с объектом № 1. Прослежены также сооружения с прямыми углами. Полностью выявлен контур № 6. Его условные размеры  $8 \times 6$  м, он находится в рамках условной усадьбы и имеет изменения магнитного поля в пределах  $\pm 18$  нТл/м. Контуры № 5 с изменениями в пределах  $\pm 3$  нТл/м, № 7 с изменениями в пределах  $\pm 5$  нТл/м выявлены не полностью. Они выходят за границы участков магнитометрического исследования. Возможно, они зафиксировали сооружения вспомогательного назначения.

Вне условной границы усадьбы, с юго-восточной и северо-восточной стороны, было зафиксировано множество всплесков магнитного поля. Возможно, на этой части участков № 3, 4 и находятся другие остатки сооружений, однако на данном этапе исследования они четко не читаются.

Участок георадарной съемки частично перекрывает участки магнитометрии. Георадаром было исследовано предполагаемое местонахождение комплекса объектов № 1, ранее выявленных при помощи магнитометрии. Анализ полученных данных в виде послойных планов, выполненных на участке георадарного исследования, позволяет говорить о неоднородности грунта, связанной с остатками центрального комплекса сооружений усадьбы. Зафиксирована сложная структура остатков сооружений (вероятнее всего, это завалы остатков стен и фундаментов). Прослеживается корреляция результатов, полученных двумя геофизическими методами. В 2015 г. Билярской археологической экспедицией с целью определения характера аномалии изучались ее южный угол и прилегающая к нему территория. Множество мелких отдельных объектов, выявленных в рамках раскопа, геофизическими методами выделены не были. В рамках раскопа XLIV выявлены руины крупного кирпичного здания с остатками цоколя, а также отдельные фрагменты конструкций из кирпичной кладки, скрепленной илесто-известковым раствором. Всплески магнитного поля в пределах  $\pm 50$  Тл/м были зафиксированы в местах нахождения кирпичных кладок и их развалов, отдельных кирпичей, угля и золы.

В представленной методике применения магнитометрия и георадиолокация оказались достаточно результативны. Получена новая информация о предполагаемой планировке археологических объектов, расположенных рядом с центральным сооружением. Подтвердилась возможность интерпретировать геофизические данные с приемлемой детализацией. К сожалению, мелкие объекты примененной методикой не выявляются. Георадар выявил изменения под поверхностью исследования, которые связаны с завалами сооружения. Тем не менее геофизические методы как часть комплексного исследования на территории Билярского городища позволили с высокой степенью детализации картировать структуру и план древней застройки памятника на большой площади. Эти методы дали возможность получить новую и уточнить старую информацию о памятнике на

площади на порядок большей, чем возможно было бы исследовать археологическими методами<sup>218</sup>.

В 2017 и 2018 годах Институтом археологии им. А. Х. Халикова АН РТ были продолжены комплексные геофизические исследования Билярского городища. Они проводились в рамках гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (Конкурс НШ – 2016) «Процессы урбанизации и градостроительства в Поволжье (X–XVI вв.)». В ходе работ для проведения съемки были разбиты участки № 6–19 комплексных геофизических исследований, которые смыкаются с границами участков геофизического исследования 2015 г. и образуют единую площадку к северо-западу от современной дороги (рис. 57). Разметка производилась с опорой на разметку участков 2015 года. Для исследований применялись магнитометр ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля и одноканальный георадар с антеннами 300 МГц. Методика геофизических исследований на основной площади для магнитометрии представляла непрерывную съемку с временем полного цикла измерения вертикального градиента 0,5 сек. Сеть измерений 0,5×0,5 м. Чувствительность комплекса +/- 0,05 нТл/м при среднем магнитном поле региона 54 000 нТл. На участке № 16 выполнялась поточечная съемка с циклом единичного измерения 3 сек. и сетью измерений 0,5×0,5 м. Чувствительность комплекса +/-0,05 нТл/м. Магнитометрией исследовалось восемь участков общей площадью 15 450 кв. м. Всего было произведено 58 908 физических наблюдений магнитного поля. Результат магнитометрического исследования представлен в виде цветового распределения вертикального градиента магнитного поля и прорисовки границ изменений магнитного поля, маркирующих контрастные в магнитном плане объекты (рис. 57, 58). Шаг изменения цвета подобран в 2 либо 1 нТл/м на значениях, близких к средним. Пределы цветового отображения +/-100 нТл/м.

---

<sup>218</sup> Шакиров З. Г., Бездудный В. Г. Использование дистанционных методов выявления древних объектов и соотнесение их результатов с материалами раскопок (на примере Билярского городища) // Этнос и культуры Урало-Поволжья: история и современность: материалы Юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых / Отв. ред. А. Т. Ахатов. – Уфа : ИЭИ УНЦ РАН, 2016. С. 225–228.

Всего георадаром исследовалось шесть участков общей площадью 10 450 кв. м, на участках геофизических исследований выполнено **20 900** метров георадарных профилей. По окончании исследований была проведена обработка полученных георадарных данных, построены радарограммы, которые затем объединялись в послойные планы на различные расчетные глубины исследования – 0,5–0,9 м. По окончании съемки проведена прорисовка выявленных изменений в грунте и их объединение на всем диапазоне исследования по глубине (рис. 59, 60). После чего эти результаты объединены с результатами магнитометрии (рис. 58). Для проверки возможностей повышения качества результатов магнитометрии нами был размечен участок № 16 (20×20 м), перекрывавший участки № 6 и 7. На нем проведены пошаговые измерения. Поточечная съемка на данном памятнике оказалась более время- и трудозатратна. Тем не менее значимого улучшения результатов зафиксировано не было (рис. 61). С этой же целью был размечен и участок № 17 (20×20 м), который перекрывал те же участки № 6 и 7. На нем проведены георадарные исследования с профилями через 0,25 м. Увеличение плотности георадарных профилей в два раза на данных объектах без дополнительной подготовки поверхности также не дало существенных преимуществ (рис. 62).

Раскопки 2015 года подтвердили действенность методики анализа результатов геофизических исследований. Подтверждена раскопками прорисовка контуров одного из общественных сооружений – бани. Подтвердилась плотная квартальная система застройки данной части городища с системой специально оборудованных улиц (городских дорог), вероятнее всего с подсыпками и водотоками/арыками по краю. В границы исследования попало не менее четырех отдельных усадеб / кварталов. В южной части исследованной площадки выявлена отдельная зона, окруженная дорожками / улочками. Эта зона состоит из большого количества остатков строительных конструкций в пределах изменения магнитного поля +/-45 нТл. Остатки конструкций упорядочены, вероятнее всего, это остатки сооружения (возможно, нескольких) с очень сложной внутренней структурой. Определение функционального

назначения данной зоны на данном этапе (без дополнительных исследований) затруднено. В центральной части исследованной площади выделяется отдельная зона, ориентированная на северо-запад – юго-восток. Она ограничена дорожками/улицами. Зона делится на несколько частей. С юга четко прослеживаются несколько сильных всплесков магнитного поля до значений  $\pm 1800$  нТл/м. Их зона измененного магнитного поля достигает ширины 10–12 метров. Эти изменения магнитного поля, как оказалось, были вызваны двумя вертикально вбитыми современными металлическими швеллерами. К северо-западу от всплесков расположены зоны, которые характеризуются изменениями магнитного поля  $\pm 2,5$  нТл/м. На западе и востоке общей площади исследования зафиксированы, вероятно, части еще нескольких усадеб. Они включают в себя общие зоны и отдельные объекты с изменениями магнитного поля в пределах от  $\pm 5$  нТл/м до  $\pm 18$  нТл/м. В отличие от южной части участков исследования, средние значения амплитуд градиента магнитного поля на территории этих усадеб снижаются. Подтвердилась возможность интерпретировать геофизические данные с приемлемой детализацией. Выявлено несколько усадеб / кварталов разного функционального назначения. Часть культурного слоя города к югу и юго-востоку от раскопа 2015 года более контрастна в магнитном плане, чем те, что расположены на север, запад и северо-восток. Значения, достигающие до  $\pm 50$  нТл/м, могут свидетельствовать о наличии на юге остатков кирпичных сооружений. Очень сильные точечные всплески магнитного поля маркировали наличие металла современного происхождения, который был зафиксирован при раскопках 2022 года. Часть выявленных магнитометрией улиц с «канавами / арыками» читается и в рельефе. 2017 и 2018 годы позволили продолжить изучать структуру и план древней застройки памятника.

В 2022 было продолжено изучение Билярского городища силами сотрудников Института археологии им. А. Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан. В ходе работ проводилось расширение площади геофизических исследования на северо-восток от участков 2015–2018 годов с

применением уже отработанной методики магнитометрических исследований, анализа и интерпретации результата. Выбор участков осуществлялся с учетом микрорельефа и данных исследований прошлых лет. Коррекцию при разметке внесла действующая линия ВЭЛ-200. Участки магнитометрических исследований № 16–28 2022 года смыкаются границами и образуют единую площадку севернее участков геофизического исследования предыдущих лет, частично перекрывая ее (рис. 63). Магнитометрией исследовано двенадцать участков общей площадью 50 000 кв. м. Было проведено 172 703 физических наблюдений на участках геофизических исследований. Результат магнитометрического исследования представлен в виде цветового и черно-белого распределения вертикального градиента магнитного поля. Белым цветом маркируется среднее магнитное поле на участках. Синий и красный, а также их градации – отклонения от среднего. В черно-белом варианте представления эти отклонения показаны градациями от белого к черному (рис. 64, 65). Шаг изменения магнитного поля в цвет подобран в 2 либо 1 нТл/м, на значениях близких к средним. Пределы цветового отображения  $\pm 100$  нТл/м. Для оценки достоверности полученных данных проведено сравнение результатов магнитометрии предыдущих лет и результатов магнитометрии 2022 года (рис. 66). Прорисовка изменений градиента магнитного поля производилась по сведенной магнитограмме за весь период магнитометрических исследований. Проходящая через территорию городища действующая ВЭЛ-200 дает засветку для магнитометрии на 25 м от оси ВЭЛ (рис. 67).

Анализ данных, полученных при исследовании Билярского городища (рис. 67), позволяет утверждать, что при помощи магнитометрии на исследованных участках удалось зафиксировать остатки комплекса упорядоченных сооружений. Раскопки 2015 года подтверждают методику анализа результатов геофизических исследований. Раскопана часть отдельного сооружения общественного сооружения – бани. Выявлена система улиц (городских дорог). Вероятнее всего, они благоустроены подсыпками и водотоками. В южной части исследованной площадки выявлена отдельная зона,

окруженная улицами. В этой зоне фиксируется больше количество упорядоченных остатков строительных конструкций. Вероятнее всего, они представляют собой остатки сооружения (возможно, нескольких) с очень сложной внутренней структурой. Интерпретация функционального назначения этой зоны без дополнительных исследований затруднена.

В юго-западной части исследованной площади выделяется отдельная зона (квартал или усадьба), ориентированная на северо-запад – юго-восток. Она ограничена дорожками/улицами и условно делится на несколько частей. В ней расположены несколько сооружений, назначение которых не ясно. На западе и северо-западе общей площади исследования зафиксированы, вероятно, части еще минимум восьми отдельных зон. Некоторые из которых, предположительно, являются отдельными усадьбами, состоящими из отдельных объектов и общих зон измененного магнитного поля. Следует отметить, что средние значения градиента магнитного поля на объектах и общих зонах этих усадеб снижается, что косвенно может говорить о непроизводственном характере зон и сооружений. Распределение границ изменённого магнитного поля, а значит и объектов, показывает, что к северу от изученной при помощи геофизики территории плотность объектов падает. Этот факт может косвенно свидетельствовать о начале завершения усадебной упорядоченной застройки данной части городища. Не исключен вариант, что признаки, фиксирующиеся изменениями магнитного поля, могут говорить о смене характера сооружений и их функционального назначения. Обе эти гипотезы требуют проверки. Можно резюмировать, что выявлена структура застройки исследованной части городища в ее развитии: от упорядоченной системы кварталов, усадеб и общественных сооружений, улиц до отдельных усадеб и/или скопления сооружений вне упорядоченной системы. Можно предполагать, что пока не исследованные части городища также были освоены неравномерно, с наличием зон устоявшейся квартально-усадебной застройки и еще формирующихся таких зон.

## 4.2. Застройка средневекового Болгара по результатам геофизических изысканий

Одной из показательных площадок геофизических исследований Болгарского городища стал район раскопа СХСIV. В 2013 году в юго-восточной части Болгарского городища (на ЮЮВ от Малого минарета и Ханской усыпальницы) были исследованы остатки каменного здания. На сводном плане Н. Ф. Калинина здание обозначено как объект № 25<sup>219</sup>. По результатам раскопок известно, что хозяйственное освоение этого района Болгарского городища началось со 2-й пол. XIII в. С этого времени и до 30-х гг. XIV в. здесь существовало деревянное строение с каном (традиционная система отопления дома), которое погибло в пожаре. Каменное здание на этом месте возвели не ранее 1340-х гг., и оно функционировало до 60-х годов XIV в. Его фундамент позднее был разобран на вторичные стройматериалы, но планировка здания читается по хорошо сохранившимся контурам траншей выборки.

По мнению М. Д. Полубояриновой, район, где найдены дома с канами (юго-восточная часть Болгарского городища), являлся местом компактного проживания монгольской администрации. Именно к этому району территориально тяготеет изученная на раскопе СХСIV усадьба, где до 60-х гг. XIV в., сменяя друг друга, бытовали два дома с аналогичным отоплением. После 1360-х гг. участок был заброшен и стал окрестностью находившегося неподалеку кладбища. В раскопе выявлены погребения с обломками архитектурных деталей разрушенного здания в заполнении<sup>220</sup>. В этом же районе, северо-восточнее, было исследовано три мавзолея (№ 1, 2, 4), которые к настоящему времени музеефицированы. Появление здесь мавзолеев № 1, 2, 4 можно датировать второй половиной XIV в. или началом XV в. Здесь выявлен домонгольский слой второй половины XIII в., который насыщен культурными остатками и следами хозяйственных построек. Интенсивное хозяйственное освоение этой территории

<sup>219</sup> Зоря Р. С., Ситдигов А. Г. Н. Ф. Калинин: изучение и сохранение историко-археологического наследия Болгарского городища // Археология Евразийских степей. 2021. № 2. С. 348–350.

<sup>220</sup> Волков И. В., Лопан О. В., Ситдигов А. Г. Исследования на раскопе СХСIV в юго-восточной части Болгарского городища // Поволжская археология. 2023. № 2 (44). С. 204.

происходит с конца XIII – начала XIV вв. до «Великой замятни» 1361 г. Признаков возрождения жилых кварталов после 1361 г. не выявлено. Мавзолеи возведены уже на пустыре<sup>221</sup>.

Большая работа по геофизическим исследованиям Болгарского городища проводилась в 2011–2015 гг. сотрудниками Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Б. М. Насыртдиновым, Д. И. Хасановым, В. В. Георгиевым (г. Казань). В ходе исследований удалось локализовать более двух десятков аномалий, которые были связаны с остатками каменных и кирпичных сооружений. В том числе геофизически исследован и объект № 25 по сводному плану Н. Ф. Калинина<sup>222</sup>.

Полученные в ходе геофизического обследования данные успешно использовались в археологическом исследовании на раскопе СХСIV 2013 года. Археологически установлено, что в данном районе с конца XIII в. и до «Великой замятни» 1361 г. происходило интенсивное хозяйственное освоение этой территории. В районе проживания монгольской администрации велось строительство каменных зданий. Это предполагает наличие в районе раскопа № 194 остатков сооружений, синхронных по времени раскопанному. Наличие в раскопе № 194 погребений, которые появились в этом районе после 1361 года, подразумевает использование для могильника места, пустовавшего на тот момент. С учетом мавзолеев № 1, 2, 4 северо-восточнее, можно предполагать наличие их остатков около раскопа № 194.

Целью этих исследований было выявить полностью распаханные объекты и зафиксировать их планиграфию при помощи неразрушающих методов (рис. 69). В 2017 году восточнее раскопа № 194 начались комплексные геофизические исследования. Исследования проводились в несколько этапов. Каждый последующий этап основывался на предварительных результатах предыдущего (рис. 70). Для первого этапа была размечена площадь 1 га. Магнитометр и

---

<sup>221</sup> Аксенова Н. Д. Археологическое изучение мавзолеев юго-восточной и южной частей города Болгара // Город Болгар: Монументальное строительство, архитектура, благоустройство / Отв. ред. Г.А. Федоров-Давыдов. М.: Наука, 2001. С. 211–217.

<sup>222</sup> Насыртдинов Б. М., Хасанов Д. И., Георгиев В. В. Результаты детальных магниторазведочных исследований на территории Болгарского городища в 2012–2015 гг. // Поволжская археология. 2017. № 4 (22). С. 36–40.

