



УДК 528.88
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-4-481-504

Страна городов: комплексные исследования городищ Волжской Булгарии

¹Усманов Б.М., ²Гайнуллин И.И., ¹Гафуров А.М., ¹Иванов М.А.,
¹Хомяков П.В., ³Губайдуллин А.М., ¹Ермолаев О.П., ³Абдуллин Х.М.,
¹Саламатина Н.С., ²Касимов А.В.

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Россия, 420097, г. Казань, ул. Товарищеская, 5

²Автономная некоммерческая организация
"Научно-исследовательский центр "Страна городов",
Россия, 420029, г. Казань, ул. 8 Марта, 12

³Институт археологии им. А.Х. Халикова академии наук Республики Татарстан,
Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 30

E-mail: busmanof@kpfu.ru, gainullis@gmail.com, gafurov.kfu@gmail.com

Аннотация. В рамках выполнения проекта РФФИ «Древности», на исторической территории Волжской Булгарии, одного из ранних средневековых государств на территории Восточной Европы, существовавшего в X – начале XIII вв., осуществлен сбор информации о средневековых городищах с использованием комплексного (мультидисциплинарного) подхода и современных методов исследований, проведены исследования пространственных взаимосвязей и региональных закономерностей размещения археологических памятников изучаемого региона, сделана оценка их трансформации негативными природными и антропогенными процессами. Впервые для исследуемой территории собрана и систематизирована разрозненная информация о средневековых городищах, заново интерпретированы археологические материалы, выявлены и количественно оценены риски разрушения средневековых городищ природно- и антропогенно-обусловленными процессами. Впервые создаются специализированная ГИС и геопортал открытого пользования для объектов археологического наследия – городищ Волжской Булгарии.

Ключевые слова: археологическое наследие, фортификационные сооружения, опасные экзогенные процессы, антропогенное воздействие, оценка состояния, данные дистанционного зондирования, геоинформационные системы, геопортал.

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-09-40114.

Для цитирования: Усманов Б.М., Гайнуллин И.И., Гафуров А.М., Иванов М.А., Хомяков П.В., Губайдуллин А.М., Ермолаев О.П., Абдуллин Х.М., Саламатина Н.С., Касимов А.В. 2021. Страна городов: комплексные исследования городищ Волжской Булгарии. Региональные геосистемы, 45 (4): 481–504. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-481-504



Country of Cities: Comprehensive Research of the Fortified Settlements of the Volga Bulgaria

¹Bulat M. Usmanov, ²Iskander I. Gainullin, ¹Artur M. Gafurov, ¹Maxim A. Ivanov,
¹Peter V. Khomyakov, ³Airat M. Gubaidullin, ¹Oleg P. Yermolaev,
³Khalim M. Abdullin, ¹Nadezhda S. Salamatina, ²Alexey V. Kasimov

¹Kazan Federal University,

5 Tovarishcheskaya St, Kazan 420097, Russia

²Autonomous non-profit organization "Research Center" Country of Cities",
12 March 8 St, Kazan 420029, Russia

³A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology
of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan,
30 Butlerova St, Kazan 420012, Russia

E-mail: busmanof@kpfu.ru, gainullis@gmail.com, gafurov.kfu@gmail.com

Abstract. As part of the RFBR project "Antiquities", on the historical territory of Volga Bulgaria, one of the earliest medieval states in Eastern Europe, which existed in the 10th - early 13th centuries, studies of spatial relationships and regional patterns of placement of medieval settlements were carried out, their transformation was assessed as negative natural and anthropogenic processes, collected information about the archaeological sites of the studied region using an integrated (multidisciplinary) approach and modern research methods. For the first time for the study area, fragmentary information about medieval settlements was collected and organized, archaeological materials were re-interpreted, the risks of destruction of medieval settlements by natural and anthropogenically determined processes were identified and quantified. For the first time, a specialized GIS and an open-source geoportal are being created for objects of archaeological heritage – fortified settlements of the Volga Bulgaria.

Keywords: archaeological heritage, fortifications, hazardous exogenous processes, anthropogenic impact, state assessment, remote sensing data, geographic information systems, geoportal.

Acknowledgment: The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-09-40114.

For citation: Usmanov B.M., Gainullin I.I., Gafurov A.M., Ivanov M.A., Khomyakov P.V., Gubaidullin A.M., Yermolaev O.P., Abdullin Kh.M., Salamatina N.S., Kasimov A.V. 2021. Country of cities: comprehensive research of the fortified settlements of the Volga Bulgaria. Regional geosystems, 45 (4): 481–504. (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-481-504

Введение

Исследования городищ Волжской Булгарии занимают особую страницу в истории изучения археологических памятников периода средневековья территории Волго-Камья. В условиях полного отсутствия болгарских письменных источников периода X–XIII в. именно городища предоставляют уникальные свидетельства о городской жизни Волжской Булгарии, пространственного распределения военных, административных, торговых пунктов и их взаимосвязей, фортификационного зодчества и пр. Благодаря своим характерным отличительным чертам – фортификационным сооружениям, выделяющим их в окружающем ландшафте, уже с XVIII в. они привлекают внимание ученых.

Необходимо отметить, что до сих пор в археологической литературе указанные памятники рассматриваются по устаревшим и неточным планам и описаниям; полного обследования с учетом современных методов и подходов не проводится, также не учитывается их трансформация – разрушение оборонительных сооружений, являющихся уникальным признаком городищ, под воздействием негативных антропогенных и естественных

процессов, сокращение площади памятников, что приводит к утрате их формы и культурного слоя. В этих условиях исследователи оперируют неточными сведениями, приводящими к ошибкам в типологии. Уникальные свидетельства прошлого могут полностью исчезнуть, как, например, в течение последних 60 лет были полностью разрушены оборонительные сооружения Хулашского и Танай-Тураевского городищ.