георадар применялись на одной площадке, дублируя друг друга. Проведено 34 298 наблюдений магнитного поля и выполнено 20 000 м георадарных профилей. Для магнитометрических исследований применялся магнитометр ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля. Применялась методика непрерывных измерений с временем одного полного цикла единичного измерения 0,5 сек. и сетью измерений 0,5×0,5 м. Она позволила добиться чувствительности прибора в пределах  $\pm 0,05$  нТл/м. Среднее магнитное поле региона 54 000 нТл. Поверхность памятника на момент начала исследований была покрыта редкой сухой травой и специальной подготовки не потребовала. Результат магнитометрического исследования представлен в виде цветового распределения вертикального градиента магнитного поля и прорисовки границ изменений магнитного поля, которые маркируют контрастные в магнитном плане объекты. (рис. 71). Белым цветом маркируется среднее магнитное поле. Синий и красный, а также их градации – отклонения от среднего. Шаг изменения цвета подобран в 2 либо 1 нТл/м на значениях, близких к средним. Пределы цветового отображения  $\pm 50$  нТл/м. Для георадарного исследования применялся одноканальный георадар с антеннами 200 МГц. Результатом георадарного исследования стало преобразование радарограмм в послойные планы на расчетные глубины (рис. 72, 73, 74). Послойные планы даны с прорисовкой выявленных изменений под поверхностью исследования. Общим результатом геофизических исследований первого этапа в 2017 году было создание планов участков геофизических исследований с прорисовками границ предполагаемых археологических объектов (рис. 75). В 2018 году исследования при помощи магнитометрии и георадиолокации были продолжены. Для второго этапа была размечена площадь 6250 кв. м. Исследуемые участки располагались восточнее раскопа № 194 (рис. 76). Поверхность участков отдельной подготовки не потребовала. Территория последовательно сканировалась при помощи георадара и при помощи магнитометра. Произведено 17 945 наблюдений магнитного поля и выполнено 12 500 м георадарных профилей. Для магнитометрических исследований применялся магнитометр ПОС-2 в режиме

измерений вертикального градиента магнитного поля. Методика – режим непрерывных измерений с временем одного полного цикла единичного измерения 0,5 сек. и сетью измерений 0,5×0,5 м. Чувствительность прибора в пределах +/-0,05 нТл/м. Среднее магнитное поле региона 54 000 нТл. Результат магнитометрического исследования представлен в виде цветового распределения вертикального градиента магнитного поля и прорисовки границ изменений магнитного поля, маркирующих контрастные в магнитном плане объекты. Шаг изменения цвета подобран в 2 либо 1 нТл/м на значениях, близких к средним. Пределы цветового отображения +/-50 нТл/м (рис. 77). Прорисованы выявленные границы изменений магнитного поля (рис. 78). Для георадарного исследования применялся одноканальный георадар с антеннами 200 МГц. Профили параллельных георадарных проходов выполнялись через 0,5 м. Измерения по профилю прохода в непрерывном режиме через 0,05 м. Результатом георадарного исследования стало преобразование радарограмм в послойные планы на расчетные глубины (рис. 79). Послойные планы даны с прорисовкой выявленных изменений под поверхностью исследования.

Общим результатом геофизических исследований первого и второго этапа этапов (в 2017 и 2018 годах) стали планы обследованных участков с прорисовками границ предполагаемых археологических объектов (рис. 80).

Третий этап исследований продолжился 2018 году. Продолжено применение магнитометрии и георадарного исследования. Для третьего этапа размечена площадь 1,5 га. Поверхность участков отдельной подготовки не потребовала. Участки, исследовавшиеся на этом этапе, были расположены западнее и севернее раскопа № 194. Поверхность не требовала дополнительной подготовки. Территория последовательно сканировалась при помощи георадара и при помощи магнитометра. Произведено 52 328 наблюдений магнитного поля и выполнено 30 000 м георадарных профилей. Для магнитометрических исследований использовался магнитометр ПОС-2 в режиме измерений вертикального градиента магнитного поля. Применялся режим непрерывных измерений с временем одного полного цикла единичного измерения 0,5 сек. и

сетью измерений  $0,5 \times 0,5$  м. Чувствительность прибора в пределах  $\pm 0,05$  нТл/м. Результат магнитометрического исследования представлен в виде цветового распределения вертикального градиента магнитного поля и прорисовки границ изменений магнитного поля, маркирующих контрастные в магнитном плане объекты. Шаг изменения цвета подобран в 2 либо 1 нТл/м на значениях, близких к средним. Пределы цветового отображения  $\pm 50$  нТл/м (рис. 81). Прорисованы выявленные границы изменений магнитного поля (рис. 82). Анализ полученного магнитометрией результата проведен на основе выявленных изменений магнитного поля. Критериями деления на группы являлись максимальные пределы изменений магнитного поля в нТл/м (рис. 83). Выявленные пятна изменений магнитного поля были скомпонованы в несколько групп. Первая из них характеризуется колебаниями значений магнитного поля 1–4 нТл/м, вторая – 5–10 нТл/м; следующая группа – 10–20 нТл/м, и отдельная группа со значениями более 20 нТл/м (табл. № 5).

Таблица № 5. Значения изменений магнитного поля на выявленных объектах Болгарского городища (район раскопа № 194)

Номер группы объектов	Пределы изменений магнитного поля объекта, нТл/м	Номера объектов
1	2 нТл/м	№ 3, 10, 11, 13, 17, 31, 32
	3 нТл/м	№ 12, 19.1, 21, 45, 51, 52
	4 нТл/м	№ 34
2	5–6 нТл/м	№ 5, 35, 38.1, 43.1, 47, 48
	7–8 нТл/м	№ 15, 16, 20, 22,
3	10–16 нТл/м	№ 1, 4, 8, 14, 18, 19, 21.1, 23–29, 49, 50
	18–20 нТл/м	№ 6, 9, 38
4	15–25 нТл/м	№ 7, 8, 9, 18, 33, 37, 44
	30–50 и более нТл/м	№ 2, 30, 36, 39, 40–43, 46

В группах 3 и 4 содержатся объекты, связанные с сильной намагниченностью. Причем больше вероятность наличия сооружений, содержащих остатки объектов термообработки, у четвертой группы (места горения с сильной интенсивностью). Группа 3, вероятнее всего, содержит объекты с уже готовыми обожженными изделиями (кирпич, обмазка, шлаки и т. д.). Значения группы 2 характерны для стандартных сооружений и развалов сооружений с небольшим количеством жженого кирпича, ям, котлованов и прочих, не слишком изменённых в магнитном плане объектов. Группа 1 – самая сложно определяемая, т. к. значения намагниченности входящих в нее объектов находятся около уровня погрешности измерений. Эта группа требует дополнительной проверки, но очень важна, если ее удастся выделить на участках с кратковременной и/или небольшой по интенсивности хозяйственной деятельностью человека.

Для георадарного исследования применялся одноканальный георадар с антеннами 200 МГц. Профили параллельных георадарных проходов выполнялись через 0,5 м. Измерения по профилю прохода в непрерывном режиме через 0,05 м. Результатом георадарного исследования стало преобразование радарограмм в послойные планы на расчетные глубины (рис. 84, 85, 86). Послойные планы даны с прорисовкой выявленных изменений под поверхностью исследования.

Общим результатом геофизических исследований всех этапов 2017 и 2018 гг. стали планы исследованных участков с прорисовками изменений физических свойств культурного слоя, отражающие в первую очередь отдельные археологические объекты (рис. 87).

Планиграфический анализ полученных результатов исследований Болгарского городища (района раскопа № 194) позволяет говорить о корреляции результатов магнитометрии и георадара. В рамках исследованной территории прослеживается упорядоченная структура средневековой застройки, возможно усадебной планировки. Сравнение и анализ результатов магнитометрии и георадиолокации позволяет предположить, что удалось зафиксировать элементы

строений и отдельных конструкций. В рамках участков исследования зафиксированы два сооружения, которые частично перекрывают друг друга. Ориентировка и размеры северного сооружения похожи на ориентировку и размеры мавзолеев № 1, 2, 4, расположенных севернее площадки исследования. К западу от предполагаемого мавзолея зафиксирован ряд изменений в грунте, все они относительно небольшого размера. Возможно, это зафиксированы погребения либо небольшие склепы. Проведена дифференциация объектов по величинам изменения их магнитного поля и последующий анализ полученных групп (таблица № 5). Выделено несколько комплексов объектов, связанных с сильным горением, возможно состоящих из элементов, подвергшихся обжигу, и объектов с относительно небольшими изменениями магнитного поля, образование которых не связано с высокими температурами. На большой площади городища прослежено два этапа развития городской застройки этой части памятника. Нижний горизонт относится к интенсивному хозяйственному освоению этой территории. Данные геофизики, так же как данные раскопа № 194, подтверждают наличие усадеб с упорядоченными в плане сооружениями. Верхний горизонт перекрыт могильником, который состоит из отдельных погребений и остатков мавзолеев.

#### **4.3. Методы реконструкции средневековой городской застройки на основе анализа комплексных данных неразрушающих методов**

Изучение археологического памятника предполагает движение от выявления, получения характеристик и изучения отдельной находки, объекта к их комплексу, общности и обобщению – от частного к общему. В этом процессе происходит анализ и выделение единых черт, характеристик, классификация и их пространственное распределение. Методы ДЗ в первую очередь подразумевают анализ от общего к частному: рассмотрение общих космоснимков, аэрофото-, ЦММ на основе ортофотопланов, самих ортофотопланов, их анализ и вычленение отдельных выделяющихся элементов, которые относятся к отдельным объектам. Геодезия и программы ГИС являются

связующим звеном для совмещения таких подходов. Объединение множества отдельных артефактов (объектов) с сантиметровой точностью в пространстве позволит изучать и анализировать крупные археологические структуры. В то же время существует обратный процесс. Возможность изучения и анализа памятника большой площадью с выделением отдельных элементов и возможностью определения их и локализации на местности с точностью до десятка сантиметров. По мнению Сары Х. Паркак, дистанционное зондирование – это, по необходимости, подход «сверху вниз», в то время как поиск археологических данных для поддержки моделей – «снизу вверх»<sup>223</sup>.

Исходя из разрешающей способности применяемых геофизических методов, сети исследования, геофизические методы занимают промежуточное, объединяющее положение между этими двумя подходами. На общей магнитограмме возможно выделять отдельные объекты и их элементы с точностью от 0,5 м. Определять их структуры и взаимное расположение, проводить анализ. Меняя методику геофизического исследования, можно переходить к разрешающей способности аппаратуры в 0,1 м, что позволяет уже исследовать отдельные объекты с возможностью их реконструкции и моделирования с высокой степенью достоверности, и потом опять возвращаться к общему от частного.

При пространственном анализе в данной работе можно выделить несколько уровней изучения. Макроуровень, когда данные дистанционного зондирования (далее – ДЗ) использовались для исследования общих систем или структур с учетом наличия растительности и рельефа, в рамках всего или достаточно значимой по площади части памятника, а также отдельных объектов на местности. На этом уровне достаточно пространственное разрешение отдельных объектов от нескольких метров. Микроуровень, когда определяются границы и детализация самих объектов. Методика ДЗ микроуровня подразумевает возможность выявления отдельных деталей размерами не менее 0,5 м. С развитием аппаратных комплексов ДЗ космических и аэроносителей

---

<sup>223</sup> Sarah H. Routledge. *Satellite remote sensing for archaeology*. New York, 2009. P. 9.

(включая БПЛА) и прогрессом программного обеспечения сближаются границы макро- и микроуровней исследования. На базе одного источника информации появились возможности изучения памятника как на макро-, так и на микроуровне. Если в начале применения данных космической съемки в исследовании археологических памятников разрешение снимка было от 20 метров на пиксель и более, то к данному моменту возможности разрешения достигают 1 м на пиксель. Можно говорить о возможности применения космоснимков для выявления отдельных деталей объектов на поверхности (по пространственному разрешению) размерами от нескольких метров. Данные программного обеспечения картографических веб-сервисов на данный момент позволяют определять истинную координату визуально видимой точки на космоснимке с погрешностью до четырех метров.

Результаты ДЗ на БПЛА-носителях и применение высокоточных способов фиксации и разметки точек на местности позволяют получать точность локализации до 0,05 м. Так как геофизика в основном применялась с сетью измерений  $0,5 \times 0,5$  м на основной площади и  $0,25 \times 0,5$  в отдельных случаях, в комплексном анализе данных ДЗ в представляемом исследовании геофизический метод занимает более детальную позицию по разрешающей способности по отношению к ресурсам космоснимков. В то же время топоплан с отражением микрорельефа, с горизонталями, отражающими реальный микрорельеф через 0,05 м, позволяет уточнять уже детали выявленных геофизикой структур.

Взаимное увязывание данных геофизики и данных ДЗ данного исследования в общую систему производилось на основе геодезических данных через относительные (обязательно пространственно-ориентированные) либо абсолютные системы координат.

В справочнике стандартных (нормативных) терминов (Издание 2-е переработанное и дополненное) дистанционное зондирование определяется как процесс получения информации о поверхности Земли путем наблюдения и измерения из космоса собственного и отраженного излучения элементов суши, океана и атмосферы в различных диапазонах электромагнитных волн в целях

определения местонахождения, описания характера и временной изменчивости естественных природных параметров и явлений, природных ресурсов, окружающей среды, а также антропогенных факторов и образований<sup>224 225</sup>. Согласно этому определению, подразумевается применение только информации с космических носителей аппаратуры.

Большинство современных исследователей понимает под дистанционным зондированием неконтактное изучение поверхности Земли и приповерхностного слоя почвы, объектов на ней и процессов изменений на поверхности путем регистрации и анализа их собственного или отраженного электромагнитного излучения. Изучение и регистрация данных выполняется при помощи аппаратуры на земной поверхности, при помощи аэро- и космических носителей<sup>226</sup>.

Таким образом, исходя из более расширенной трактовки, по своей сути метода исследования, геофизические исследования являются составной частью комплексного дистанционного зондирования. Целью ДЗ является определение местонахождения, описания характера и временной изменчивости естественных природных параметров и явлений, а также антропогенных факторов и образований. Пространственно-ориентированное взаимное расположение объектов – основа для анализа данных ДЗ, включая геофизические. Общая структура и теоретические основы пространственного анализа нашло отражение как в учебных пособиях, так отдельных работах<sup>227 228</sup>.

Для решения информационных и сравнительных задач при сборе, обработке, анализе, моделировании и отображении полученных геофизических данных использовалась цифровая картографическая и аналоговая информация о земной поверхности. При применении комплекса методов в приведенных

---

<sup>224</sup> Постановление Правительства РФ № 370 от 10.06.2005.

<sup>225</sup> Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные. Справочник стандартных (нормативных) терминов / Под. ред. В.Г. Плешкова, Г.Г. Побединского / Изд. 2 е, перераб. и доп. М., 2015. С. 73, 101.

<sup>226</sup> Коробов Д. С. Основы геоинформатики в археологии: учебное пособие. М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. С. 111.

<sup>227</sup> Гарбузов Г. П. Археология ландшафтов и геоинформатика: теоретические аспекты взаимоотношений // Археология и информатика. 2007. Вып. 4.

<sup>228</sup> Коробов Д. С. 2011. Указ. соч. С. 111.

исследованиях использовалась возможность поиска, определения и выноса на местности точек по определенным на космоснимке, фотоплане координатам. Фиксация углов участков геофизических исследований в абсолютной системе координат либо относительно выбранного репера существенно облегчила восстановление разметки участков предыдущих исследований с высокой точностью для продолжения исследований через продолжительный период времени, позволила находить любую интересующую исследователя точку в рамках площади исследования памятника через ее координату.

В представленном исследовании при анализе полученных результатов геофизических исследований привлекались такие результаты дистанционных методов зондирования, как: космоснимки с ресурсов Google Earth Pro и «SAS.Планета»; данные архивной аэрофотосъемки; ортофотопланы на базе БПЛА-съемки, цифровые модели местности (ЦММ) на основе ортофото- и лидарных технологий; а также топо- и микро топопланы поверхностей изучаемой территории памятников, полученные при помощи геодезической съемки.

С конца 60-х – начала 70-х годов XX века в археологических исследованиях широко применяются космоснимки, которые по возможностям пространственного разрешения к нашему времени практически сравнялись с аэрофотосъемкой высокого разрешения. Итальянский исследователь Данелли выделяет современный этап использования спутниковых снимков как «этап спутниковой съемки высокого разрешения». По его мнению, этому этапу предшествовали этап экспериментов, когда делались первые снимки с околоземной орбиты и впоследствии использовались в научных целях, и этап рассекречивания, когда ранее сверхсекретные снимки стали доступными для широкого круга заинтересованных лиц. В своих работах он подробно классифицирует снимки в зависимости от отдельных спутников, местоположения археологических зон и разрешению. Наряду с высоким разрешением, достоинством применения космоснимков может быть использование архивных снимков «доиндустриальной эпохи» для отслеживания

динамики изменений на территории археологических памятников за последние десятилетия<sup>229</sup>. Примером классификации и анализа в применении архивных космоснимков для археологических исследований может служить использование данных спутников CORONA (США)<sup>230</sup>.

Большое внимание теме применения космоснимков и других инструментов ДЗ в археологии уделила группа археолого-географических информационных систем (АГИС) Института археологии РАН РФ, г. Москва. С 2003 года проводятся регулярные международные конференции «Археология и геоинформатика».

Оценкой эффективности тех или иных методов геофизики в первую очередь становится сравнение с результатами раскопок этой же части памятника. Насколько соотносятся выводы, сделанные на основании геофизических или иных методов исследования, с результатами раскопок, настолько возможно экстраполировать эти выводы на еще не раскопанную его часть. Один из первых опытов комплексного подхода с применением геофизики, микротопоплана в сравнении с результатами раскопок на небольшой площади памятника относится к исследованию части Водянского городища в 2010. Результаты исследований содержатся в отчете А. С. Лапшина и опубликованы в монографии А. С. Лапшина и Е. М. Мыськова<sup>231 232</sup>.

Во время проведения геофизических исследований обратила на себя внимание микрозападина на месте тогда еще не раскопанной землянки. Часть котлована сооружения визуально читалась в обрыве берега река Волги. Сделан микротопоплан участка при помощи нивелира, выстроены микрорельеф с горизонталями 0,02 м, с отражением перепада высот в цвете (рис. 88–90).

<sup>229</sup> Danelli D. High Resolution Satellite Imagery and archaeology: a theoretical approach. // Археология и геоинформатика, 2019. Вып. 9. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/egis/AGIS-9/> (дата обращения 10.03.2023).

<sup>230</sup> Жуковский М. О. Использование данных спутников CORONA в археологических исследованиях // Археология и информатика. 2010. Вып. 6. URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/egis/AGIS-6/Zhukovsky/page1.html> (дата обращения 26.12.2025).

<sup>231</sup> Лапшин А. С. Отчёт об археологических исследованиях, проведенных Волго-Ахтубинской археологической экспедицией на Водянском городище у г. Дубовки Волгоградской области в 2010 году. Том 1, 2. // Архив ВОКМ. № 278, 278а; Архив НИЛИМК ВГСПУ. Прилож. С. 172–204 (том 1).

<sup>232</sup> Лапшин А. С., Мысков Е. П. Исследования на Водянском городище в 2010–2011 гг. Волгоград. 2011. С. 9.

Сравнение результата магнитометрии и георадарной съемки, а также изменений микрорельефа с контуром сооружения, выявленного раскопом, показало, что все перечисленные методы исследования археологического объекта по-своему отразили наличие в этом месте археологического объекта. Остатки отдельного сооружения, которое фиксируются геофизическими методами, также может отражаться в микрорельефе, т. е. создание микропоплана с истинными горизонталями в 0,02–0,1 м и его сравнительный анализ с результатами геофизических исследований потенциально дает комплекс дополнительной информации о памятнике и может применяться как методика на других памятниках и объектах. Еще одним результатом такого подхода стал вывод о том, что в рамках комплексного геофизического исследования только тестовые измерения при помощи магнитометрии и георадара небольшого участка могут показать, насколько успешнее та или иная методика на данном памятнике. На данном объекте успешнее показал себя георадар. Ярким примером применения тестовых измерения разными геофизическими методами может служить исследование производственной зоны керамического производства Черепняного поля на Селитренном городище. Тестовые исследования 2009 года показали, что уже возможности магнитометрии по выявлению, локализации и детализации элементов керамического производства выше у магнитометрии (рис. 91). Раскоп XLIV в 2012 году это подтвердил. Сравнение линейных размеров элементов топочной части горна после раскопа и размеров его отражения на магнитограмме дало информацию о поправках для оценки истинных размеров горнов без проведения вскрытия. Методика и детали анализа результатов раскопок и геофизических исследований подробно рассмотрены в работе Е. М. Пигарева<sup>233</sup>.

Получены значения изменений магнитного поля на объекте с неразрушенной топочной частью, которые стали эталонными для выявления и доказательства наличия аналогичных объектов под поверхностью на данной части памятника. Крайне изрезанный микрорельеф этой части памятника,

---

<sup>233</sup> Пигарёв Е. М. Черепяное поле. Селитренное городище // Материалы и исследования по археологии Поволжья. В. 14. Йошкар-Ола. 2022. С. 33.

наличие канав, отвалов, бугров и других следов человеческой деятельности затруднили применение георадара на большой площади.

Применение и комплекса геофизических методов при изучении керамического производства в районе озера Галанка дало интересный результат<sup>234</sup>.

Для уточнения и детализации результатов площадной магнитометрической съемки исследовался небольшой участок с многокамерным горном тремя геофизическими методами: георадаром, электроразведкой (методом СГ) и магнитометрией. Георадарные исследования и электроразведка на участке проводились при поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета под руководством К. И. Бредникова. При проведении электроразведки измерения проводились аппаратурой, приобретенной по программе развития КФУ. На участке работ методом СГ была выделена кольцевая высокоомная аномалия диаметром до 3 м. Южная часть площадки оказалась высокоомна, северная часть, напротив, более низкоомна. На этом контакте и обнаружилась высокоомная кольцевая аномалия (рис. 92).

На участке георадиолокационных исследований в интервале расчетных глубин 0,5–1,5 м выделилось несколько отдельных концентрических аномалий волнового поля, такие отражения интерпретированы как остатки горнов.

При детальном исследовании многокамерного горна южнее озера Галанка максимальное количество данных предоставила магнитометрия. Данные других методов исследования горна использовались как вспомогательные (дополняющие). Полученной детализации оказалось достаточно для реконструкции-моделирования археологического объекта производства без раскопок.

В рамках объекта № 1 зафиксированы остатки жилого сооружения с печью либо несколько небольших горнов с их рабочей зоной. Выявленный

---

<sup>234</sup> Бездудный В. Г., Ситдилов А. Г. Комплексное геофизическое исследование участка Болгарского городища // Российская археология. 2019. № 3. С. 105–114.

комплекс объектов № 2 состоит из сложного многокамерного горна (с четырьмя камерами обжига) и общей притопочной ямы, а также рабочей зоны производства. Причем в западной части комплекса находится отдельный горн, который тоже включен в единый производственный комплекс.

Сопоставить размеры, конфигурацию выявленных комплексными геофизическими методами элементов многокамерного горна помогли значения тестовых измерений горнов на Селитренном и Царевских городищах. К примеру, стало ясен размер погрешности в  $\pm 0,25$  м при сравнении истинных размеров горнов и их элементов к его отражению на магнитограмме<sup>235 236</sup> (рис. 91, 93, 94). Окончательные выводы помогли составить результаты раскопа ССХVI (2016 года) на многокамерном горне, показали, что кроме информации о внутренней структуре комплекса при помощи магнитометрии была получена еще информация о степени сохранности самих горнов. (рис. 92). Из-за близкого расположения к поверхности остатков прокаленной части горна часть его остатков сдвинута по бороздам распашки и четко фиксируется магнитометром. Благодаря этой особенности стало возможным оценить степень разрушения конструкций горнов и их близость к поверхности до раскопок. Используя результаты сравнительного анализа и результаты геофизических исследований, а также сравнение реконструированных деталей керамического производства с раскопом, стало возможно применять представленную методику для реконструкции и моделирования аналогичных археологических объектов, не раскапывая их, с высокой степенью достоверности.

На юго-запад от условного берега озера Галанка при помощи магнитометрии (непрерывной площадной съемкой), помимо раскопанного многокамерного горна, выявлено еще две группы всплесков магнитного поля (рис. 95). Величины изменений магнитного поля более  $\pm 150$  нТл/м позволяют говорить о выявлении еще двух многокамерных горнов (трехкамерного и

---

<sup>235</sup> Глухов А. А. Археологические исследования отряда «Гюлистан» в округе Царевского городища в 2011 году // Нижневолжский археологический вестник. Вып. 12. Волгоград: Изд-во Волгоградского ун-та, 2011. С. 224–226.

<sup>236</sup> Пигарев Е. М. Гончарное производство золотоордынского города Сарай (Селитренное городище) // Материалы и исследования по археологии Поволжья; вып. 7: Селитренное городище. – Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2015. С. 208.

двухкамерного). Дополнительную информацию о керамическом комплексе добавляют георадарные исследования. Достаточно четко читаются слабоконтрастные в магнитном плане изменения под поверхностью, которые выражаются в изменениях проницаемости грунта. Путем объединения результатов съемки двумя методами выявляется единая локальная система из трех многокамерных горнов и системы с четкими остатками контуров сопутствующих сооружений. На данный момент исследования пример высокоточного комплексного геофизического исследования многокамерного горна показал возможность применения такого подхода к локализации, детализации с точностью деталей до 0,25 м, а также возможности реконструкции-моделирования комплексов керамических производственных объектов без раскопок.

Применение комплекса геофизических методов магнитометрии и георадара в районе раскопа № 194 Болгарского городища полностью себя оправдало. Оба геофизических метода дополнили и взаимно подтверждают результаты друг друга. Выявлена сложная усадебная система восточнее раскопа № 194, которая читается и магнитометрией, и георадаром при исследовании многослойной части памятника. Удалось проследить остатки погребального сооружения (мавзолея) как отражение еще одного этапа бытования данной территории в виде могильника.

При сравнении с результатами раскопок использование комплекса методов (магнитометрия и георадар) при исследовании Билярского городища показало преимущественную эффективность данных, полученных при помощи магнитометрии<sup>237</sup>.

Несмотря на то, что поверхность территории исследования выположена интенсивной вспашкой, георадаром удалось проследить только верхние

---

<sup>237</sup> Шакиров З. Г., Бездудный В. Г. Использование дистанционных методов выявления древних объектов и соотнесение их результатов с материалами раскопок (на примере Билярского городища) // Этнос и культуры Урало-Поволжья: история и современность: материалы Юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых / Отв. ред. А. Т. Ахатов. Уфа: ИЭИ УНЦ РАН, 2016. С. 225–228.

горизонты памятника. Данные георадара в общем совпадают с результатами магнитометрии, но менее детальны.

Примером комплексирования геофизических и иных методов может служить вынос углов раскопа № ССХVI (2016 года) на Болгарском городище с учетом данных геофизических исследований при помощи тахеометра и систем абсолютного позиционирования. Появилась возможность определения координат других аналогичных, но не раскопанных горнов с высокой точностью. Аналогичная ситуация с определением местоположений горнов на Царевском и Селитренном городищах.

Сравнение результатов магнитометрического исследования с данными визуального поиска на местности и фиксации на плане памятника остатков керамического производства на Черепняном поле Селитренного городища позволило выявить зоны резких изменений магнитного поля, которые связаны с не читаемыми с поверхности остатками керамического производства. Исходя из величин изменений магнитного поля, произведены сепарация по степени сохранности объектов и вынос этих данных на общий план (рис. 96). При этом следует учитывать вероятность фиксации магнитометрией местоположений разборки и/или складирования материалов горнов для вторичного использования. По соотношению количества выявленных всплесков магнитного поля, связанных с производством керамики и визуально читаемыми горнами, плотность объектов керамического производства на Черепяном поле чрезвычайно высокая, что дополнительно подтверждает исключительно производственный характер использования данной территории памятника.

Анализ микрорельефа производственной зоны района озера Галанка Болгарского городища мало информативен в силу интенсивной распашки. Тем не менее выявленные три многокамерных горна и сопутствующие сооружения можно предположительно объединить в единый комплекс по их взаимному и компактному расположению на юго-запад по отношению к береговой черте озера Галанка.

Сравнение результатов магнитометрической съемки Царевского городища и данных ДЗ, а также топоплана на основе ортофотоплана позволяет констатировать наличие развитой сети каналов (арыков), которые во многом использовались для дренажа близко расположенных грунтовых вод (рис. 97–98). Сравнение ориентировки выявленных магнитометрией объектов и арыка позволяет предполагать их одновременное существование в рамках одной усадьбы. Месторасположение всплесков магнитного поля, их взаимная близкая расположенность, а также общая перекрывающая их насыпь, которая читается на ортофотоплане, позволили предположить наличие в этом месте единого комплекса производства. Раскопки горнов 2021 и 2023 годов показали, что археологически зафиксирована часть сложного комплекса керамического производства, причем каждый горн служил для решения отдельной узкоспециализированной стадии изготовления керамики с глазурью. На расстоянии порядка 10 метров к востоку от них магнитометрия зафиксировала всплески магнитного поля, которые также характерны для горнов, но форма предполагаемого объекта керамического производства уже прямоугольная. Прослеживается специализация отдельных элементов производства на небольшой площади. Полученная информация позволяет говорить о фиксации части единой усадьбы, которая включает в себя: арыки, элементы сложного разнопланового высокоспециализированного керамического производства и сопутствующих ему сооружений. Площадь этой усадьбы выходит за рамки участка магнитометрического исследования.

Исследования геофизическими методами района раскопа № 194 Болгарского городища проходили в несколько этапов. Постановка задачи для начала геофизического исследования лежала в попытках выявить погребальные сооружения рядом с объектом № 25 на сводном плане Н. Ф. Калинина<sup>238</sup>, северовосточнее которого находятся три мавзолея (№ 1, 2, 4), которые к настоящему времени исследованы и музеефицированы. Итоги исследования раскопа № 194

---

<sup>238</sup> Зоря Р. С., Ситдигов А. Г. Н. Ф. Калинин: изучение и сохранение историко-археологического наследия болгарского городища // Археология Евразийских степей. 2021. № 2. С. 348–350.

показали достаточно плотное хозяйственное освоение данной территории до «Великой замятни» 1361 г., что подтверждается результатами геофизического исследования этой части городища<sup>239</sup>.

Фиксация углов участков геофизических исследований при помощи высокоточных комплексов ГНСС позволила в дальнейшем доразметить территорию для продолжения геофизических исследований. Также появилась возможность совмещать результаты геофизики, космоснимка и фотопланы этой части памятника. Результаты комплексного геофизического исследования показывают два уровня освоения этой территории, второй из которых может относиться к остаткам погребального комплекса на основании идентичности по ориентировкам с мавзолеями (№ 1, 2, 4). Сравнение проводится на основе космоснимка с посаженными на него контурами результатов геофизического исследования. Предполагаемый мавзолей перекрывает своим южным бортом комплекс сооружений. Выявленный комплекс близкорасположенных сооружений имеет четкие контуры с прямыми углами, единую ориентировку. Можно уверенно говорить о едином комплексе. Наложение контуров объектов, выявленных комплексом геофизических методов, на выкопировку космоснимка показывает, что часть сооружений южнее предполагаемого мавзолея совпадает с понижением, которое располагается изогнутой линией по территории городища, направлением на северо-запад – юго-восток (рис. 99, 100).

При выборе первой площадки геофизического исследования Билярского городища определение места исследования производилось на основе архивной аэрофотосъемки. В 1973–1974 гг. Билярской археологической экспедицией широко применялся фотографический дистанционный метод. С использованием наблюдения с самолета и аэрофотосъемки была составлена детальная топооснова и уточнена часть внутренней планировки городища. Использование данных 70-х годов XX века, совмещение результатов аэрофотоснимка и снимков, сделанных из космоса, позволили наметить GPS-координаты кирпично-

---

<sup>239</sup> Волков И. В., Лопан О. В., Ситдииков А. Г. Исследования на раскопе СХСIV в юго-восточной части Болгарского городища // Поволжская археология. 2023. № 2 (44). С. 204.

каменных объектов. Археологический объект, выявленный при помощи аэрофотоснимков, находился к северу от дороги, идущей из села Билярск к музеефицированным остаткам мечети<sup>240</sup>.

Поверхность центральной части Билярского городища подвергалась многолетней интенсивной распашке. При визуальном осмотре в этом месте фиксировались задернованные всхолмления. Центр выбранной для геофизических исследований площадки совпадал с высшей точкой уплощенной локальной возвышенности, которая выделалась пятном на аэрофотоснимке. Результаты геофизических исследований, а затем и раскопки общественного сооружения показали, что понижения и возвышения отражают остатки структур застройки данной части городища. Результаты изучения раскопа XLIV Билярской археологической экспедицией 2015 г. показали соответствие локального возвышения остаткам усадьбы с общественным строением – баней, понижения – улице. Углы участков геофизических исследований были зафиксированы при помощи GPS-координат, что позволило в дальнейшем восстановить сеть геофизических измерений и привязать ее к вновь размеченным участкам. Дальнейшая разметка участков геофизических исследований производилась специалистами Института археологии им. Халикова при помощи тахеометра TRIMBLE M3 DR 5". Использование тахеометра для создания микротопоплана памятника оказалось неэффективно из-за низкой производительности и высоких трудозатрат. Параллельно с геофизическими исследованиями 2017 и 2018 годов создан новый топографический план части Билярского городища. Топографический план создавался на основе карты высот и ортофотоплана исследуемой территории. Для их построения использовались БПЛА DJI Phantom 4 и ГНСС South S82-V и тахеометр TRIMBLE M3 DR 5" с лазерным центриром.