В сложившейся ситуации, для совершенствования механизмов изучения археологического наследия, наш коллектив авторов предлагает использовать комплексный (мультидисциплинарный) подход, опираясь на современные неразрушающие методы полевых исследований с применением последних технических достижений в области наук о Земле и археологии, основанных на принципе изучения и сохранения археологических памятников с использованием данных дистанционного зондирования Земли и возможностью получения информации о расположении археологических объектов, оценки их формы, размеров и состояния без проведения археологических раскопок, также ведущих к разрушению памятников. Бурный рост цифровых технологий в последней четверти XX – начала XXI вв. привел к широкому их использованию в различных отраслях науки, включая археологию, что позволяет по-новому интерпретировать археологический материал, делая возможным быструю и эффективную обработку больших объемов информации. Можно выделить следующие направления, широко используемые в современной археологии: применение геоинформационных систем, пространственный анализ, обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования, использование беспилотных летательных аппаратов, 3D-моделирование. Как показывает мировая практика, сочетание этих методов позволяет реализовывать комплексные (мультидисциплинарные) проекты по изучению археологического наследия [Коробов, 2012]. Мультидисциплинарный подход дает наиболее значимый результат при проведении полевых исследований, став повседневным для современных археологических работ [Афанасьев и др., 2004; Когобов, 2011]. Особенно актуально совершенствование механизмов комплексного обследования с использованием современных неразрушающих методов в изучении археологического наследия, что позволяет получать новые данные для уже выявленных памятников археологии без нанесения какого-либо ущерба. Инвентаризация уже выявленных памятников, их дообследование, получение точных данных о местоположении и размещении данных в ГИС позволяет изучать и заново интерпретировать археологические материалы, проводя моделирование исторических процессов и пространственно-исторический анализ культурных ландшафтов [Mares, Moschek, 2013].

В последнее время для решения задач археологии все чаще применяется концепция геопорталов – интерактивных карт, позволяющих отображать серию тематических материалов в виде точек, полилиний или полигонов, а также растровых объектов. Существующий опыт доказывает востребованность подобных геоинформационных решений. В качестве примера можно привести веб-ГИС «Atlas of Hillforts of Britain and Ireland» [Pouncett, 2019], геопортал Службы Национальных Памятников Ирландии [Lynch, 2008], геопортал музея Castello di Alceste, Италия, позволяющий «посетить» его в дополненной реальности [Cisternino et al., 2019], информационную систему с BIM-реконструкцией базилики Святого Амвросия в Милане, Италия [Banfi et al., 2019], геопортал объектов культурного наследия Австралии [Nishanbaev, 2020], веб-ГИС «Археологические памятники Крыма» [Lisetskii et al, 2018; Buryak et al., 2019] и многие другие.

В данной статье отражены исследования городищ Волжской Булгарии, проводимые в рамках проекта РФФИ 18-09-40114 «Страна городов» – комплексное изучение городищ Волжской Булгарии современными методами». Целью работы является разработка археологического геопортала, предоставляющего доступ к результатам оценки современного состояния средневековых городищ Волжской Булгарии на основе комплекса неразрушающих методов.



Объекты и методы исследования

Городище – это место, сохранившее следы (остатки) древнего поселения, укрепленного оборонительными сооружениями. Объектами нашего исследования являются городища Волжской Булгарии и последующего золотоордынского периода (X–XV вв.).

Территория исследования – историческая территория Волжской Булгарии, определенная археологическими исследованиями прошлых лет. Волжская Булгария была расположена в Среднем Поволжье и Заволжье (включая территорию нижнего Прикамья), где выделяется несколько географических зон, центральное место в которых занимает Казанское Поволжье. По заключению археологов, территория Волжской Булгарии простиралась от реки Казанки на севере до Самарской Луки на юге и от р. Суры на юго-западе до рек Шешмы и Черемшана на востоке и юго-востоке.

Объекты распределены на данной территории неравномерно, что исторически связано с освоением края болгарским населением в X–XV вв. Наибольшее количество городищ находится в географическом регионе Закамье на территории Республики Татарстан, где находились столицы Волжской Булгарии – Болгар и Биляр.

Хронологически большинство изучаемых памятников археологии относятся к домонгольскому – X–XIII вв. (60 %) и к золотоордынскому – XIII–XV вв. (20 %) периодам существования Волжской Булгарии. Малые городища имеют размеры 1–5 га, а самые большие – до 600 га. Большая часть городищ имеет площадь от 5 до 35 га [Руденко, 2014].

Болгарские городища привлекают внимание исследователей с конца XVIII в. Благодаря многолетним исследованиям дореволюционного, советского и постсоветского периодов, к началу XXI в. было выявлено около 200 болгарских городищ, на основе изучения которых был выпущен ряд обобщающих работ – монографий и статей [Gubajdullin, 2017]. На основании анализа материалов исследований XIX–XX вв., представленных в существующей археологической литературе, к изучению авторами было определено 125 городищ, из которых 119 находятся на территории Республики Татарстан, 2 – в Республике Чувашия и 4 – в Ульяновской области (рис. 1).

Городища с остатками земляных укреплений в их современном состоянии являются природно-антропогенными комплексами, образование которых обусловлено симбиозом приложения труда человека и сил природы [Чижевский, Хисьяметдинова, 2020]. Таким образом, природно-антропогенный характер изучаемых памятников обуславливает методы проводимого исследования, основой которых является комплексный подход, подразумевающий исследование и интерпретацию археологических материалов с момента выявления памятника археологии до настоящего времени, включающий изучение развития негативных процессов, разрушающих памятники археологии, а также прогноз развития изучаемых объектов и процессов в будущем и характеризующийся использованием естественно-научных и историко-археологических подходов в изучении выбранных объектов.

Исторические данные. Источниковой базой исследования явились материалы прошлых лет – архивные материалы, отчеты о проведенных археологических исследованиях и пр., которые предоставляют данные о памятниках на момент их выявления – площадь, характеристику оборонительных сооружений и пр.

В качестве основных исходных картографических материалов были использованы планы генерального межевания конца XVIII – начала XIX веков:

- 1) генеральный геометрический план города Свияжска и его уезда, состоящего в Казанской губернии (масштаб – 2 версты в 1 английском дюйме);
- 2) генеральный уездный план Тетюшского уезда (масштаб – 2 версты в 1 английском дюйме);
- 3) геометрический атлас Буинского уезда (масштаб – 2 версты в 1 английском дюйме);
- 4) генеральный план Казанского уезда (масштаб – 2 версты в 1 английском дюйме);
- 5) генеральный план Спасского уезда (масштаб – 2 версты в 1 английском дюйме);
- 6) генеральный план Елабужского уезда (масштаб – 2 версты в 1 английском дюйме);
- 7) карта Мамадышского уезда (масштаб – 4 версты в 1 английском дюйме).