---

<sup>240</sup> Шакиров З. Г., Бездудный В. Г. Использование дистанционных методов выявления древних объектов и соотнесение их результатов с материалами раскопок (на примере Билярского городища) // Этносы и культуры Урало-Поволжья: история и современность: материалы Юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых / Отв. ред. А. Т. Ахатов. Уфа: ИЭИ УНЦ РАН, 2016. С. 225–228.

Примененная аппаратура позволила построить в нескольких вариантах визуализации микротопоплан участков магнитометрического исследования. Для лучшей визуализации сечения горизонталей топографического плана были выбраны с шагом 0,05 м. Разметка участков геофизического исследования 2022 года проводилась путем вынесения на местность заранее подготовленных координат углов участков (рис. 101, 102).

Полученные результаты микротопоплана проанализированы с точки зрения микроперепадов высотных отметок в районе проведения геофизических исследований. Прорисованы локальные упорядоченные микроизменения рельефа. Вырисовывается упорядоченная система понижений, которая носит четко выраженную структуру, общей ориентировкой юго-запад – северо-восток. Амплитуда перепадов высот падает к северо-западу, микрорельеф сглаживается. Криволинейные понижения в общем условно делят рассматриваемый участок на подпрямоугольные зоны, которые соответствуют улицам и переулкам между отдельными усадьбами и отдельными сооружениями.

Сравнение результатов магнитометрии и микротопоплана части Билярского городища дало дополнительную информацию для комплексного анализа. Фиксируется: линейные локальные изменения магнитного поля соотносятся с локальными понижениями микрорельефа – улицами и переулками; повышения – руинированные сооружения (рис. 103, 108). Прослежено сглаживание микрорельефа и снижение плотности пятен измененного магнитного поля с уменьшением амплитуды изменений магнитного поля к северо-западу исследованной площади. Наличие четко читаемых улиц как в магнитном плане, так и в рельефе в южной и центральной части площадки исследования может быть отражением процесса развития структуры застройки городища. Крупные сооружения с четкими усадебными границами в виде улиц на северо-запад меняются на менее выраженные в магнитном плане сооружения и отсутствие отражения в рельефе и в магнитном плане улиц и переулков. Косвенным подтверждением такого предположения может служить отсутствие системы регулярности выявленных улиц, размеров и конфигурации усадеб. Тем

не менее отсутствует хаотичная планировка центральной части городища, выдерживаются общие ориентировки структуры застройки – северо-восток – юго-запад.

Таким образом, геофизика в сочетании с другими методами неразрушающих исследований позволила установить общую структуру данной части городища Билярск, выявить остатки капитальных строений из обожжённого кирпича, включая уличную систему и отдельные общественные сооружения.

Создание единой сети исследования позволило сравнивать и сопоставлять данные ДЗ, раскопок и геофизики и взаимно дополнять результаты разных методов исследования. Особенно эффективно это применялось для определения линейных объектов (улиц и переулков) и границ усадеб, не выраженных в рельефе. После получения комплексного результата появилась возможность экстраполировать выводы на нераскопанную часть памятника; проследить предположительные стадии развития отдельных усадеб в устоявшуюся городскую систему (Билярск) и смоделировать объекты археологии и археологические структуры до раскопок с высокой степенью достоверности.

Пример анализа результатов комплексного исследования Билярского городища при совмещении визуальных, фотографических и геофизических методов дистанционного зондирования дал максимальную отдачу с минимальным вмешательством в культурный слой памятника.

В южной части Болгарского городища для поиска остатков монументальных погребальных объектов были применены методики, которые базировались на анализе планов памятника предыдущих исследователей, космоснимков поверхности памятника, а также на применении геофизических методов для поиска археологических объектов<sup>241</sup>.

Для первоначальной постановки задач применения геофизических методов исследования на комплексе мавзолеев у села Лапас использовался план

---

<sup>241</sup> Лопан О. В., Волков И. В., Ситдииков А. Г. Раскопки на южной окраине Болгарского городища в 2016 году (раскоп ССХVII) // Поволжская археология. 2018. № 2 (24). С. 237.

памятника, сделанный Поволжской археологической экспедицией ИА РАН под руководством В. В. Дворниченко, а также материалы (ДЗ), получаемые космическими аппаратами при проведении съемки земной поверхности. Специалистами ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ – Прогресс» была проведена работа по тематической обработке результатов дешифровки участка мавзолея № 1<sup>242</sup> (рис. 105, 106).

Ресурсы «SAS.Планета» в виде космоснимков, а в последующем и визуальный осмотр объектов показывал сильно разрушенное состояние комплекса мавзолеев у села Лапас. На основе карты высот и ортофотоплана исследуемой территории был построен топографический план участка комплекса, для их построения использовались БПЛА DJI Phantom 4 и ГНСС South S82-V. Топоплан создан с пространственным разрешением выше чем 0,5 м. Горизонтالي высот топоплана отражают истинные перепады высот не менее 0,25 м. При пространственном разрешении геофизического метода от 0,5 м микротопоплан позволил проводить сравнения и корректировать отдельные результаты анализа геофизического исследования.

С учетом площади объекта, включая его ближайшую округу более 10 га, выбор местоположения, конфигурации, разметки участков геофизического исследования мавзолея № 1 основывался на основе анализа микротопоплана, полученного при съемке фотоплана БПЛА (рис. 107). Результаты магнитометрического исследования заставили предположить наличие двух горизонтов существования объектов на этой территории. Границы горизонтов выделены по интенсивности и плотности изменений магнитного поля. Стоит отметить, что грунт для предполагаемой подсыпки под строительство западного борта внешней ограды мавзолея № 1 брался тут же, к западу от этой ограды, свидетельством чего может служить анализ микротопоплана (наличие локального понижения) и «проплешина» от всплесков магнитного поля около

---

<sup>242</sup> Пигарёв Е. М. Использование методики ДЗЗ при исследовании археологических памятников золотоордынской эпохи на территории Астраханской области // Проблемы Археологии Нижнего Поволжья. V Международная археологическая конференция (Элиста, 15–18 нояб. 2016 г.): материалы (ред. колл. П. М. Кольцов и др.). Элиста : Изд-во Калм. ун-та, 2016. С. 155–159.

западной внешней стены мавзолея № 1, что дает дополнительные аргументы к обоснованию данного предположения. Достаточно обосновано можно говорить о сооружении искусственной насыпи под комплекс мавзолея № 1 на основании только неразрушающих методов ДЗ, без подтверждения результатами раскопок.

Еще одним этапом взаимодополнения разных уровней и методов ДЗ при исследовании комплекса мавзолеев у с. Лапас стала проверка на основе анализа полученной при помощи ГИС информации отдельных возвышенностей при помощи магнитометрии. В 2022 г. проведена съемка с применением технологии воздушного лазерного сканирования лидар Л-СКАН150 силами сотрудников Института археологии им. Халикова. В программе ArcMap были собраны в единый проект ортофотоплан и цифровая модель рельефа, полученная в ходе обработки данных воздушного лазерного сканирования. Результатом работ стала цифровая модель местности (далее – ЦММ) большей части комплекса мавзолеев у села Лапас площадью более 800 га. Совместное применение всех полученных данных аэросъемки (фотографической, с помощью технологии LiDAR) дало более детальное представление о рельефе городища. В рамках макроуровня исследования большой площади памятника на цифровой модели местности четко прослеживаются все 14 мавзолеев, нанесенных на план памятника Поволжской археологической экспедицией ИА РАН под руководством В. В. Дворниченко, однако выделяются дополнительные восемь площадок, возможно связанных с комплексом мавзолеев. Зафиксированы небольшие локальные повышения в рельефе, размеры которых сопоставимы с размерами уже известных мавзолеев<sup>243</sup>. (рис. 108, 109).

С использованием ЦММ выбрана и вынесена на местности разметка площадки проверочного геофизического исследования одного такого повышения (рис. 110). Результаты магнитометрической съемки на микроуровне подтвердили наличие в этом месте остатков нескольких руинированных

---

<sup>243</sup> 69. Зарипова, Г. Х. Исследование комплекса мавзолеев у села Лапас Астраханской области с применением современных технологий / Г. Х. Зарипова, Л. В. Овечкина, Е. М. Пигарёв, А. Г. Ситдинов // Археология и геоинформатика : тезисы докладов Шестой международной конференции (Москва, 23–25 мая 2023 г.). – Москва : ИА РАН, 2023. – С. 40.

сооружений. Отсутствие заплывших котлованов разборки сооружений для вторичного использования, особенность микрорельефа в виде выположенной площадки дополнительно подтверждают данные геофизики о незначительной доле обожжённого кирпича при строительстве сооружений, мавзолея № 15 и массовом применении сырцовых кирпичей (рис. 111). Эта особенность отличает изученный дистанционными методами мавзолей № 15 от мавзолеев № 1 и 4. При совмещении прорисовки границ изменений магнитного поля на микроуровне отдельных мавзолеев № 15 и № 1, 4 с цифровой моделью местности на макроуровне находит подтверждение гипотеза о нескольких уровнях существования сооружений на данном могильнике (рис. 112). На мавзолеях № 1 и 15 выявлены два предположительных уровня строительства со сходными ориентировками. Комплексное применение методов ДЗ на комплексе мавзолеев у села Лапас позволило дополнить выводы, сделанные на основании геофизических данных (рис. 113), на макроуровне анализа позволило выявить потенциально вероятные местоположения неизвестных руинированных сооружений, позволило уточнить и скорректировать место проведения геофизических исследований при постановке задачи изысканий, на микроуровне позволило определить и детализировать особенности основных элементов сооружений, их ориентировки и периодов существования.

Применяемые в представленных исследованиях геофизические методы являются составной частью других неконтактных неразрушающих методов изучения археологического памятника. Данные других методов ДЗ привлекались для дополнения, сопоставления и расширенного анализа данных геофизики. Чем большим количеством неразрушающих методов ДЗ отражены выявленные особенности изучаемого памятника, тем достовернее сделанные выводы и результаты исследований.

Продемонстрированные исследования показывают, что окончательную эффективность того или иного метода может продемонстрировать только сравнение с результатами раскопок по исследованным геофизикой участкам. Тестовые испытания разными методами отдельной площадки помогают

определился с выбором метода для площадного исследования, когда первоначально не всегда ясно, какой из методов геофизического исследования эффективнее на конкретном памятнике.

Для пространственного анализа полученных геофизических данных широко привлекались архивные космоснимки, фотопланы на основе БПЛА, топопланы и микрофотопланы на основе ортофотопланов, цифровые модели местности (ЦММ), а также средства определения координат и привязки отдельных точек на памятнике к относительным либо абсолютным системам координат на местности и к данным, представленным в цифровом виде. Такое взаимное дополнение и уточнение данных дало возможность выдвигать обоснованные предположения и гипотезы, а также рассматривать пути решения ряда вновь поставленных научных проблем.

Примененные методы ДЗ позволили объединить данные и результаты исследования на различных макро- и микроуровнях, рассматривать памятник целиком либо большими своими частями и отдельными деталями с возможностью детализации и локализации на местности до 0,05 м. По разрешающей способности от 0,5 м примененная геофизическая методика смогла уточнить данные космоснимков и ортофотопланов и одновременно дополнительно сравнить их с микропорельефом, в отдельных случаях помочь с анализом геофизических данных.

В зависимости от поставленной перед археологом задачи при изучении памятника, в рамках применения методик дистанционного зондирования на макроуровне привлекаются данные анализа космоснимков, как архивных, так и современных; аэрофотоснимки, архивные и современные, в том числе с применением БПЛА. К этому же уровню стоит отнести и анализ данных мультиспектральной съемки и тепловизионной съемки вне зависимости от носителя аппаратуры (космических либо аэроносителей). Эти данные позволят оценить общую структуру памятника, его место в рельефе, особенности расположения его отдельных элементов. Также сравнение архивных и современных данных состояния поверхности позволит оценить динамику

изменений, вызванных антропогенным и природными воздействием, отчасти поможет в оценке степени сохранности археологического памятника. Такой макроанализ позволит сузить территорию дальнейшего исследования, сконцентрировать усилия на решении отдельных задач, подтверждении гипотез и предположений.

Крайне перспективным видится путь в роботизации процесса геофизических исследований, увеличении производительности и снижении стоимости единицы площади геофизического исследования археологического памятника, в применении геофизических методов с использованием БПЛА. На микроуровне анализа привлечение данных ДЗ более высокого разрешения, данных геофизических исследований, лидарной и иных съемок, цифровых моделей памятников. Все это даст возможность рассмотреть состояние поверхности, а отчасти и сохранности памятника в целом и во временной динамике. Применяя максимальный спектр геофизических методов в тестовом режиме, в первом приближении можно оценить эффективность применения того или иного метода на конкретном участке памятника. Сравнение результатов геофизических исследований с данными ДЗ и данными микрорельефа позволит на первом этапе отсеять изменения, вызванные современной деятельностью человека. В рамках ГИС эти различные направления исследования одного памятника объединяются в единообразной системе координат на основе программных продуктов ГИС. Такой подход позволяет с минимальным вмешательством в культурный слой памятника получить большой массив новой достоверной информации о памятнике. Позволяет в рамках одного исследования, а иногда на основе одних источников переходить от уровня обобщения к уровню высокой детализации изучения памятника и обратно. Дает возможность на основании оцифрованных результатов дистанционного зондирования выносить на местность с высокой точностью точки нахождения тех или иных интересующих археолога объектов и продолжать полевую часть исследования. Раскопки являются окончательным критерием истинности выводов на основе ДЗ. При условии высокой достоверности результатов анализа

данных ДЗ и подтверждения их раскопками появляется возможность экстраполировать данные геофизики на некопаные части памятника. Исходя из этого, экономятся временные и трудовые ресурсы на исследование больших площадных памятников. В случае неоднозначности выводов анализа данных ДЗ, включая геофизические методы, результаты ДЗ позволят сузить поле вариантов при постановке целей и задач продолжения археологических исследований.

## Заключение

Пространственный анализ средневековых памятников Нижнего и Среднего Поволжья (Болгарское, Билярское, Царевское, Селитренное городища и комплекс мавзолеев у с. Лапас) дает возможность выйти на реконструкцию исторического пространства крупных городских центров со сложной поселенческой структурой. Возможности геофизических методов изучения (магнитометрия, георадиолокация) – составная часть комплекса других методов в рамках единого научного подхода в проведении исследований неразрушающими методами.

Анализ истории развития и применения геофизических методов (магнитометрии и георадиолокации) показал тенденции и современные направления их развития в рамках археологических исследований. Это позволило в ходе полевых работ, обработки и анализа данных учесть имеющиеся достижения в создании новых подходов к интерпретации полученных результатов.

За период становления магнитометрия и георадиолокация прошли стремительный путь развития: от теоретических изысканий возможности применения методов к полномасштабному их применению на широком круге памятников. Принципы применения геофизических методов, характеристики и причины изменений и особенностей физико-химических свойств культурного слоя памятника в результате человеческой и иной деятельности, которые могут быть зафиксированы одним из геофизических методов, стали теоретической основой для понимания возможностей достоинств и ограничений каждого из методов.

Эффективность применения георадара, с одной стороны, оказалась зависимой от вида антенн (частоты электромагнитной волны в МГц), с другой стороны – от диэлектрической проницаемости грунта, электрофизических характеристик исследуемых напластований – объективного внешнего фактора, который может меняться за короткий промежуток времени и в рамках одной

площади исследования. При наличии выбора видов антенн для георадарного исследования в ходе данных изысканий использовались щелевые антенны как более компактные для практического применения. С учетом вариантов подбора размеров и конфигурации расположения антенн в георадарных комплексах в исследованиях протестированы антенны от 750 до 200 МГц, включая комплексы на механической тяге. Создание, доработка и использование многоантенных комплексов позволиликратно повысить площадную производительность георадарных исследований без существенной потери качества до 1 га в день. Отработана методика применения георадара: для основных типов приведенных исследований памятников достаточна сеть измерений от  $0,5 \times 0,1$  м до  $0,25 \times 0,03$  м. Показана перспективность исследования большой площади памятника. В анализе полученного результата в первую очередь рассматривались послойные планы на расчетные глубины как волновое отражение по пластовому плану, широко применяемому археологами. В отдельных случаях использовались отдельные радарограммы. Намечены пути дальнейшего усовершенствования методики и аппаратуры. Таковыми представляются: совмещение систем высокоточного позиционирования с георадарным комплексом, дальнейшее усовершенствование многоантенных систем для увеличения площадной производительности. В ближайшей перспективе стоит вопрос об использовании георадаров при помощи робототехнических средств и БПЛА.

Изучение обобщенного методического опыта применения магнитометров в археологии стало основой для собственных методических подходов в магнитометрических исследованиях и их дальнейшем развитии. Привлечение данных о причинах и процессах изменений величин и свойств магнитного поля в результате деятельности человека помогло сепарировать и анализировать данные магнитометрических исследований и по характеристикам величин магнитного поля приводить в соответствие аномалии магнитного поля и археологические объекты. Дополнительным результатом выбора квантового магнитометра ПОС-2 на основе датчика Оверхаузера производства лаборатории квантовой магнитометрии УрФУ, возглавляемой В. А. Сапуновым, из

нескольких различных вариантов аппаратуры фиксации магнитного поля стало успешное применение прибора в режиме измерения вертикального градиента магнитного поля. В том числе благодаря модернизации, повышению концентрации активного вещества в ампуле датчика в данной конфигурации удалось достигнуть повышенной чувствительности полного цикла измерений магнитометра в режиме 0,5 секундного цикла. При исследовании достаточно небольших изменений магнитного поля на археологических памятниках, это позволило фиксировать и локализовать отражение в магнитном поле большого числа слабоконтрастных в магнитном плане объектов. Выработана высокоточная, с максимальным качеством измерения данных методика применения магнитометра на основе ПОС-2 в пошаговом режиме, с трехсекундным циклом измерений и сетью измерений от  $0,25 \times 0,25$  м. При выборе геофизического результата, более направленного на площадную производительность, предпочтительнее методика непрерывной съемки с полусекундным циклом и сетью измерений  $0,5 \times 0,5$  м. Достигнута средняя производительность от 0,5 га площади исследования в рабочую смену. Проблема повышения чувствительности полного цикла измерений вертикального градиента аппаратурным комплексом ПОС-2 на основе датчиков Оверхаузера и повышения точности позиционирования результата на магнитограмме решена путем метода «приближения», переходом от непрерывных измерений к пошаговым. Повышение площадной производительности до 1 га и более в рабочий день оказалось возможным при создании и апробации многодатчикового магнитометра на основе ПОС-2 с четырьмя параллельными датчиками и вариационной станцией. Использованная методика применения магнитометрии в археологических исследованиях показала, что ее развитие лежит в оснащении аппаратуры высокоточными системами привязки точек измерения, в использовании прогрессивных носителей магнитометрической аппаратуры, в первую очередь на базе БПЛА. Приведенная в данном исследовании аппаратура и выработанная методика магнитометрических исследований на основе опыта

изучения средневековых городищ Поволжья нашла успешное применение для исследования широкого круга памятников других регионов.

Проведенные исследования с помощью геофизических методов позволили за относительно короткий срок получить новую информацию о городской планировочной структуре археологических памятников (Билярское, Болгарское, Царевское, Селитренное городища и комплекс мавзолеев у с. Лапас). Для данного исследования привлечены авторские материалы магнитометрического исследования на площади более 28 га, георадаров – на площади более 4,7 га.

Выявлена и детализирована структура городской застройки и ее отдельных объектов на большой площади городищ. Изучение проводилось неразрушающими методами на площади, гораздо большей, чем если бы эти исследования были организованы по традиционной методике археологических исследований раскопами отдельных участков выявленных аномалий. Неразрушающие геофизические методы исследования на территории археологических памятников показали и доказали свою высокую эффективность при изучении исторической топографии средневековых городищ. В будущем они по праву должны стать одним из важнейших и широко применяемых способов получения принципиально новой либо уточнения уже имеющейся археологической информации.

Геофизические участки керамического производства археологических памятников – район озера Галанка Болгарского городища, производственный район Царевского городища и район Черепяного поля Селитренного городища. Из-за особенности формирования магнитных свойств основного объекта поиска и исследования – горнов и их окружи – магнитометрия оказалась более предпочтительным геофизическим методом для изучения всех представленных частей памятников.

На выбор геофизического метода исследования оказывало влияние состояние поверхности участка памятника, трудоемкость подготовки поверхности участка для геофизических исследований. Георадаром исследована значительная часть Болгарского городища, район озера Галанка, проведены

пробные измерения на Селитренном городище. Крайне изрезанный микрорельеф Черепяного поля Селитренного городища и «Рабочего поля» Царевского городища затруднил широкое применение георадиолокационных комплексов серии Герад и радарного комплекса МАРК 300-8. Представленная часть исследования показала, что при помощи магнитометрии возможно не только локализовать объекты керамического производства, а еще выявлять детали, позволяющие достоверно реконструировать и моделировать объекты, не разрушая их, определять степень их сохранности и сепарировать по функциональному назначению.

Успех применения конкретного метода в этих исследованиях зависел от особенностей материала остатков сооружений и степени их сохранности. Остатки конструкций мавзолеев Болгара сложены из известняка, практически полностью разобраны до фундамента и распаханы. Георадар смог зафиксировать только остатки рвов котлована фундамента, то есть общие контуры сооружения, а отдельные грунтовые погребения зафиксировать не удалось. На одном из мавзолеев при помощи георадара удалось выявить полный контур фундамента сооружения. Комплекс мавзолеев у с. Лапас состоит из остатков, сооруженных с применением обожжённого кирпича. Применялся метод магнитометрии на площади более 11 га, который дал максимальную отдачу. За короткий период времени геофизика позволила получить принципиально новые данные об исследуемом памятнике на большой площади. На комплексе мавзолеев у села Лапас выявлено несколько групп объектов. Детализирована структура основных элементов мавзолеев № 1 и 4, их сохранность. Выявлен неизвестный до этого мавзолей № 15.

Раскопки явились окончательным критерием истинности выводов на основе геофизических методов. Высокая достоверность геофизических результатов дала возможность экстраполировать данные геофизики на некопаные части памятника.

Основным достоинством для продемонстрированных геофизических исследований производственных центров поволжских городищ является их

неразрушающий способ изучения памятника археологии. Такие методы исследования максимально содействуют сохранению и одновременно изучению объектов историко-культурного наследия. Независимо от примененного метода (магнитометрия, электроразведка, георадар) была получена новая информация о памятниках, которую можно будет уточнить, детализировать, перепроверить любыми другими, возможно, более передовыми методами.

Предложенная методика комплексирования при применении магнитометрического и георадарного исследований на памятниках Средневековья в Поволжье определила возможности повышения отдачи геофизических методов при активном привлечении к исследованиям сведений полевых исследований и максимально доступных к использованию данных иных методов. В рамках ГИС эти различные направления исследования одного памятника объединяются в единой системе координат на основе программных продуктов ГИС. Это позволяет на основании оцифрованных результатов дистанционного зондирования локализовать их на местности с высокой точностью точки нахождения тех или иных интересующих археолога объектов.

Выявленные особенности при помощи комплексных неразрушающих методов изучения средневековых памятников дают возможность в будущих исследованиях других памятников повысить и совершенствовать подходы к интерпретации получаемых материалов.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Аксенова, Н. Д. Отчеты о работах на Болгарском городище в 1978–1979 гг. / Н. Д. Аксенова, М. Д. Полубояринова, М. Г. Крамаровский // Архив Института археологии РАН (ИА РАН). – Ф. Р-1. – Д. 3921.
2. Галкин, Л. Л. Отчет за 1965 г. Описание городища у села Селитренного Астраханской области (Работы на Селитренном городище Харабалинского района Астраханской области). Дополнение к отчету Г. А. Федорова-Давыдова за 1965 г. / Л. Л. Галкин. – Москва, 1966.
3. Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные. Справочник стандартных (нормативных) терминов / Под. ред. В. Г. Плешкова, Г. Г. Побединского / Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., 2015. – С. 73, 101.
4. Джемниханова, Н. Д. Отчет об археологических исследованиях на разрушенных участках памятников археологии «Городище Сарай-Бату» и «Комплекса мавзолеев у села Лапас» в 2014 г. // Архив ИА РАН. Ф.-1. Р.-1 № 44801–44802.
5. Калинин, Н. Ф. Отчет о командировке в районы Татарии по поручению сектора науки Татнаркомпроса с 4 по 16 августа 1932 г. по запросу состояния и сохранности исторических памятников и работы музеев. 1932 г. // Архив ИЯЛИ АН РТ. Ф. 8. Оп. 2., ед. хр. 40. – 7 л.
6. Лапшин А.С. Отчёт об археологических исследованиях, проведенных Волго-Ахтубинской археологической экспедицией на Водянском городище у г. Дубовки Волгоградской области в 2010 году. Том 1, 2. // Архив ВОКМ. № 278, 278а; Архив НИЛИМК ВГСПУ. Прилож. С. 172–204 (том 1).
7. Пигарёв, Е. М. Отчет об археологических разведках по открытому листу формы № 2 № 327 в Харабалинском районе Астраханской области в 1995 г. / Архив ИА АН СССР, № 19473.
8. Полякова, Г. Ф. Отчёт о работе на Болгарском городище в 1980 году. Раскоп LXX // Документальный фонд БГИАЗ. Инв. № 66-1. КП-405.

9. Полное собрание русских летописей. Том 10. Летописный сборник, именуемый Патриаршею или Никоновскою летописью. Санкт-Петербург: Типография Министерства внутренних дел, 1885. – 244 с.

10. Ситдииков, А. Г. Отчет об археологических раскопках в Спасском районе, г. Болгар, на Болгарском городище (Раскоп ССХVI) в 2016 г. Том I. Казань, 2017 // НФ МА РТ ИА АН РТ. Ф. 4. Оп. 1. 202 л.

11. Смирнов, А. П. Отчет Болгарской экспедиции 1948 г. // Архив ИА РАН. Р-1. № 219.

12. Федоров-Давыдов, Г.А. Научный отчет о раскопках 1962 года на городище Сарай-Берке – столицы Золотой Орды. // Волгоградский краеведческий музей. Фонды № 12. – С. 16–26.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверин, А. А. Экспресс-изыскания георадарами наземного и воздушного базирования / А. А. Аверин, В. В. Антипов, Г. В. Бычков [и др.] // Радиолокационные системы малой и сверхмалой дальности : сборник тезисов XV научно-технической конференции (Москва, Троицк, 1 марта 2024 г.). – Москва : ИЗМИРАН, 2024. – С. 1–4. – URL: izmiran.ru (дата обращения: 11.01.2025). – Текст : электронный.

2. Аксенова, Н. Д. Археологическое изучение мавзолеев юго-восточной и южной частей города Болгара / Н. Д. Аксенова // Город Болгар: Монументальное строительство, архитектура, благоустройство / ответственный редактор Г. А. Федоров-Давыдов. – Москва : Наука, 2001. – С. 211–217. – Текст : непосредственный.

3. Аксенова, Н. Д. Археологическое исследование мавзолеев юго-восточной и южной части Болгарского городища / Н. Д. Аксенова // Город Болгар: монументальное строительство, архитектура, благоустройство / ответственный редактор Г. А. Федоров-Давыдов. – Москва : Наука, 2001. – С. 206. – Текст : непосредственный.

4. Александров, П. Н. Георадарные и археологические исследования курганных некрополей юго-восточной Башкирии / П. Н. Александров, В. Н. Кризский, С. В. Сиротин [и др.] // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского (Москва, 23–27 января 2017 г.). – Москва : ИФЗ РАН, 2017. – С. 19–23. – Текст : непосредственный.

5. Арманд, Н. А. Современные проблемы подповерхностной радиолокации / Н. А. Арманд, Д. С. Лукин, Н. П. Чубинский // Сверхширокополосные системы в радиолокации и связи : конспекты лекций / Муромский институт Владимирского государственного университета. – Муром : Издат.-полигр. центр МИ ВлГУ, 2003. – С. 110. – Текст : непосредственный.

6. Артиго, Ф. Тайна усыпальницы Хеопса / Ф. Артиго ; перевод Inopressa.ru // Le Temps : [сайт]. – 2004. – 31 августа. – URL: inopressa.ru (дата обращения: 10.03.2023). – Текст : электронный.

7. Атабиев, Б. Х. Комплексные исследования 2020 года «Кенделенского Второго грунтового могильника с каменными выкладками на поверхности» в Баксанском районе КБР / Б. Х. Атабиев, В. Г. Бездудный, В. Н. Марчук // Археология и геоинформатика : тезисы докладов Пятой международной конференции (Москва, 24–26 мая 2021 г.). – Москва : ИА РАН, 2021. – С. 18–20. – Текст : непосредственный.

8. Афанасьев, Ю. В. Феррозондовые приборы / Ю. В. Афанасьев. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1986. – 188 с. – Текст : непосредственный.

9. Ахметгалиева, Н. Б. Археологические исследования верхнепалеолитической стоянки Быки 2 / Н. Б. Ахметгалиева, Н. Д. Бурова, С. С. Бричева [и др.] // Археологические исследования в Центральном Черноземье 2022. – Липецк ; Воронеж : Новый взгляд, 2023. – С. 118–121. – Текст : непосредственный.

10. Бабенко, В. А. Локализации городища Маджары и его топография по архивным материалам XVIII–XIX вв. / В. А. Бабенко // Археология Евразийских степей. – 2022. – № 4. – С. 106. – Текст : непосредственный.

11. Бадеев, Д. Ю. Улицы средневекового Болгара / Д. Ю. Бадеев // Поволжская археология. – 2017. – № 4 (22). – С. 24–34. – Текст : непосредственный.

12. Баранов, В. С. Древний Болгар в истории и культуре Евразии / В. С. Баранов, Р. М. Валеев, А. Г. Ситдииков, Р. Р. Хайрутдинов // Город Болгар: история изучения и сохранения / Институт археологии им. А. Х. Халикова АН РТ ; ответственный редактор А. Г. Ситдииков. – Москва : Наука, 2021. – С. 77, 113, 114, 157. – Текст : непосредственный.

13. Баранов, В. С. Археологическое исследование мавзолеев центральной части Болгарского городища / В. С. Баранов, М. М. Кавеев // Город Болгар: монументальное строительство, архитектура, благоустройство / ответственный редактор Г. А. Федоров-Давыдов. – Москва : Наука, 2001. – С. 182. – Текст : непосредственный.

14. Бездудный, В. Г. Геофизические исследования (магнитометрия, георадар) археологических памятников: поселений Пены-1, Журавка, Почтовое-1 / В. Г. Бездудный // Археология и геоинформатика. – 2008. – № 5. – 1 CD-ROM. – URL: [archaeolog.ru](http://archaeolog.ru) (дата обращения: 10.03.2012). – Текст : электронный.

15. Бездудный, В. Г. Опыт использования метода магнитометрии для определения архитектурно-археологических объектов (на примере Свято-Николаевской церкви, хутора Кружилинский) / В. Г. Бездудный, И. П. Гуржиева, С. А. Усова // Археологические записки. – Ростов-на-Дону, 2009. – Вып. 6. – С. 309–312. – Текст : непосредственный.

16. Бездудный, В. Г. Локализация фундамента Успенского собора XVII века в Тульском кремле по результатам георадарных исследований 2017 года / В. Г. Бездудный, С. В. Зацаринный, И. А. Сапрыкина // Археология Подмосковья : материалы научного семинара. – 2023. – Вып. 19. – С. 269–274. – Текст : непосредственный.

17. Бездудный, В. Г. Комплексные геофизические исследования средневекового памятника на Северном Кавказе «Городище Маджары» 2016–2017 годов / В. Г. Бездудный, Ю. Д. Обухов, А. Г. Ситдилов // Археология Евразийских степей. – 2018. – № 5. – С. 10–17. – Текст : непосредственный.

18. Бездудный, В. Г. Геофизические работы (магнитометрия) в 2020–2021 гг. на комплексе ханских мавзолеев у с. Лапас Астраханской области (мавзолеев № 1) / В. Г. Бездудный, Е. М. Пигарев, А. Г. Ситдилов // Известия Общества археологии, истории и этнографии при Казанском университете. – 2022. – Т. 42, № 4. – С. 18–38. – Текст : непосредственный.

19. Бездудный, В. Г. Исследования геофизическими методами (магнитометрия) памятников Золотой Орды в Поволжье / В. Г. Бездудный, Е. М. Пигарев, А. Г. Ситдилов // Известия Общества археологии, истории и этнографии при Казанском университете. – 2022. – Т. 42, № 4. – С. 39–54. – Текст : непосредственный.

20. Бездудный, В. Г. Магнитометрические исследования памятников Золотой Орды Нижнего Поволжья / В. Г. Бездудный, Е. М. Пигарев, А. Г. Ситдилов // Археология Евразийских степей. – 2022. – № 6. – С. 144–154. – Текст : непосредственный.

21. Бездудный, В. Г. Начало комплексных исследований Гочевского средневекового поселения (северо-восточная часть посада, городищ Крутой Курган и Царский дворец) / В. Г. Бездудный, Г. Ю. Стародубцев, Э. Кайзер [и др.] // Естественнонаучные методы в изучении и сохранении памятников Костёнковско-Борщёвского археологического района : материалы Международной научно-практической конференции (Воронеж, 14–17 сентября 2017 г.). – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2017. – С. 17–26. – Текст : непосредственный.

22. Бездудный, В. Г. Комплексные геофизические исследования 2015–2017 гг. на Билярском городище / В. Г. Бездудный, З. Г. Шакиров, А. Г. Ситдилов // Археология Евразийских степей. – 2018. – № 5. – С. 18–24. – Текст : непосредственный. Бездудный, В. Г. Магнитометрические исследования на Хумаринском городище. // Хумаринское городище. Итоги междисциплинарных

исследований. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт археологии Российской академии наук. – Москва, 2020. – С. 90–111.