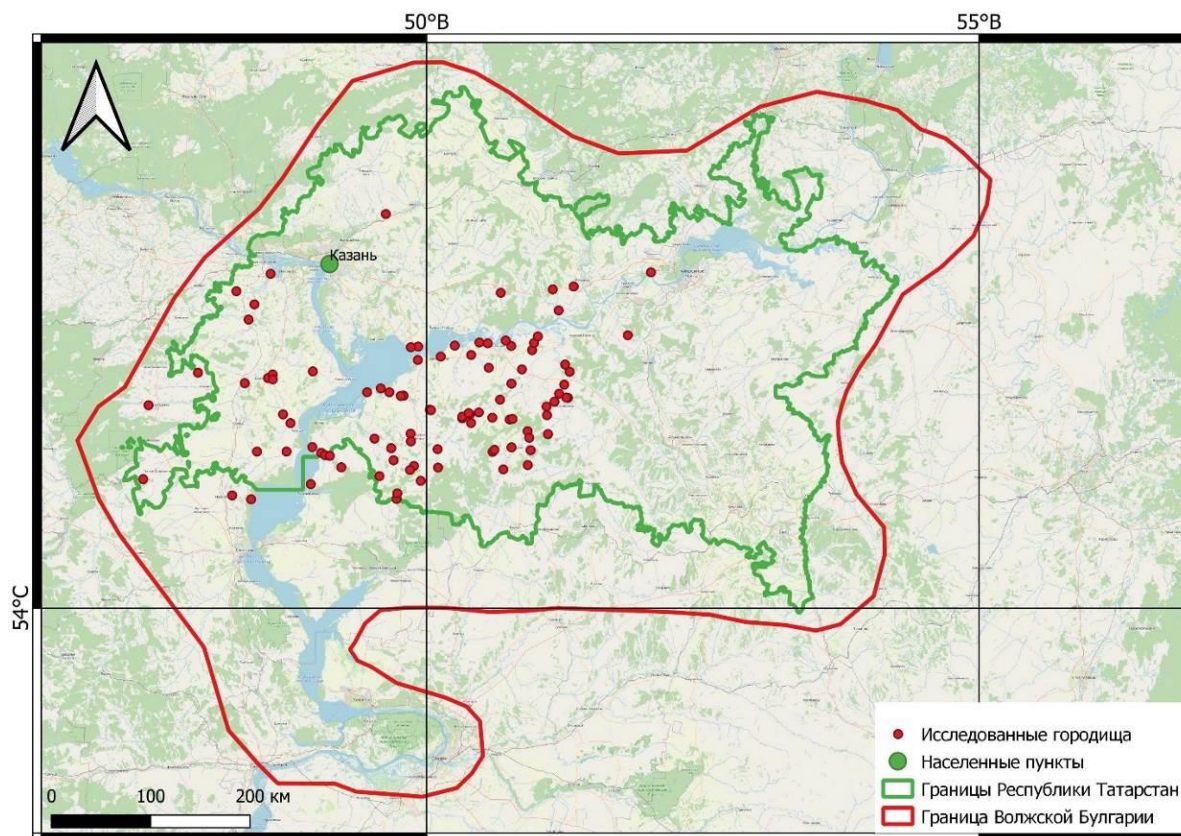


Рис. 1. Обзорная карта исследования в рамках проекта «Страна городов» с границами Волжской Булгарии по [Руденко, 2014]

Fig. 1. Overview map of the research in the "Country of cities" project with the boundaries of the Volga Bulgaria [Rudenko, 2014]

Данные дистанционного зондирования. При оценке изменения состояния укрепленных поселений важнейшим источником являются архивные данные дистанционного зондирования. Анализ аэрофото- и космоснимков 50–80 гг. прошлого столетия позволяет определить точное местоположение памятников археологии, в том числе разрушенных, что дает возможность проводить более достоверный пространственный анализ размещения городищ Волжской Булгарии, а также проводить оценку динамики их разрушения на протяжении последних 60 лет.

В специальном фонде библиотеки Казанского федерального университета были выявлены аэрофотоснимки (масштаб 1:17000, 1:25000) для 50 городищ, включая уже разрушенные. Из открытого архива Геологической службы США (USGS) были скачаны раскращенные снимки космической программы оборонного назначения Corona со спутников KeyHole-4, KeyHole-4A, KeyHole-9. Дата съемки – 1967 и 1975–1977 гг. Для анализа современной структуры земель были использованы безоблачные разносезонные снимки Landsat 8 (Surface Reflectance Level-2 Data Products) за бесснежный период 2015–2019 гг. В качестве рабочей проекции для всех материалов была выбрана Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM, Universal Transverse Mercator) на эллипсоиде WGS84, 39 зона северного полушария.

Привязка архивных данных. Была осуществлена пространственная привязка планов генерального межевания. В качестве основных опорных данных для привязки выступали мозаики Landsat TM размером 5 градусов по широте и 6 градусов по долготу (Tri-Decadal TM Mosaics) из открытого архива Геологической службы США (USGS) с пространственным разрешением 30 м. Поскольку ПГМ выполнены в масштабе 1–2 версты в



1 дюйме, что равно масштабам 1:420000 и 1:840000 соответственно, разрешения снимков Landsat 5 более чем достаточно для поиска опорных точек. В качестве дополнительных данных использовался лист топографической карты 1-N-39 масштаба 1:300000 1946 г., привязанный по регулярной координатной сетке. На данной топокарте отражено состояние местности до создания и заполнения Куйбышевского водохранилища (в отличие от спутниковых снимков), что позволило найти дополнительные опорные точки вблизи берегов р. Волги. Привязка ПГМ проводилась в программе ArcMAP с использованием инструмента «Georeferencing».

Поскольку планы генерального межевания (ПГМ) составлены в конце XVIII – начале XIX вв., поиск опорных точек достаточно затруднителен. В качестве таковых использовались характерные разветвления долинной и овражно-балочной сети, места слияния рек (в случае, если конфигурация на ПГМ и снимке или топокарте визуально совпадала), центры небольших населенных пунктов (опять же в случае максимальной неизменности границ), устья рек, впадающих в р. Волгу. Для каждого плана использовалось достаточно большое количество опорных точек (не менее 30). В силу больших искажений и неточности положения и конфигурации объектов на планах межевания количественная оценка точности привязки и ошибок практически теряет смысл. По этой же причине в качестве метода трансформации при осуществлении привязки использовался полином 3-го порядка, а в некоторых случаях сплайны. Оба метода применяются в подобных работах других исследователей [Cajthaml, 2011; Horodnic et al., 2018].

Так как уезды и их части имеют смежные границы, каждый привязанный план выступал в качестве опорных данных при привязке следующих растров. Поворотные точки на смежных границах использовались как опорные, что позволило с одной стороны увеличить точность привязки, с другой стороны – обеспечить максимально возможное совмещение границ соседних уездов (или их частей) [Иванов и др., 2020].

Так же, как и в случае с планами генерального межевания, привязка архивных аэроснимков и спутниковых снимков KeyHole производилась в программе ArcMAP с использованием инструмента «Georeferencing». Привязка последующих сцен осуществлялась с учетом уже привязанных для достижения максимальной точности. Была оценена как визуальная, так и количественная оценка точности привязки. Среднеквадратичная ошибка для всех сцен не превышает 5 м.

На основе привязанных ПГМ была проведена оценка структуры землепользования вблизи городищ на период конца XVIII – начала XIX вв. Для распознавания современной структуры землепользования по снимкам Landsat 8 был использован метод Random Forest, широко применяемый в настоящее время, в том числе и в историческом контексте [Liu et al., 2018].

Полевые исследования. В рамках реализации проекта был приобретен беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 PRO v2, оснащенный 20-мегапиксельной камерой. В модификацию квадрокоптера были внесены изменения с использованием разработанной отечественной компанией TeoDrone системой синхронизации затвора камеры, также позволяющей заменить встроенную систему позиционирования на ГНСС-решение производства отечественной фирмы EMLID (рис. 2, А).

В качестве ГНСС-приемника выступал модуль EMLID Reach M+ со спиральной антенной TOPGNSS TOP508. Внесенные изменения позволяют осуществлять запись координат с частотой 1 Гц, а время срабатывания затвора камеры сокращено до 0,05 сек. В случае использования обычной, не ГНСС-версии коптера, на территории полигона раскладывались специальные марки, координаты которых определялись ГНСС-приемниками E-Survey (рис. 2, А) и Emlid RS+ (рис. 2, Б).



Рис. 2. БПЛА DJI Phantom 4 Pro v2: А – ГНСС-приемник E-Survey; Б – ГНСС-приемник Emlid RS+
Fig. 2. DJI Phantom 4 Pro v2: A – E-Survey GNSS receiver; B – and Emlid RS+ GNSS receiver

Полет и съемка объектов исследования производились полностью в автоматизированном режиме. Для этого с помощью мобильного ПО DroneDeploy в контроллер БПЛА загружалось полетное задание, включающее в себя высоту полета над точкой взлета, а также продольное и поперечное перекрытие между соседними снимками. Для соблюдения единства методики осуществления полетов на каждом объекте высота полета составила 150 м над точкой взлета, продольное и поперечное перекрытие соседних снимков составило 70 % [Gafurov, 2021].

При камеральной обработке полученных материалов в лог-файл ровера вносилась коррекция с учетом времени задержки срабатывания затвора с помощью ПО UAV Design Tools. RINEX-файл с внесенными изменениями обрабатывался методом PPK в специализированном геодезическом ПО для уравнивания базовых линий. Нами для этого была использована библиотека RTK LIB [Takasu, Yasuda, 2009].

Данные с ГНСС-ровера были пересчитаны на основе данных с базовой станции. Для этого выбиралась ближайшая к участку базовая станция сети SmartNet. Полученные координаты центров проекций снимков в дальнейшем сопоставлялись с файлами снимков с БПЛА, после чего обрабатывались в фотограмметрическом ПО Agisoft Metashape. Методика обработки данных с ГНСС-БПЛА в данном ПО принципиально не отличается от методики обработки с учетом наземных опорных точек.

Далее производилась фототриангуляция и создание плотного облака точек, после чего создаются ЦММ и ортофотоплан.

Методика оценки состояния городищ. Можно выделить 2 группы факторов, влияющих на современное состояние памятников археологии: природные и антропогенные. К природным относятся современные опасные экзогенные процессы, связанные с гравитационным движением масс (овраги, оползни, осыпи и т.п.), развитием флювиальных процессов (реки и водохранилища). К антропогенным относятся все виды антропогенного изменения территории, принятого называть функциональным использованием (распашка, сенокосно-пастбищный, селитебный, транспортный и др.) [Yermolaev et al., 2015]. Таким образом, для оценки рисков разрушения памятников был использован подход, основанный на учете антропогенных и экзогенных природных рисков.

Антропогенные риски рассчитывались на основе кумулятивной балльной оценки на основе типов землепользования на площадке городищ. Всего было выделено 6 преобладающих типов землепользования, представленных в табл. 1.

Таблица 1
 Table 1

Преобладающие типы землепользования на городищах Волжской Булгарии
 The dominant types of land use in the fortified settlements of Volga Bulgaria

Тип землепользования	Параметр	Балл воздействия (x_i)
Древесная и кустарниковая растительность	a	1
Сенокосные угодья	b	2
Пастбищные угодья	c	3
Дороги	d	3
Пашня	e	4
Застройка	f	5

Расчет итоговой оценки антропогенной нагрузки производился по формуле:

$$X_i = (S_i^a \times x_i^a) + (S_i^b \times x_i^b) + (S_i^c \times x_i^c) + (S_i^d \times x_i^d) + (S_i^e \times x_i^e) + (S_i^f \times x_i^f),$$

где S_i – площадь соответствующего типа землепользования.

Оценка экзогенных процессов производилась на основе модели рисков экзогенных процессов Республики Татарстан. Соответствующая карта рассчитывалась на основе регрессии опорных векторов с использованием показателей, представленных в табл. 2. Значения в соответствующей модели варьируются от 0 до 1 в соответствии с вероятностью риска возникновения экзогенного процесса (рис. 3).