23. Бездудный, В. Г. Проведение геофизических исследований (магнитометрии) Никольского селища в Кузнецком районе Пензенской области / В. Г. Бездудный, Г. Н. Белорыбкин // Пензенский археологический сборник : материалы Межрегиональной научной конференции, посвященной 60-летию Г. Н. Белорыбкина. – Пенза : Институт регионального развития Пензенской области, 2022. – С. 329–343. – Текст : непосредственный.

24. Бездудный, В. Г. Геофизические (магнитометрические) исследования на Царевском городище, в районе раскопа № 13 / В. Г. Бездудный, С. Г. Бочаров // Научный семинар «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии» : по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2023 годы)» (исследования 2020 г.). – Казань : ИА АН РТ, 2021. – С. 14. – Текст : непосредственный.

25. Бездудный, В. Г. Предварительные итоги исследований неконтактными методами Лапасского комплекса мавзолеев / В. Г. Бездудный, Г. Х. Вафина, И. Ю. Мирсияпов [и др.] // Археология Евразийских степей. – 2022. – № 3. – С. 314–325. – Текст : непосредственный.

26. Бездудный, В. Г. Магнитометрические исследования части территории керамических производственных центров Царевского и Селитренного городищ / В. Г. Бездудный, Г. Х. Вафина, Л. В. Овечкина [и др.] // Научный семинар «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии» : по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2024 годы)» (исследования 2021 г.). – Казань : ИА АН РТ, 2022. – С. 34. – Текст : непосредственный.

27. Бездудный, В. Г. Комплексные геофизические исследования Болгарского городища 2014–2017 гг. / В. Г. Бездудный, И. В. Волков, В. Н.

Марчук, А. Г. Ситдигов // Археология Евразийских степей. – 2018. – № 5. – С. 101–107. – Текст : непосредственный.

28. Бездудный, В. Г. Применение геофизических методов для исследования археологических памятников Усоля Севера России. Предварительные итоги, перспективы и проблемы исследования Тотемского Усоля / В. Г. Бездудный, М. Е. Ворожейкина // Русский Север – 2022: проблемы изучения и сохранения историко-культурного наследия : сборник работ VI Всероссийской научной конференции / составитель и редактор О. В. Полоцкая. – Вологда : Арника, 2022. – С. 44–54. – Текст : непосредственный.

29. Бездудный, В. Г. Комплексный подход к изучению средневековых памятников Поволжья: исследование Кузнечихинского городища «Сувар» в 2018–2019 гг. / В. Г. Бездудный, Л. А. Вязов, В. А. Сапунов, А. Г. Ситдигов // Труды VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре : в 3 т. – Самара : СГСПУ, 2020. – С. 214–215. – Текст : непосредственный.

30. Бездудный, В. Г. Геофизические исследования 2017 г. на Сендимиркинском (древнемордовском) могильнике в Чувашской Республике / В. Г. Бездудный, В. В. Гришаков, С. С. Еремина, Е. П. Михайлов // Вестник НИИ гуманитарных наук при Правительстве Республики Мордовия. – 2017. – № 4 (44). – С. 83–89. – Текст : непосредственный.

31. Бездудный, В. Г. Междисциплинарные исследования комплекса мавзолеев у пос. Лапас (2022–2023 гг.) / В. Г. Бездудный, Г. Х. Зарипова, Л. В. Овечкина [и др.] // Археология Евразийских степей. – 2024. – № 3. – С. 38–46. – Текст : непосредственный.

32. Бездудный, В. Г. Анализ результатов георадарного зондирования археологических объектов Ростовской области в 2001 г. / В. Г. Бездудный, В. Н. Марчук // Археологические записки. – Ростов-на-Дону : Ростиздат, 2002. – Вып. 2. – С. 205–212. – Текст : непосредственный.

33. Бездудный, В. Г. Геофизические исследования на Селитренном городище / В. Г. Бездудный, Е. М. Пигарёв // Астраханские краеведческие

чтения. – Астрахань : Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2010. – Вып. 2. – С. 99–104. – Текст : непосредственный.

34. Бездудный, В. Г. Предварительные результаты применения магнитометрии на памятниках поселенческого типа на примере геофизического исследования поселения Раздолье II / В. Г. Бездудный, О. А. Радюш // Краткие сообщения Института археологии. – 2012. – № 226. – С. 71–77. – Текст : непосредственный.

35. Бездудный, В. Г. Геофизическое исследование части территории памятника «Городище Новосиль» (г. Новосиль Орловской области). Магнитометрия. Георадар / В. Г. Бездудный, О. А. Радюш // Археология и геоинформатика. – 2023. – Вып. 11. – URL: [https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-11/Bezudny\\_1/bezudny\\_1.html](https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-11/Bezudny_1/bezudny_1.html) (дата обращения: 10.11.2025). – Текст : электронный.

36. Бездудный, В. Г. Комплексное геофизическое исследование участка Болгарского городища / В. Г. Бездудный, А. Г. Ситдинов // Российская археология. – 2019. – № 3. – С. 105–114. – Текст : непосредственный.

37. Бездудный, В. Г. Анализ результатов георадарного исследования археологических объектов Ростовской области 2001 г. / В. Г. Бездудный, Н. В. Марчук // Археологические записки. – Ростов-на-Дону : Ростиздат, 2002. – № 2. – С. 205–207. – Текст : непосредственный.

38. Бездудный, В. Г. Комплексные геофизические исследования Болгарского городища в 2016 году / В. Г. Бездудный, В. Н. Марчук, А. Г. Ситдинов // Поволжская археология. – 2018. – № 2 (24). – С. 319–325. – Текст : непосредственный.

39. Беркут, А. И. Фонд подводных археологических исследований им. В. Д. Блаватского / А. И. Беркут, А. Г. Васильев, А. Н. Козляков [и др.] // Древности Боспора. – 2003. – № 6. – С. 22–24. – Текст : непосредственный.

40. Бородин, П. М. Физические основы квантовой радиофизики / П. М. Бородин, В. В. Фролов, В. И. Чижик [и др.]. – Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1985. – 319 с. – Текст : непосредственный.

41. Бочаров, С. Г. Археологические исследования гончарных горнов на Болгарском городище в 2016 году (Раскоп ССХVI) / С. Г. Бочаров // Поволжская археология. – 2018. – № 2 (24). – С. 253–264. – Текст : непосредственный.

42. Бочаров, С. Г. Исследования гончарного производства у Галанского озера Болгарского городища / С. Г. Бочаров, А. Г. Ситдилов // Материалы и исследования по археологии Великого Болгара. – Казань : АН РТ, 2023. – Т. 3. – С. 184–[укажите последнюю страницу]. – Текст : непосредственный.

43. Бредников, К. И. Применение георадара в археологических исследованиях на территории Болгарского историко-архитектурного музея-заповедника / К. И. Бредников, Д. И. Хасанов // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т. 156, кн. 1. – С. 164–173. – Текст : непосредственный.

44. Бричева, С. С. Изучение палеорельефа поселений каменного века геофизическими методами / С. С. Бричева, Н. Б. Ахметгалеева, М. Н. Кандинов [и др.] // Инженерная и рудная геофизика 2022 : сборник материалов 18-й научно-практической конференции и выставки. – Москва : Геоверс, 2022. – С. 247–252. – Текст : непосредственный.

45. Бричева, С. С. Комплекс геофизических методов для изучения локального ландшафта стоянок Быки / С. С. Бричева, В. Г. Бездудный, Л. В. Шашерина, М. А. Тарасова // VI Герасимовские чтения «Человек эпохи камня, его материальная культура и среда обитания» : тезисы докладов (Москва, 31 октября – 2 ноября 2022 г.). – URL: <https://istina.pskgu.ru/conferences/presentations/533701905/> (дата обращения: 15.12.2025). – Текст : электронный.

46. Булычев, А. А. Магниторазведка : учебно-методическое пособие / А. А. Булычев, М. Г. Попов, Л. А. Золотая [и др.]. – Москва : МГУ, 2018. – 135 с. – Текст : непосредственный.

47. Валиев, Р. Р. Археологическое изучение Болгара в 2010–2015 годах. Мавзолеи и могильники / Р. Р. Валиев, А. Г. Ситдилов // Город Болгар: история

изучения и сохранения / ответственный редактор А. Г. Ситдииков. – Москва : Наука, 2021. – С. 73–89. – Текст : непосредственный.

48. Васильев, А. Г. Отчет о проведении поисковых работ на территории Посольства России в КНР, г. Пекин (бывшей территории Российской Духовной Миссии в Китае) / А. Г. Васильев, С. В. Меркулов // Русская линия : [сайт]. – 2005. – URL: <http://www.rusk.ru/> (дата обращения: 25.12.2025). – Текст : электронный.

49. Васильев, Д. В. Городище Ак-Сарай / Д. В. Васильев // Археология Нижнего Поволжья на рубеже тысячелетий : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Астрахань : Изд-во Астраханского гос. пед. ун-та, 2001. – С. 70. – Текст : непосредственный.

50. Владов, М. Л. Георадиолокация: от физических основ до перспективных направлений : учебное пособие / М. Л. Владов, М. С. Судакова. – Москва : Геос, 2017. – С. 240. – Текст : непосредственный.

51. Волков, И. В. Исследование мавзолеев на юго-западной окраине Болгарского городища (раскопы ССІ, ССІІ и ССІІІ) / И. В. Волков, О. В. Лопан, А. Г. Ситдииков // Археологические исследования 2015 г.: Болгар и Свияжск. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2016. – С. 16. – Текст : непосредственный.

52. Волков, И. В. Исследования на раскопе СХСІV в юго-восточной части Болгарского городища / И. В. Волков, О. В. Лопан, А. Г. Ситдииков // Поволжская археология. – 2023. – № 2 (44). – С. 204–215. – Текст : непосредственный.

53. Волкомирская, Л. Б. Основные особенности конструкции георадаров «ГРОТ-10» и «ГРОТ-11», опыт их эксплуатации и обработки данных / Л. Б. Волкомирская, В. В. Варенков, В. В. Лобзин [и др.] // Вопросы подповерхностной радиолокации. – Москва : Радиотехника, 2005. – С. 246–259. – Текст : непосредственный.

54. Гарбузов, Г. П. Археология ландшафтов и геоинформатика: теоретические аспекты взаимоотношений / Г. П. Гарбузов // Археология и геоинформатика. – Москва : ИА РАН, 2007. – Вып. 4. – URL:

<https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-4/Garbuzov/garbuzov.html> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

55. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебник / под редакцией И. К. Лурье. – Москва : КДУ, 2008. – 424 с. – Текст : непосредственный.

56. Глазунов, В. В. Принципы моделирования и интерпретации потенциальных геофизических полей скрытых археологических объектов : специальность 04.00.12 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Глазунов Владимир Васильевич. – Санкт-Петербург, 1997. – 377 с. – Текст : непосредственный.

57. Глухов, А. А. Археологические исследования отряда «Гюлистан» в округе Царевского городища в 2011 году / А. А. Глухов // Нижневолжский археологический вестник. – Волгоград : Изд-во Волгоградского гос. ун-та, 2011. – Вып. 12. – С. 224–226. – Текст : непосредственный.

58. Глухов, А. А. Историческая топография Царевского городища / А. А. Глухов // Поволжская археология. – 2014. – № 2 (8). – С. 96–105. – Текст : непосредственный.

59. Глухов, А. А. Предварительные данные раскопок горна на территории керамического производственного центра Царевского городища / А. А. Глухов // Научный семинар «Городская культура тюрко-татарского населения Евразии» : по итогам выполнения Государственной программы Республики Татарстан «Сохранение национальной идентичности татарского народа (2020–2024 годы)» (исследования 2021 г.). – Казань : ИА АН РТ, 2022. – С. 16. – Текст : непосредственный.

60. Глухов, А. А. Царевское городище: история изучения, историческая топография, хронология : монография / А. А. Глухов. – Волгоград : Перемена, 2015. – 243 с. – Текст : непосредственный.

61. Гордин, В. М. Очерки по истории геомагнитных измерений / В. М. Гордин. – Москва : ИФЗ РАН, 2004. – 162 с. – Текст : непосредственный.

62. Город Болгар: история изучения и сохранения / Институт археологии им. А. Х. Халикова АН РТ ; ответственный редактор А. Г. Ситдииков. – Москва : Наука, 2021. – 271 с. – Текст : непосредственный.

63. Двуреченская, Н. Д. Результаты георадарной разведки на крепости Узундара в 2014 г. / Н. Д. Двуреченская, П. А. Морозов // Археология и геоинформатика. – 2017. – № 8. – URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-8/Dvurech/page1.html> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

64. Долгий, А. А. Опыт использования подповерхностного радиолокационного зондирования для оценки параметров загрязнения грунтов нефтепродуктами / А. А. Долгий, Ан. А. Долгий, В. П. Золотарев, В. В. Маркуль // Георадар-2004 : 4-я Международная научно-практическая конференция (Москва, 29 марта – 2 апреля 2004 г.). – Москва : МГУ, 2004. – С. 87. – Текст : непосредственный.

65. Дудкин, В. П. Геофизическая разведка крупных трипольских поселений / В. П. Дудкин // Использование методов естественных наук в археологии : сборник научных трудов. – Киев : Наукова думка, 1978. – С. 35–45. – Текст : непосредственный.

66. Егоров, В. Л. Историческая география Золотой Орды в XIII–XIV вв. / В. Л. Егоров. – Москва : Наука, 1985. – 245 с. – Текст : непосредственный.

67. Жуковский, М. О. Использование данных спутников CORONA в археологических исследованиях / М. О. Жуковский // Археология и геоинформатика. – 2010. – Вып. 6. – URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-6/Zhukovsky/page1.html> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

68. Журбин, И. В. Археология и геофизика. Принципы комплексного исследования / И. В. Журбин // Российская археология. – 2004. – № 3. – С. 61. – Текст : непосредственный.

69. Зарипова, Г. Х. Исследование комплекса мавзолеев у села Лапас Астраханской области с применением современных технологий / Г. Х. Зарипова,

Л. В. Овечкина, Е. М. Пигарёв, А. Г. Ситдииков // Археология и геоинформатика : тезисы докладов Шестой международной конференции (Москва, 23–25 мая 2023 г.). – Москва : ИА РАН, 2023. – С. 40. – Текст : непосредственный.

70. Зацепин, С. А. Георадиолокационные исследования на археологических объектах / С. А. Зацепин, А. А. Аузин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2017. – № 1. – С. 119–122. – Текст : непосредственный.

71. Звежинский, С. С. Квантовые магнитометры с оптической накачкой для поиска взрывоопасных предметов / С. С. Звежинский, И. В. Парфенцев // Спецтехника и связь. – 2009. – № 3. – С. 18–28. – Текст : непосредственный.

72. Зверев, А. С. Измерительный модуль на базе феррозондовых датчиков как основа для создания различных геофизических и специальных приборов / А. С. Зверев, В. И. Любимов // Вектор научной мысли : международный научный журнал. – 2024. – № 2 (7). – С. 130–143. – Текст : непосредственный.

73. Зеленева, Ю. А. Нижневолжский центр Улуса Джучи в XIII–XV вв.: историко-археологическая реконструкция (к 770-летию города Сарай) / Ю. А. Зеленева, Е. М. Пигарёв, А. Г. Ситдииков // Археология Евразийских степей. – 2024. – № 2. – С. 82–88. – Текст : непосредственный.

74. Зиливинская, Э. Д. Архитектура Золотой Орды. Часть II. Гражданское зодчество : монография / Э. Д. Зиливинская. – Казань : Отечество, 2018. – 463 с. – Текст : непосредственный. (Для монографии указан общий объем страниц).

75. Зиливинская, Э. Д. Взаимодействие культурных традиций в зодчестве Золотой орды по данным археологии : специальность 07.00.06 «Археология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора исторических наук / Зиливинская Эмма Давидовна. – Москва, 2012. – 48 с. – Текст : непосредственный.

76. Зиливинская, Э. Д. Маджар / Э. Д. Зиливинская // Маджар и Нижний Джулат. Из истории золотоордынских городов Северного Кавказа /

ответственный редактор Б. Х. Бгажноков. – Нальчик : Издательский отдел КБИГИ, 2015. – С. 7–108. – Текст : непосредственный.

77. Злобина, А. Г. Методическое и алгоритмическое обеспечение селективной сегментации данных малоглубинного электропрофилирования и магниторазведки для системы контроля природно-антропогенных сред : специальность 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Злобина Анастасия Геннадьевна. – Ижевск, 2017. – 156 с. – Текст : непосредственный.

78. Зоря, Р. С. Н. Ф. Калинин: изучение и сохранение историко-археологического наследия Болгарского городища / Р. С. Зоря, А. Г. Ситдигов // Археология Евразийских степей. – 2021. – № 2. – С. 348–350. – Текст : непосредственный.

79. Зубарев, В. Г. Магниторазведка на археологическом памятнике Аджиэль 2 (Восточный Крым) в 2019 г. / В. Г. Зубарев, С. Л. Смекалов, С. В. Ярцев // Таврические студии. – Симферополь : Антиква, 2019. – № 19. – С. 56–61. — Текст : непосредственный.

80. Иванов, И. В. Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене / И. В. Иванов, И. Б. Васильев. — Москва : Ин-т почвоведения и фотосинтеза РАН, 1995. – С. 7. – Текст : непосредственный.

81. Ключко, А. А. Георадиолокационные исследования на Старорязанском городище / А. А. Ключко, Д. Л. Шишков, А. В. Чернецов // Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. – Москва : ИА РАН, 2008. – Т. III. – С. 270–272. – Текст : непосредственный.

82. Кольченко, В. А. Геофизические исследования средневековых городов Чуйской долины в 2021 г. / В. А. Кольченко, В. Г. Бездудный, Д. К. Тулуш, А. Г. Ситдигов // Археология Евразийских степей. – 2022. – № 6. – С. 37–58. – Текст : непосредственный.

83. Коробов, Д. С. Основы геоинформатики в археологии : учебное пособие / Д. С. Коробов. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2011. – с. 145. – Текст : непосредственный.

84. Коробов, Д. С. Современные подходы в полевой археологии / Д. С. Коробов // Междисциплинарная интеграция в археологии (по материалам лекций для аспирантов и молодых сотрудников). – Москва : ИА РАН, 2016. – С. 312–342. – Текст : непосредственный.

85. Лапшин, А. С. Исследования на Водянском городище в 2010–2011 гг. / А. С. Лапшин, Е. П. Мыськов. – Волгоград : [б. и.], 2011. – С. 66–67. – Текст : непосредственный.

86. Лопан, О. В. Раскопки на южной окраине Болгарского городища в 2016 году (раскоп ССХVII) / О. В. Лопан, И. В. Волков, А. Г. Ситдииков // Поволжская археология. – 2018. – № 2 (24). – С. 237–250. – Текст : непосредственный.

87. Марчук, В. Н. Результаты применения георадара «Герад-2» в сфере народного хозяйства / В. Н. Марчук, А. С. Бажанов, Г. В. Этенко // Разведка и охрана недр. – 2001. – № 3. – С. 34–36. – Текст : непосредственный.

88. Марчук, В. Н. Методика полевых испытаний многоантенной радарной системы (МАРС300/4) и анализ полученных результатов / В. Н. Марчук, О. А. Бышевский-Конопко, В. Г. Бездудный // Армандовские чтения : материалы III Всероссийской научной конференции (Муром, 25–27 июня 2013 г.). – Муром : МИ ВлГУ, 2013. – С. 170–173. – Текст : непосредственный.

89. Марчук, В. Н. Моделирование работы георадара численными методами / В. Н. Марчук, В. Н. Секистов, В. М. Смирнов, О. В. Юшкова // Вопросы подповерхностной радиолокации / под редакцией А. Ю. Гринева. – Москва : Радиотехника, 2005. – С. 63–81. – Текст : непосредственный.

90. Марчук, В. Н. Результаты обработки радиолокационных данных многоканального 3-D георадара / В. Н. Марчук, В. М. Смирнов, О. А. Юшкова [и др.] // Журнал радиоэлектроники : [сетевое издание]. – 2013. – № 1. – С. 4. – URL: [splire.ru](http://splire.ru) (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

91. Меркулов, С. В. Первые результаты георадарного обследования поселений с каменной архитектурой эпохи позднего бронзового — раннего железного века на Северном Кавказе / С. В. Меркулов, С. Райнхольд // Археология и геоинформатика. — 2006. — Вып. 3. — URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-3/Merkulov/page1.html> (дата обращения: 26.12.2025). — Текст : электронный.

92. Меркулов, С. В. Георадарное обследование курганных могильников и поселений сарматской эры / С. В. Меркулов, Е. С. Меркулов. — 2006. — URL: <http://radar-stv.narod.ru/works/arheology/arheology.html> (дата обращения: 26.12.2025). — Текст : электронный.

93. Модин, И. Н. Комплексные геофизические исследования археологического памятника Пор-Бажын / И. Н. Модин, А. А. Бобачев, В. Г. Гайнанов, М. Я. Кац // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. — 2010. — № 6. — С. 97–102. — Текст : непосредственный.

94. Молодин, В. И. Чича — городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи (первые результаты исследований) / В. И. Молодин, Г. Парцингер, Ю. Н. Гаркуша [и др.]. — Новосибирск : Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2001. — Т. 1. — С. 115–121. — Текст : непосредственный.

95. Муравьев, Л. А. Полевые исследования метрологических характеристик пешеходных магнитометров POS / Л. А. Муравьев // Науки о Земле : международный научно-технический и производственный журнал. — 2011. — № 1. — С. 23–44. — Текст : непосредственный.

96. Насыртдинов, Б. М. Магнитная съемка : учебно-методическое пособие по учебной геофизической практике / Б. М. Насыртдинов, Г. С. Хамидуллина, А. Н. Даутов. — Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2017. — 22 с. — Текст : непосредственный.

97. Насыртдинов, Б. М. Результаты детальных магниторазведочных исследований на территории Болгарского городища в 2012–2015 гг. / Б. М. Насыртдинов, Д. И. Хасанов, В. В. Георгиев // Поволжская археология. — 2017. — № 4 (22). — С. 36–40. — Текст : непосредственный.

98. Никитский, В. Е. Магниторазведка : справочник геофизика / В. Е. Никитский, Ю. С. Глебовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990. – С. 23–44. – Текст : непосредственный.

99. Новиков, К. В. Магниторазведка : учебно-методическое пособие / К. В. Новиков, В. Ю. Абрамов, А. А. Иванов, П. В. Новиков. – Москва : РУДН, 2023. – 67 с. – Текст : непосредственный.

100. Пигарев, Е. М. Гончарное производство золотоордынского города Сарай (Селитренное городище) / Е. М. Пигарев // Материалы и исследования по археологии Поволжья. Вып. 7 : Селитренное городище. – Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2015. – С. 208. – Текст : непосредственный.

101. Пигарёв, Е. М. Использование методики ДЗЗ при исследовании археологических памятников золотоордынской эпохи на территории Астраханской области / Е. М. Пигарёв // Проблемы археологии Нижнего Поволжья : материалы V Международной археологической конференции (Элиста, 15–18 ноября 2016 г.). – Элиста : Изд-во Калмыцкого ун-та, 2016. – С. 155–159. – Текст : непосредственный.

102. Пигарёв, Е. М. Исследования золотоордынского городища у с. Лапас / Е. М. Пигарёв // Особо охраняемые территории и формирование здорового образа жизни : тезисы докладов первого международного симпозиума. – Волгоград, 1997. – С. 21–22. – Текст : непосредственный.

103. Пигарев, Е. М. Предварительные результаты геофизических исследований комплекса мавзолеев у села Лапас Астраханской области / Е. М. Пигарев // Кочевые империи Евразии в свете археологических и междисциплинарных исследований : сборник научных статей IV Международного конгресса средневековой археологии евразийских степей. В 2 кн. Кн. 1. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2019. – С. 162–166. – Текст : непосредственный.

104. Пигарёв, Е. М. Монетные находки с городищ «Красный Яр», «Лапас» и «Чертово городище». Астраханская область 2001–2003 гг. / Е. М. Пигарёв, С. Ю. Скисов, Г. А. Лосев, А. П. Минаев // Монеты и денежное обращение в

монгольских государствах XIII–XV веков : труды международных нумизматических конференций. – Москва : Информэлектро, 2005. – С. 149–152. – Текст : непосредственный.

105. Пигарёв, Е. М. Селитренное городище. История исследований / Е. М. Пигарёв // Материалы и исследования по археологии Поволжья. Вып. 11. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2019. – С. 308. – Текст : непосредственный.

106. Пигарёв, Е. М. Черепяное поле. Селитренное городище / Е. М. Пигарёв // Материалы и исследования по археологии Поволжья. Вып. 14. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2022. – С.204 – Текст : непосредственный.

107. Поваренных, А. С. О дегидрации и термической диссоциации минералов / А. С. Поваренных // Труды Минералогического музея. Вып. 9 / Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР. – Москва : Изд-во АН СССР, 1959. – С. 99. – Текст : непосредственный.

108. Подповерхностная радиолокация / под редакцией М. И. Финкельштейна. – Москва : Радио и связь, 1994. – 216 с. – Текст : непосредственный.

109. Позднякова, О. А. Оценка перспектив применения магниторазведки для изучения археологических памятников / О. А. Позднякова // Вестник НГУ. Серия: История, филология. – 2020. – Т. 19, вып. 5: Археология и этнография. – С. 44–57. – Текст : непосредственный.

110. Позднякова, О. А. Поиск и диагностика структуры археологических памятников Обь-Иртышского междуречья магнитометрическими методами : специальность 07.00.06 «Археология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук / Позднякова Ольга Аликовна. – Новосибирск, 2020. – 254 с. – Текст : непосредственный.

111. Помозов, В. В. Георадар как универсальный поисковый прибор / В. В. Помозов, Н. П. Семейкин // НИИ Приборостроения им. В. В. Тихомирова. – 1990. – URL: <https://georibori.ru/art.php?id=448> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

112. Радюш, О. А. Исследования магнитометрическими методами грунтового могильника черняховской культуры Пены (пос. им. К. Либкнехта) в Курской области / О. А. Радюш, В. Г. Бездудный // Археология и геоинформатика. – 2019. – № 9. – URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-9/Bezudny/page1.html> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

113. Резников, А. Е. Разработка аппаратуры, методов обработки данных для электромагнитного подповерхностного зондирования и опыт их применения / А. Е. Резников, В. В. Копейкин, П. А. Морозов, А. Ю. Щекотов // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170, № 5. – С. 565–568. – Текст : непосредственный.

114. Родин, А. Российские ученые создали дрон с георадаром для поиска мин с воздуха / А. Родин // Газета.ru : [сайт]. – 2023. – 21 ноября. – URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/102839-rossijskie-uchenyie-sozdali-dron-s-georadarom-dlya-poiska-min-s-vozduha/> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

115. Ротштейн, А. Я. Протонные магнитометры / А. Я. Ротштейн, В. С. Цирель. – Москва : Госгеолтехиздат, 1963. – 48 с. – Текст : непосредственный.

116. Рудаков, В. Г. Селитренное городище: хронология и топография : специальность 07.00.06 «Археология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук / Рудаков Вадим Геннадьевич. – Москва, 2007. – 234 с. – Текст : непосредственный.

117. Ситдинов, А. Г. Раскопки на юго-западной окраине Болгарского городища (раскопы ССИ, ССII и ССIII) / А. Г. Ситдинов, И. В. Волков, О. В. Лопан // Археологические исследования 2014 г.: Болгар и Свияжск. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2015. – С. 43–45. – Текст : непосредственный.

118. Ситдинов, А. Г. Объекты археологической архитектуры эпохи Золотой Орды на территории Астраханской области (перспективы исследования, сохранения и использования) / А. Г. Ситдинов, Е. М. Пигарёв // Львовские чтения : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции (Астрахань, 7–9 ноября 2023 г.) / под общей редакцией С. А. Берёзкина. –

Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 161–171. – Текст : непосредственный.

119. Ситдииков, А. Г. Археологические исследования на Царевском городище Волгоградской области в 2023 г. / А. Г. Ситдииков, Е. М. Пигарёв // Археология Евразийских степей. – 2024. – № 6. – С. 238–250. – Текст : непосредственный.

120. Ситдииков, А. Г. Комплекс мавзолеев у с. Лапас: к вопросу об атрибуции памятника / А. Г. Ситдииков, Е. М. Пигарёв, М. К. Сарыбаев // Археология Евразийских степей. – 2023. – № 6. – С. 259–270. – Текст : непосредственный.

121. Слепак, З. М. Геофизика для города на примере территории г. Казани / З. М. Слепак. – Тверь : ГЕРС, 2007. – 240 с. – Текст : непосредственный.

122. Слепак, З. М. Разведочная геофизика в археологии (на примере объектов археологии Казанского ханства и Волжской Булгарии) / З. М. Слепак. – Казань : Изд-во Казанского гос. ун-та, 2010. – 223 с. – Текст : непосредственный.

123. Смекалов, С. Л. Распознавание подповерхностных объектов по аномалиям земного магнитного поля / С. Л. Смекалов, Т. Н. Смекалова, Д. Л. Федоров // Информация и Космос. – 2004. – № 4. – С. 37–42. – Текст : непосредственный.

124. Смекалова, Т. Н. Магнитная разведка в археологии. 15 лет применения Оверхаузеровского градиентометра GSM-19WG / Т. Н. Смекалова, О. Восс, А. Мельников. – Симферополь : Доля, 2010. – 76 с. – Текст : непосредственный.

125. Смекалова, Т. Н. Физические методы в полевой археологии : специальность 07.00.06 «Археология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук / Смекалова Татьяна Николаевна. – Москва, 1991. – 210 с. – Текст : непосредственный.

126. Смекалова, Т. Н. Естественнонаучные методы в изучении раннесредневекового керамического центра Илька 2 в Горном Крыму и его

продукции / Т. Н. Смекалова, В. Е. Науменко, М. А. Кулькова [и др.] // Краткие сообщения Института археологии. – 2020. – Вып. 258. – С. 326–340. – Текст : непосредственный.

127. Станюкович, А. К. Основные методы археологической геофизики / А. К. Станюкович // Естественно-научные методы в археологии. – Москва : ИА РАН, 1997. – Вып. 1. – С. 21–41. – Текст : непосредственный.

128. Станюкович, А. К. Развитие археологической геофизики в СССР / А. К. Станюкович. – Москва : ИА РАН, 1990. – 48 с. – Текст : непосредственный.

129. Старовойтов, А. В. Интерпретация георадиолокационных данных / А. В. Старовойтов. – Москва : КДУ : Добросвет, 2023. – 188 с. – Текст : непосредственный.

130. Тизенгаузен, В. Г. Сборник материалов, относящихся к истории Золотой Орды / В. Г. Тизенгаузен. — Санкт-Петербург : Тип. Имп. АН, 1884. – Т. 1 : Извлечения из сочинений арабских. – С. 278–294. – Текст : непосредственный.

131. Фассбиндер, Дж. В. Э. Появление магнитных бактерий в почве / Дж. В. Э. Фассбиндер, Х. Станжек, Х. Вали. – Текст : непосредственный // Nature. – 1990. – Vol. 343, no. 6254. – P. 161–163.

132. Фассбиндер, Й. В. Е. Магнитометрия в археологии – от теории к практике / Й. В. Е. Фассбиндер // Российская археология. – 2017. – № 3. – С. 75–91. – Текст : непосредственный.

133. Федоров-Давыдов, Г. А. Город Болгар: монументальное строительство, архитектура, благоустройство / Г. А. Федоров-Давыдов. – Москва : Наука, 2001. – 365 с. – Текст : непосредственный.

134. Федоров-Давыдов, Г. А. Город Болгар. Очерки культуры / Г. А. Федоров-Давыдов. – Москва : Наука, 1987. – 223 с. – Текст : непосредственный.

135. Финкельштейн, М. И. Подповерхностная радиолокация / М. И. Финкельштейн, В. И. Карпухин, В. А. Кутев, В. Н. Метелкин. – Москва : Радио и связь, 1994. – 216 с. – Текст : непосредственный.

136. Финкельштейн, М. И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М. И. Финкельштейн, В. А. Кутев, В. П. Золотарев. – Москва : Недра, 1986. — Цит. по: Разведка и охрана недр. – 2001. – № 6. – С. 34–36. – Текст : непосредственный.

137. Финкельштейн, М. И. Радиолокация слоистых земных покровов / М. И. Финкельштейн, В. Л. Мендельсон, В. А. Кутев. — Москва : Советское радио, 1977. – 174 с. – Цит. по: Резников А. Е. [и др.]. Указ. соч. – Текст : непосредственный.

138. Франтов, Г. С. Геофизика в археологии / Г. С. Франтов, А. А. Пинкевич. – Ленинград : Недра, 1966. – 212 с. – Текст : непосредственный.

139. Хованская, О. С. Гончарное дело города Болгара / О. С. Хованская // Труды Куйбышевской археологической экспедиции. Т. I / ответственный редактор А. П. Смирнов. – Москва : Изд-во АН СССР, 1954. – С. 356–368. – (Материалы и исследования по археологии СССР ; № 42). – Текст : непосредственный.

140. Хузин, Ф. Ш. Великий город на Черемшане: стратиграфия, хронология. Проблемы Биляра-Булгара / Ф. Ш. Хузин ; ответственный редактор А. Х. Халиков. – Казань : ИЯЛИ АН РТ, 1995. – 223 с. – Текст : непосредственный.