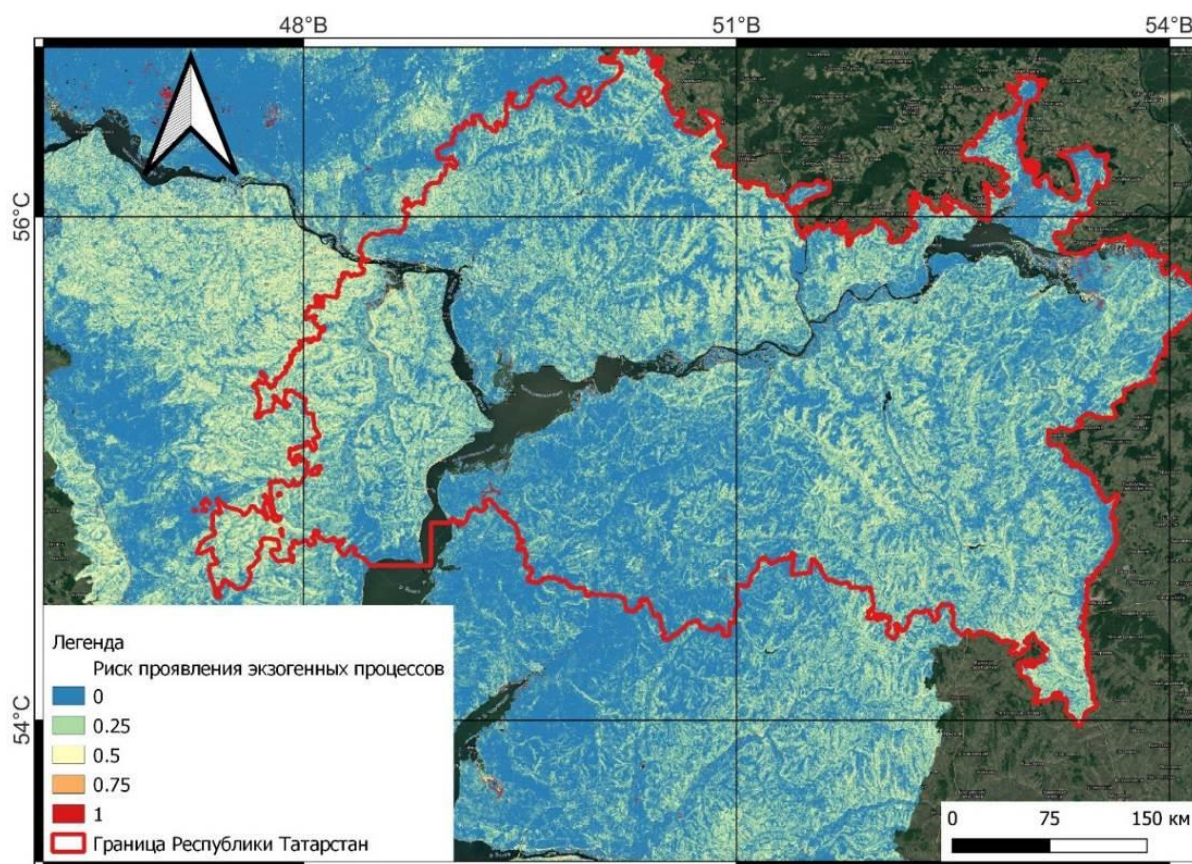


Рис. 3. Карта рисков проявления экзогенных процессов
 Fig. 3. Map of risks of exogenous processes development

Таблица 2
Table 2Параметры модели оценки экзогенных рисков Республики Татарстан
Parameters of the exogenous risk assessment model of the Republic of Tatarstan

Показатель	Источник данных
Высота	SRTM V3
Уклоны	SRTM V3
Экспозиция	SRTM V3
Землепользование	ESA WorldCover 10m v100
Топографический фактор LS	SRTM V3
Топографический индекс увлажнения (TWI)	SRTM V3
Профильная кривизна	SRTM V3
Плановая кривизна	SRTM V3
NDVI (среднегодовалая)	Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day NDVI Composite
NDVI (медианная)	Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day NDVI Composite
NDVI (максимальная)	Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day NDVI Composite
NDVI (суммарная)	Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day NDVI Composite
NDVI (стандартное отклонение)	Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day NDVI Composite

Создание геопортала. На основе информации, полученной в ходе анализа архивных данных и собранной в полевых условиях с использованием съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), была создана база данных, на основе которой был создан веб-ресурс «Страна Городов» [Gafurov, 2021]. В качестве источников архивных данных на портале представлены исторические карты, аэро- и космические снимки разных лет.

Для городищ Волжской Булгарии проводилось качественное описание, а проведенные полевые работы сопровождались фото- и видеофиксацией, как наземной, так и с воздуха.

Для увеличения скорости работы системы, а также тематического разделения функциональности веб-ресурса «Страна Городов» было решено разделить описательную и картографическую части, веб-портал и геопортал, соответственно. Для этого на каждое городище была создана отдельная страница, на которой были созданы тематические блоки: блок с полевыми фотографиями городища с разных ракурсов, снятыми с БПЛА, блок с основной описательной справкой, блок с серией тематических карт (карта с теневым рельефом городища, карта функционального зонирования, график профилей), блок с архивными материалами, а также блок с интерактивной текстурированной трехмерной моделью городища, полученной с помощью съемки с БПЛА.

Итоговая оценка рисков разрушения городищ складывается из суммы рисков развития экзогенных процессов и антропогенной нагрузки.

Картографическая часть представляет собой классический геопортал, реализованный с помощью библиотеки открытого пользования leaflet [Crickard, 2014]. Отличительной чертой библиотеки является ее модульность, что позволяет добавлять функциональность, не внося изменений в основное содержимое геопортала. В качестве исходной геоинформации выступает подготовленная база геоданных на городища Волжской Булгарии.

Результаты и их обсуждение

Анализ архивной информации

1. *Результаты исследования исторических описаний и карт.* В ходе архивных поисков был обнаружен целый блок документов, вошедших в рукопись «Списки курганов и

городищ, наиболее замечательных в Казанской губернии», составленную и подготовленную для представления на Антропологической выставке 1879 г. в Москве губернским статистическим комитетом под редакцией Председателя комитета Н.Н. Вечеслава. Рукопись, содержащая уникальные и подробные описания городищ Волжской Булгарии, сопровождается богатым картографическим материалом и является ценнейшим вновь выявленным источником по истории изучения археологического наследия в Российской империи в XIX в. Представленные материалы и описания, приведенные в обнаруженных материалах, до сих пор не потеряли своей актуальности для изучения истории Казанского края. Данный источник оказался особенно полезным для изучения динамики негативных процессов, поскольку для многих городищ появилась возможность провести анализ сохранности с 70-х годов XIX в. (рис. 4).

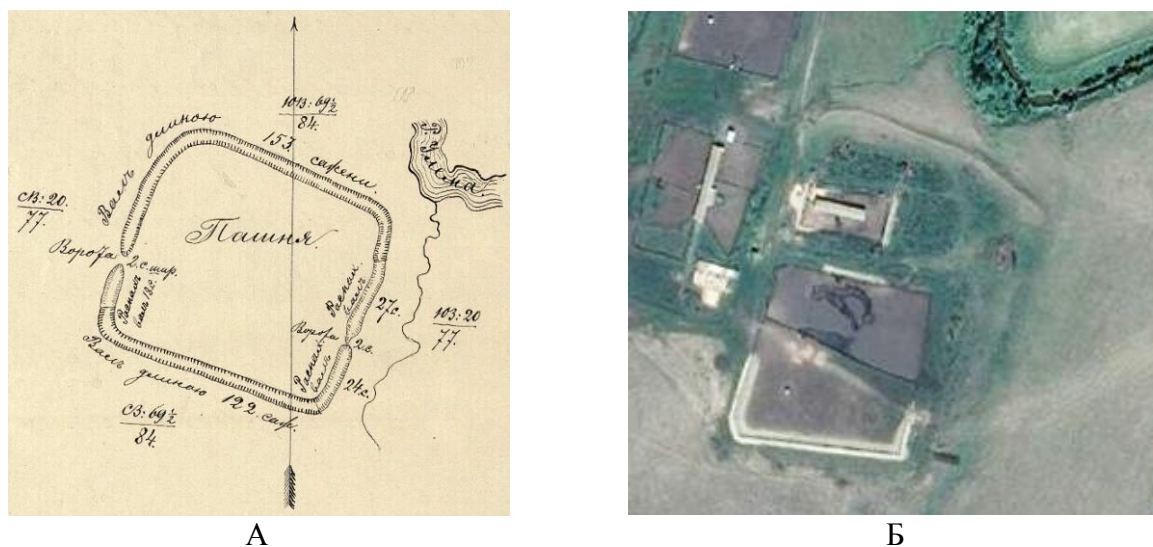


Рис. 4. Льяшевское городище 1878 г.: А – план с целыми оборонительными сооружениями;
Б – современное состояние на космоснимке Яндекс
Fig. 4. Lyashevskoe fortified settlement of 1878: A – plan with entire defensive structures;
Б – modern state on the Yandex satellite image

Исторические карты оказались полезны при анализе изменения структуры землепользования в районе размещения городищ. Были рассчитаны площади и доли различных типов землепользования на рубеже XVIII и XIX вв. и наше время и построены соответствующие карты (рис. 5).