141. Хузин, Ф. Ш. Билярской археологической экспедиции – 50 лет: итоги и проблемы исследований Великого города / Ф. Ш. Хузин, С. И. Валиулина, З. Г. Шакиров // Археология Евразийских степей. – 2017. – № 1. – С. 10–23. – Текст : непосредственный.

142. Чекалин, Ф. Ф. Саратовское Поволжье в XIV веке по картам того времени и археологическим данным / Ф. Ф. Чекалин // Труды Саратовской ученой архивной комиссии. – Саратов, 1889. – Т. 2, вып. 1. – С. 15–30. – Текст : непосредственный.

143. Шакиров, З. Г. Использование дистанционных методов выявления древних объектов и соотнесение их результатов с материалами раскопок (на примере Билярского городища) / З. Г. Шакиров, В. Г. Бездудный // Этносы и

культуры Урало-Поволжья: история и современность : материалы Юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых / ответственный редактор А. Т. Ахатов. – Уфа : ИЭИ УНЦ РАН, 2016. – С. 225–228. – Текст : непосредственный.

144. Шакиров, З. Г. Использование дистанционных и геофизических методов в работе Билярской археологической экспедиции / З. Г. Шакиров, Ф. Ш. Хузин, В. Г. Бездудный // Археология и геоинформатика : тезисы докладов Третьей Международной конференции / ответственные редакторы В. И. Гуляев, Д. С. Коробов. – Москва : ИА РАН, 2017. – С. 59–61. – Текст : непосредственный.

145. Шилик, К. К. О магниторазведке гончарных печей у Чабан-Ку / К. К. Шилик // Краткие сообщения Института археологии. – 1974. – Вып. 140. – С. 115–120. – Текст : непосредственный.

146. Шилик, К. К. Применение магниторазведки при исследовании средневековых памятников в Крыму / К. К. Шилик // Краткие сообщения Института археологии. – 1968. – Вып. 113. – С. 123–130. – Текст : непосредственный.

147. Шмидт, А. Археология, магнитные методы / А. Шмидт // Энциклопедия геомагнетизма и палеомагнетизма / Д. Губбинс, Э. Эрреро-Бервера. – 2007. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/228666190\\_Archaeology\\_magnetic\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/228666190_Archaeology_magnetic_methods) (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

148. Шульгин, П. М. Природный ландшафт Болгарского городища / П. М. Шульгин, О. Е. Штеле, В. Н. Калуцков // Город Болгар: история изучения и сохранения / ответственный редактор А. Г. Ситдинов. – Москва : Наука, 2021. – С. 96–101. – Текст : непосредственный.

149. Эвлия Челеби. Книга путешествия. Извлечения из сочинения турецкого путешественника XVII века. Вып. 2: Земли Северного Кавказа, Поволжья и Подонья / Эвлия Челеби ; перевод и комментарии А. П. Григорьева, А. Д. Желтякова. – Москва : Наука, 1979. – URL:

<https://djvu.online/file/OURE0QeKzgx08> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

150. Эйткин, М. Дж. Физика и археология / М. Дж. Эйткин ; перевод с английского. – Москва : Иностранная литература, 1963. – URL: [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_006372267/](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006372267/) (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

151. Эйткин, М. Применение физики в археологии / М. Эйткин // Успехи физических наук. – 1965. – Т. 87, вып. 2. – С. 328–344. – Текст : непосредственный.

152. Энговатова, А. В. Геофизические методы локализации археологических объектов: уточнение местонахождения Писаревского пруда в Троице-Сергиевой лавре (работы 2015 года) / А. В. Энговатова, Е. Е. Васильева, В. Г. Бездудный, В. Н. Марчук // Археология Подмосковья : материалы научного семинара / ответственный редактор А. В. Энговатова. – Москва : ИА РАН, 2017. – Вып. 13. – С. 256–260. – Текст : непосредственный.

153. Эпов, М. И. Возможности применения высокочастотного магнитометра для легких БПЛА в археологии / М. И. Эпов, А. П. Фирсов, И. Н. Злыгостев [и др.] // Археология и геоинформатика. – 2017. – № 8. – С. 63–65. – Текст : непосредственный.

154. Яблонский, Л. Т. Некрополи Болгара / Л. Т. Яблонский // Город Болгар. Очерки культуры / ответственный редактор Г. А. Федоров-Давыдов. – Москва : Наука, 1987. – С. 125–140. – Текст : непосредственный.

155. Aitken, M. J. Magnetic prospecting, I / M. J. Aitken // *Archaeometry*. – 1958. – Vol. 1, no. 1. – P. 24–29. – Текст : непосредственный.

156. Andrianov, V. A. Experimental results of remote radar sensing of frozen soils / V. A. Andrianov, V. N. Marchuk, S. D. Nasaranko, D. Ya. Shtern // Third International Conference on ground penetrating radar : abstracts. – Lakewood, CO : U.S. Geological Survey, 1990. – P. 2. – Текст : непосредственный.

157. Barba, L. Study of substructures and mural paintings using GPR at Cacaxtla, Tlaxcala, central Mexico / L. Barba, J. A. Lopez, T. Villa, J. Blancas //

Proceedings of the 8th International Conference on Ground Penetrating Radar. – Gold Coast, 2000. – P. 201–203. – Текст : непосредственный.

158. Becker, H. Magnetic Prospection in Archaeological Sites / H. Becker, J. W. E. Fassbinder. – Paris : ICOMOS, 2001. – 201 p. – URL: [https://www.academia.edu/1633319/Magnetic\\_prospecting\\_in\\_archaeological\\_sites](https://www.academia.edu/1633319/Magnetic_prospecting_in_archaeological_sites) (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

159. Belinskij, A. B. The use of modern technologies in archaeological prospection: experience from SUO «Nasledie» / A. B. Belinskij, S. V. Merkulov // Archaeologia Polona. – Warsaw : Institute of Archaeology and Ethnology PAS, 2003. – Vol. 41. – P. 128–129. – URL: <http://www.nasledie.org/v3/ru/> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

160. Buderer, R. The Invention That Changed the World / R. Buderer. – New York : Simon & Schuster, 1996. – 544 p. – Текст : непосредственный.

161. Casas, A. Archaeological survey at the Lugo Roman wall using GPR (Galicia, NW Spain) / A. Casas, R. Lazaro, M. Vilas [et al.] // Environmental and Engineering Geophysics : proceedings of the 3rd Meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society (European Section). – Aarhus, 1997. – P. 483–486. – Текст : непосредственный.

162. Clark, A. Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology / A. Clark. – London : B.T. Batsford Ltd, 1996. – 192 p. – Текст : непосредственный.

163. Conyers, L. B. Ground-Penetrating Radar for Geoarchaeology / L. B. Conyers. – Chichester : Wiley Blackwell, 2016. – 160 p. – Текст : непосредственный.

164. Cook, J. C. Proposed monocyte-pulse, VHF radar for airborne ice and snow measurements / J. C. Cook // AIEE Transactions, Part I: Communication and Electronics. – 1960. – Vol. 79, no. 5. – P. 588–594. – Текст : непосредственный.

165. Cook, J. C. Radar transparencies of mine and tunnel rocks / J. C. Cook // Geophysics. – 1975. – Vol. 40, no. 5. – P. 865–885. – Текст : непосредственный.

166. Dabas, M. Simultaneous use of electrostatic quadrupole and GPR in urban context: investigation of the basement of the Cathedral of Girona (Catalunya, Spain) / M. Dabas, C. Camerlynck, P. Freixas, I. Camps // Proceedings of the 8th International

Conference on Ground Penetrating Radar. – Gold Coast, 2000. – P. 526–531. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/240737547> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

167. Danelli, D. High resolution satellite imagery and archaeology: a theoretical approach / D. Danelli // Археология и геоинформатика. – 2019. – Вып. 9. – URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-9/> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

168. David, A. Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation / A. David, N. Linford, P. Linford [et al.]. – Swindon : English Heritage, 2008. – 61 p. – Текст : непосредственный.

169. Goodman, D. GPR surveying over burial mounds: correcting for topography and the tilt of the GPR antenna / D. Goodman, H. Hongo, N. Higashi [et al.] // Near Surface Geophysics. – 2007. – Vol. 5, no. 6. – P. 383–388. – Текст : непосредственный.

170. Di Filippo, M. Geophysical research on Via Appia: the so-called «Monte di Terra» funeral monument / M. Di Filippo, M. Marchetti, S. Urbini [et al.] // Proceedings of the 6th International Conference on Archaeological Prospection (Rome, September 14–17, 2005). – Rome, 2005. – P. 292–293. – Текст : непосредственный.

171. Diamanti, N. The WARR Machine: System Design, Implementation and Data / N. Diamanti, E. J. Elliott, S. R. Jackson, P. Annan // Journal of Environmental and Engineering Geophysics. – 2018. – Vol. 23, no. 4. – P. 469–487. – DOI: 10.2113/JEEG23.4.469. – Текст : непосредственный.

172. Evans, S. Radio techniques for the measurement of ice thickness / S. Evans // Polar Record. – 1963. – Vol. 11, no. 73. – P. 406–410. – Текст : непосредственный.

173. Fassbinder, J. W. E. Magnetometerprospektion des neolithischen Erdwerkes von Altheim / J. W. E. Fassbinder // Das archäologische Jahr in Bayern 2009. – 2010. – S. 26–29. – Текст : непосредственный.

174. Fassbinder, J. W. E. Magnetometry for Archaeology / J. W. E. Fassbinder // Encyclopedia of Geoarchaeology. – 2008. – URL: <https://www.academia.edu/1502519/> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

175. Fassbinder, J. W. E. Unter Acker und Wadi: Magnetometerprospektion in der Archäologie / J. W. E. Fassbinder // Einführung in die Archäometrie / Hrsg. G. A. Wagner. – Heidelberg : Springer, 2007. – URL: <https://archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-7/Fassbinder/fassbinder.html> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

176. Finetti, I. Multifold GPR investigation of the Aquileia Archaeological Park / I. Finetti, M. Pipan, G. Gandotti // Proceedings of the 11th Meeting of Environmental and Engineering Geophysics (EEGS-ES). – Turin, 2005. – P. 316–319. – Текст : непосредственный.

177. Gaffney, C. F. Large scale systematic fluxgate gradiometry at the Roman City of Wroxeter / C. F. Gaffney, J. A. Gater, P. K. Linford [et al.] // Archaeological Prospection. – 2000. – Vol. 7, no. 2. – P. 81–99. – Текст : непосредственный.

178. Goodman, D. GPR surveying over burial mounds: correcting for topography and the tilt of the GPR antenna / D. Goodman, H. Hongo, N. Higashi [et al.] // Near Surface Geophysics. – 2007. – Vol. 5, no. 6. – P. 383–388. – Текст : непосредственный.

179. Herbich, T. Magnetic prospecting in archaeological research: a historical outline / T. Herbich // Archaeologia Polona. – Warsaw : Institute of Archaeology and Ethnology PAS, 2015. – Vol. 53. – P. 22–68. – Текст : непосредственный.

180. Holczinger, M. Multipurpose geophysical investigation on Buda Castle Hill / M. Holczinger, Zs. Pattantyús, L. Prónay [et al.] // 5th Meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society (European Section) : proceedings. – Budapest, 1999. – URL: [earthdoc.org](http://earthdoc.org) (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

181. Iqbal, I. Analysis of 2D and 3D GPR data interpretation using continuous wavelet transforms: case study from an archaeological test site / I. Iqbal, B. Xiong, G.

Tian, A. Ali // *Frontiers in Earth Science* : [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2022.1008757/full> (дата обращения: 27.12.2025). – Текст : электронный.

182. Korobov, D. S. Geophysical and archaeological survey of the Alanic barrow cemeteries in the Northern Caucasus (Russia) / D. S. Korobov, V. Yu. Malashev, J. W. E. Fassbinder // *ArcheoSciences : revue d'archéométrie*. – 2021. – No. 45. – P. 87–90. – Текст : непосредственный.

183. Dolphin, L. Ground penetrating radar (GPR), usage and limitations / L. Dolphin. – 1995. – URL: [ldolphin.org](http://ldolphin.org) (дата обращения: 20.12.2025). – Текст : электронный.

184. Dolphin, L. How geophysical methods can help the archaeologist / L. Dolphin // *Lambert Dolphin Library* : [сайт]. – 2011. – URL: <https://www.ldolphin.org/Geoarch.html> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

185. Dolphin, L. How geophysical methods can help the archaeologist / L. Dolphin. – 1995. – URL: <http://www.ldolphin.org/> (дата обращения: 20.12.2025). – Текст : электронный.

186. Dolphin, L. Geophysical exploration in Israel: the 1983 field season / L. Dolphin. – 1983. – URL: <http://ldolphin.org/> (дата обращения: 23.12.2025). – Текст : электронный.

187. Conyers, L. B. *Ground-Penetrating Radar: An Introduction for Archaeologists* / L. B. Conyers, D. Goodman. – Walnut Creek, CA : AltaMira Press, 1997. – 232 p. – URL: [academia.edu](http://www.academia.edu) (дата обращения: 23.12.2025). – Текст : электронный.

188. Moffatt, D. L. A subsurface electromagnetic pulse radar / D. L. Moffatt, R. J. Puskar // *Geophysics*. – 1976. – Vol. 41, no. 3. – P. 506–518. – Цит. по: Сметоев, С. М. *The History of Ground Penetrating Radar (GPR)*. – 2000. – Текст : непосредственный.

189. Neubauer, W. Kombination archäologisch-geophysikalischer Prospektionsmethoden am Beispiel der römischen Zivilstadt Carnuntum / W. Neubauer, A. Eder-Hinterleitner, S. S. Seren [et al.] // *Archaeologia Austriaca*. – 1999. – Bd. 82/83. – S. 25–32. – Текст : непосредственный.

190. Orlando, L. Georadar and magnetic data for the characterization of the archaeological site (case study) / L. Orlando // *Proceedings of the 6th International Conference on Archaeological Prospection (Rome, September 14–17, 2005)*. – Rome, 2005. – P. 62–65. – Текст : непосредственный.

191. Packard, M. Free nuclear induction in the earth's magnetic field / M. Packard, R. Varian // *Physical Review*. – 1954. – Vol. 93, no. 4. – P. 941–945. – Текст : непосредственный.

192. Parcak, S. H. *Satellite Remote Sensing for Archaeology* / S. H. Parcak. – New York : Routledge, 2009. – 289 p. – Текст : непосредственный. (В исходнике указана фамилия Routledge, но это название издательства; автор книги – Sarah Parcak).

193. Sarris, A. Geological and geophysical investigations in the Roman cemetery at Kenchreai (Korinthia), Greece / A. Sarris, R. K. Dunn, J. L. Rife [et al.] // *Archaeological Prospection*. – 2007. – Vol. 14, no. 1. – P. 1–23. – Текст : непосредственный.

194. Schmidt, A. Archaeology, magnetic methods / A. Schmidt // *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism* / eds.: D. Gubbins, E. Herrero-Bervera. – New York : Springer, 2007. – P. 23–31. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/228666190> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

195. Scollar, I. Computer treatment of magnetic measurements from archaeological sites / I. Scollar, F. Krückeberg // *Archaeometry*. – 1966. – Vol. 9, no. 1. – P. 61–71. – Текст : непосредственный.

196. Shaaban, F. A. Mapping buried archaeological remains using GPR surveys at the Isis temple, Bahbeit el-Heraga area, Nile Delta, Egypt / F. A. Shaaban,

F. F. Shaaban, A. M. Abbas, A. H. Al-Essawy // *Archaeological Prospection*. – 2009. — Vol. 16, no. 1. – P. 9–21. – Текст : непосредственный.

197. Smemoe, C. M. *The History of Ground Penetrating Radar (GPR)* / C. M. Smemoe. – Provo, UT : Brigham Young University, 2000. – URL: <http://www.emrl.byu.edu/chris/gpr.htm> (дата обращения: 26.12.2025). – Текст : электронный.

198. Stern, W. Über Grundlagen, Methodik und bisherige Ergebnisse elektrodynamischer Dickenmessung von Gletschereis / W. Stern // *Zeitschrift für Gletscherkunde*. – 1930. – Bd. 18. – S. 24–42. – Текст : непосредственный.

199. Ulriksen, P. F. *Application of impulse radar to civil engineering* : Ph.D. Thesis / P. F. Ulriksen. – Lund : Lund University of Technology, 1982. – 179 p. – Текст : непосредственный.

200. Vukadinovich, S. Combined geoelectrical and GPR investigation of the Neolithic archaeological settlement «Plocnik» – «Serbia» / S. Vukadinovich, B. Sretenovich, D. Sljivar // *Proceedings of the 5th Meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society (European Section)*. – Budapest, 1999. – P. ArP2–ArP3. – Текст : непосредственный.

201. Wyatt, D. E. *Geophysics and shallow faults in unconsolidated sediments* / D. E. Wyatt, M. G. Waddell, G. B. Sexton // *Ground Water*. – 1996. – Vol. 34, no. 2. — P. 326–334. – Текст : непосредственный.