Анализ изменения структуры землепользования показал, что вблизи большинства городищ преобладают пахотные земли, которые в первый рассматриваемый период занимают 45–74 % площади. В современный период наблюдается закономерный рост площади населенных пунктов. Для большей части участков также увеличилась площадь пашни на 13–85 % от площади соответствующей категории в первый период. Такое увеличение обусловлено в первую очередь масштабным сведением лесов на территории современной Республики Татарстан в последние 200 лет для расширения посевных площадей [Maltsev, Sharifullin, 2017]. Иная картина наблюдается на некоторых участках: отмечается незначительное (7–12 %) сокращение пахотных угодий, которое может быть связано с их забрасыванием, типичным для территории бывшего СССР в последние десятилетия [Люри и др., 2010; Prishchepov et al., 2012]. Изменение структуры землепользования (особенно увеличение площади пашни и населенных пунктов), выявленное в результате проведенного исследования, свидетельствует о высокой степени риска уничтожения изучаемых объектов культурного наследия [Nicu et al., 2021].

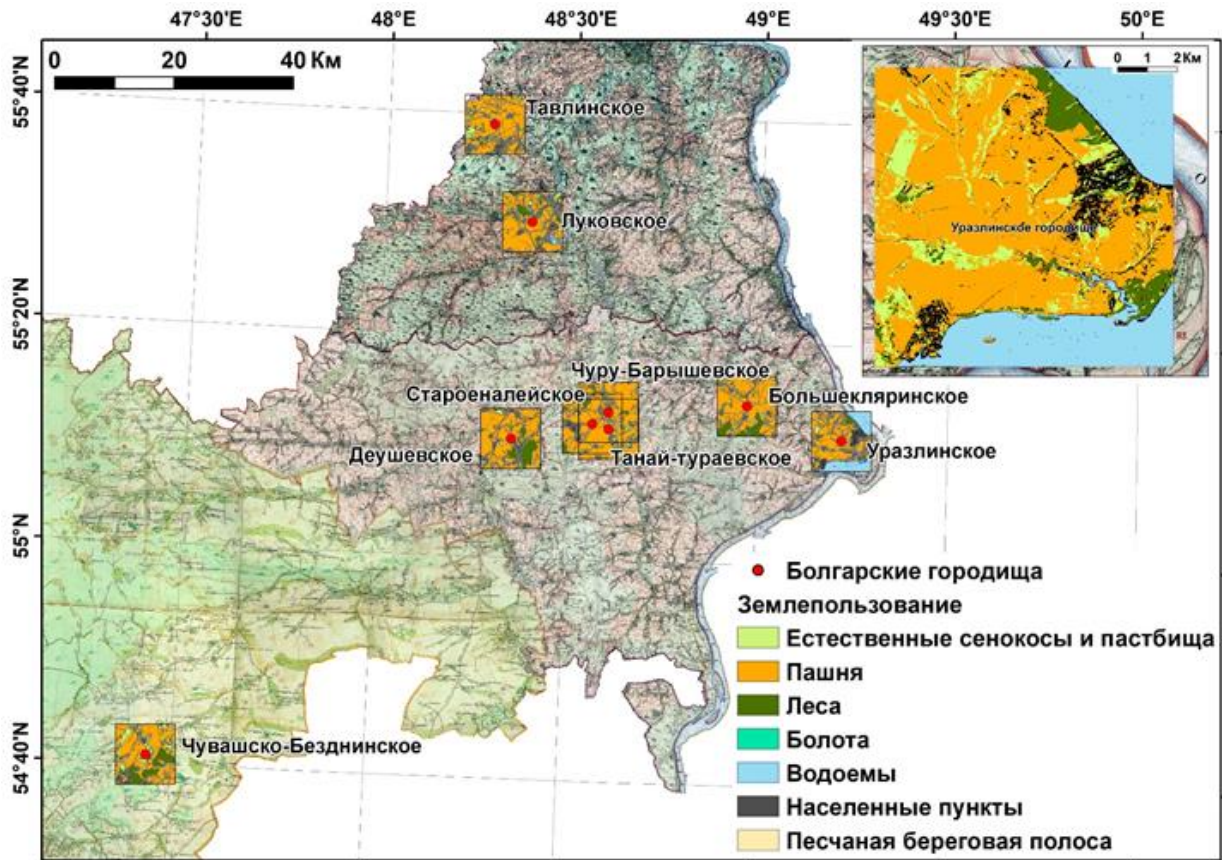


Рис 5. Сравнение структуры землепользования вблизи городищ по данным ПГМ (GSP) и результатам классификации Landsat 8 (2013–2019 гг.)

Fig. 5. Comparison of the land use structure around the fortified settlements according to the GSP data and the results of the Landsat 8 classification (2013–2019)

Как уже упоминалось выше, хозяйственная деятельность является одним из ключевых антропогенных факторов разрушения объектов культурного наследия. Об этом говорит современное состояние исследуемых городищ, большая часть из которых, наряду с природными факторами, разрушена в результате распашки (например, Большекляринское распашано более чем на 60 %, а Староеналеическое – полностью).

2. *Анализ архивных снимков.* Архивные снимки незаменимы для исследований динамики рассматриваемых объектов. Анализ снимков также позволил как выявить уже полностью разрушенные памятники – Алексеевское городище, «Девичий Городок» (рис. 6, А), Бальмерское, Змеевское I, Старокуйбышевское, Староеналеическое (рис. 6, Б) и др., так и определить точное местоположение на сегодняшний день залесенных объектов – Кубасского (Березовского) и Большетарханского городища. По результатам анализа космосъемки выявлено Еряпкинское городище, которое до сих пор было известно только по описанию в своде С.М. Шпилевского «Древние города и другие булгаро-татарские памятники в Казанской губернии» [1877] 1876 г. и не было обнаружено в последующем.

Также разновременные снимки использовались для оценки трансформации городищ под действием негативных природных и антропогенных факторов. В основном это городища, подверженные интенсивному антропогенному воздействию (см. рис. 6, Б и рис. 6, В) флювиальных систем (рис. 6, Г), интенсивных экзогенных процессов [Kuznetsova et al., 2012; Tariq et al., 2017; Lombardo et al., 2020].

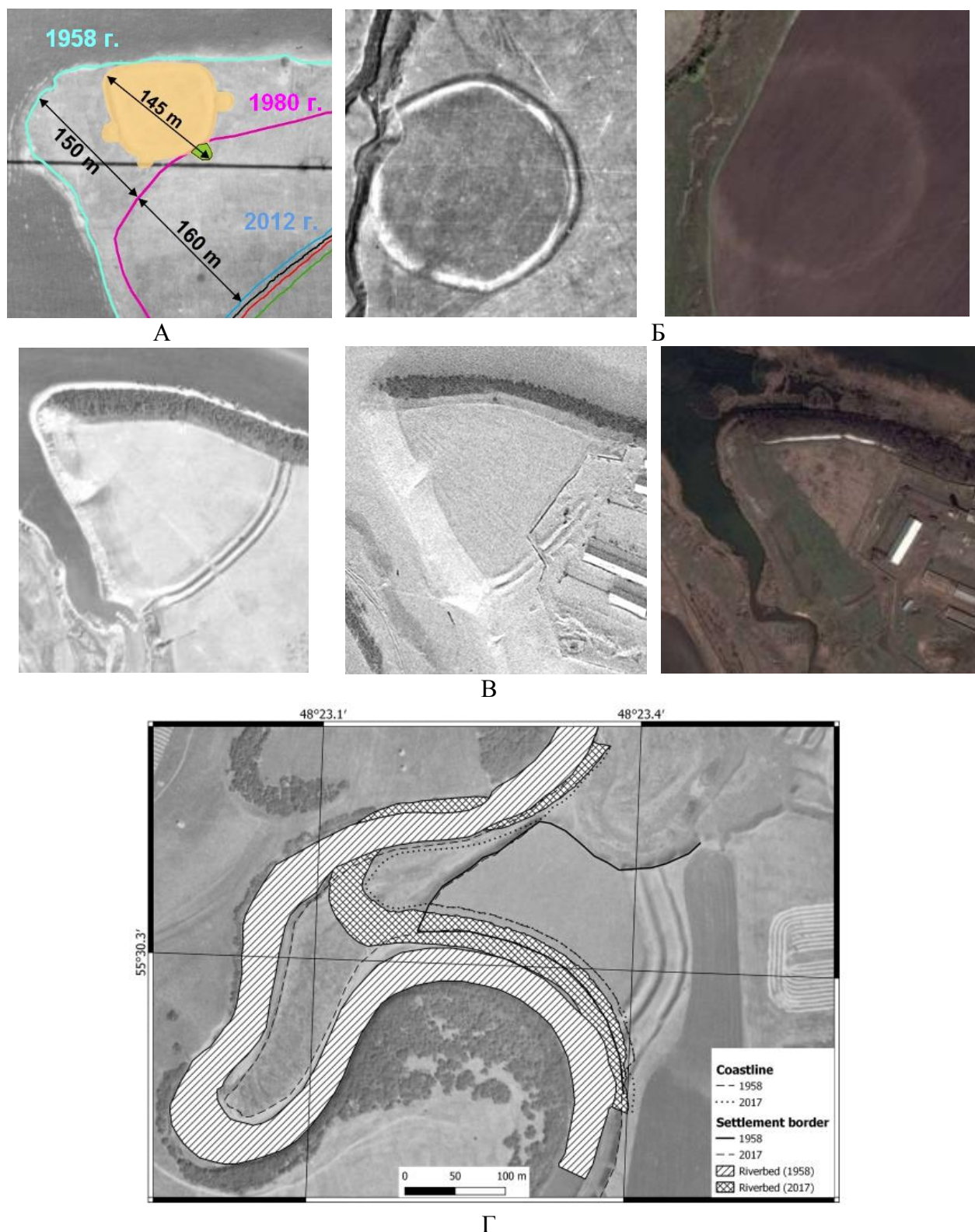


Рис. 6. Использование архивных снимков для выявления и оценки трансформации территории городищ: А – выявление границ размытого городища «Девичий городок»; Б – границы распаханного Староеналеиского городища; В – процесс застройки городища Джукетау; Г – разрушение Луковского городища речными водами
 Fig. 6. Using archival images to identify and assess the transformation of the ancient settlement territories: A – identification of the eroded fortified settlement “Maiden Town” boundaries; Б – identification of the plowed Staroenaleiskoe fortified settlement boundaries; В – building up of the Dzhuketau fortified settlement; Г – destruction of the Lukovskoe fortified settlement by river waters

Результаты полевых исследований. Из отобранных к исследованию 122 городищ полевое обследование было проведено на 88 объектах. В ходе проведенного анализа архивных материалов и современных космоснимков было определено, что 22 городища на сегодняшний день либо полностью разрушены, либо были выявлены в XIX–XX вв., однако их местоположение до сих пор неизвестно. 12 городищ полностью или частично залесены и были недоступны для съемки с использованием БПЛА. Из обследованных городищ 19 находятся в Предволжье, 10 – в Предкамье и 59 – в Закамье.

Методика полевых исследований обрабатывалась на городищах, расположенных в Предкамье и Предволжье. В результате разработана методика полевой съемки средневековых городищ разных типов и размеров беспилотными летательными аппаратами, представляющая собой универсальный набор рекомендаций, который может быть использован как для исследования городищ, так и других объектов. Определен порядок и параметры съемки, выбрано оптимальное программное обеспечение.

Помимо решения основных задач, решаемых с использованием БПЛА – уточнение границ памятников археологии, оценка состояния оборонительных сооружений и пр., при анализе цифровой модели рельефа, полученной в ходе выполнения полевых исследований, удалось выделить неизвестные до сих пор конструктивные особенности некоторых объектов. В частности, благодаря сохранности поверхности памятника, на территории Чуру-Барышевского городища выявлены следы первоначальных оборонительных сооружений и древняя дорога, проходящая вниз через площадку городища (рис. 7).

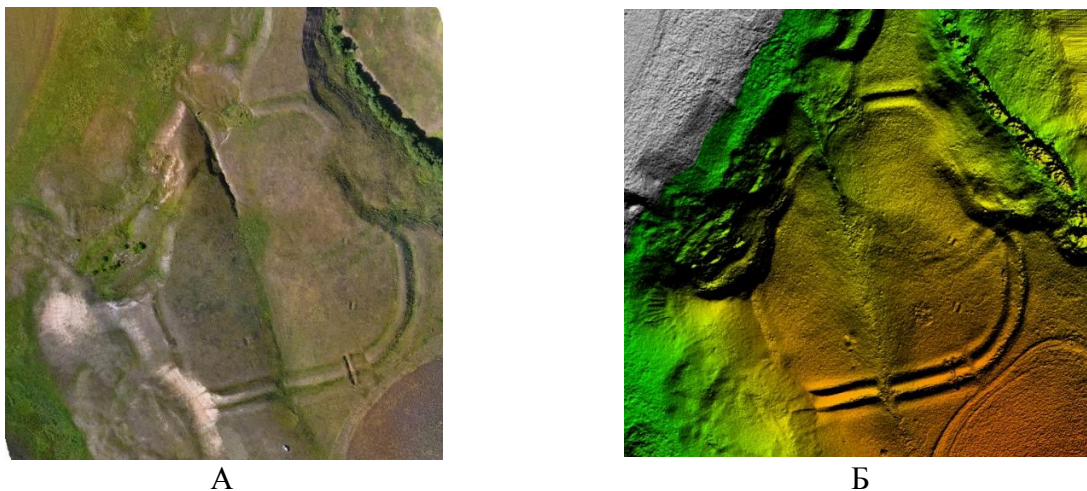


Рис. 7. Выявленные следы первоначальных укреплений Чуру-Барышевского городища:
А – на ортофотоплане; Б – ЦМР

Fig. 7. Identified traces of the original fortifications of the Churu-Baryshevskoye fortified settlement:
A – on the orthophoto; Б – DEM

База данных. Основным результатом полевых наблюдений являются данные, полученные с БПЛА, которые послужили основой для построения цифровых моделей высот (ЦМВ) сверхвысокого разрешения, а также спроецированных на них ортофотопланов. Данные ЦМВ очищаются от артефактов, зданий и лесных насаждений, после чего преобразуются в цифровую модель рельефа, которая, в свою очередь, используется для расчета различных морфометрических и статистических показателей, таких как крутизна, экспозиция, профильная и плановая кривизна, средние, максимальные и минимальные высоты рельефа городища.

Дешифрирование ортофотоплана позволяет выделить изъятые площади городищ, оценить землепользование и состояние конкретного городища [Banerjee, Srivastava, 2013; Lombardo et al., 2020]. На основе анализа ортофотопланов база данных наполняется такими атрибутами, как площадь городища, координаты центроидов, степень разрушенности,



землепользование и антропогенные нагрузки. Дополнительно привлекаются историографические данные, такие как тип городища по Раппопорту [1961], данные об изученности, территориальные признаки (отнесение к губернии, уезду и волости), а также данные ландшафтно-географического анализа – приуроченность к географическому и административным районам, отнесение к преобладающим типам ландшафта, почв и почвообразующих пород, оценка риска развития экзогенных процессов, антропогенная нагрузка, а также оценки риска разрушения городища [Gafurov, Yermolayev, 2020]. Полученные данные в дальнейшем используются для оценки риска разрушения городищ, что также вносится в базу данных (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Структура геобазы данных «Страна Городов»
Structure of the «Country of Cities» geodatabase

Поле	Тип поля	Параметр
Id	Целочисленное	Идентификатор городища
Name	Текстовое	Название городища
HistDate	Текстовое	Датировка
HistYear	Целочисленное	Год описания
X	Целочисленное	Координата X центроида
Y	Целочисленное	Координата Y центроида
region	Текстовое	Географический район
municip	Текстовое	Административный район
Hmean	Десятичное	Средние высоты
Hmax	Десятичное	Максимальные высоты
Hmin	Десятичное	Минимальные высоты
Hdelta	Десятичное	Размах высот
SLOPEmean	Десятичное	Средние уклоны
Aspect	Десятичное	Преобладающая экспозиция
Soil	Целочисленное	Преобладающий подтип почв
Geol	Целочисленное	Преобладающий тип четвертичных отложений
landscape	Целочисленное	Ландшафтные районы
morphocomp	Целочисленное	Морфогенетические комплексы
morphogr	Целочисленное	Морфогенетические группы
rappoport	Целочисленное	Тип городища по Раппопорту
TypeImpact	Целочисленное	Тип городища по характеру воздействия
domAntr	Целочисленное	Преобладающий тип землепользования
AreaTotal	Десятичное	Площадь городища (м ²)
AreaCrop	Десятичное	Площадь пашни на городище (%)
AreaPastur	Десятичное	Площадь пастбищ на городище (%)
AreaGrass	Десятичное	Площадь сенокосов на городище (%)
AreaForest	Десятичное	Площадь лесных насаждений на городище (%)
AreaDev	Десятичное	Площадь застройки на городище (%)
AreaRoad	Десятичное	Площадь дорог на городище (%)
Status	Целочисленное	Состояние городища
preserv	Целочисленное	Степень разрушенности городища
Exogen	Десятичное	Риск возникновения экзогенных процессов
impact	Десятичное	Степень антропогенной нарушенности
Risk	Целочисленное	Риск разрушения городища

Всего в базу данных включено 95 объектов. Из 86 обследованных в поле границы нескольких городищ не были обнаружены (Утернясьское, Уразлинское городища, Городище «Ежевичная стрелка», Тетюшские I и II). Границы необследованных залесенных городищ были определены по архивным снимкам.

Анализ состояния памятников. Оборонительные постройки выступали в качестве существенной структурообразной роли, определяющей архитектурный облик поселений, так как являлись их своеобразным «лицом», поэтому до сих пор основным признаком, по которому городища определяются на фоне окружающего рельефа, являются фортификационные сооружения, и, таким образом, в качестве основного критерия сохранности данного вида памятников мы выбрали целостность оборонительных сооружений (валы и рвы). Площадка городища, являясь неотъемлемой частью памятника, содержит культурный слой, сохраняющий материальные следы и остатки деятельности человека, с уничтожением которого будет потерян и сам объект археологического наследия. Однако именно с разрушением оборонительных сооружений теряются визуальные признаки городища – его форма и облик, поэтому хотя сохранившаяся площадка сама по себе еще будет представлять памятник археологии, благодаря сохранившемуся культурному слою, но без фортификационных сооружений уже не может считаться городищем (см. рис. 6, А и рис. 6, Б).

Нами была принята следующая градация сохранности (рис. 8), которая вычислялась на основе суммарной длины оборонительных сооружений (системы вал-ров), чтобы учесть трансформацию сложных 2–3 рядных фортификационных систем. Как видно из рис. 8, половина изученных городищ имеют высокую и полную степени сохранности, 30 % – среднюю, уничтожены или близки к этому – 19 %.

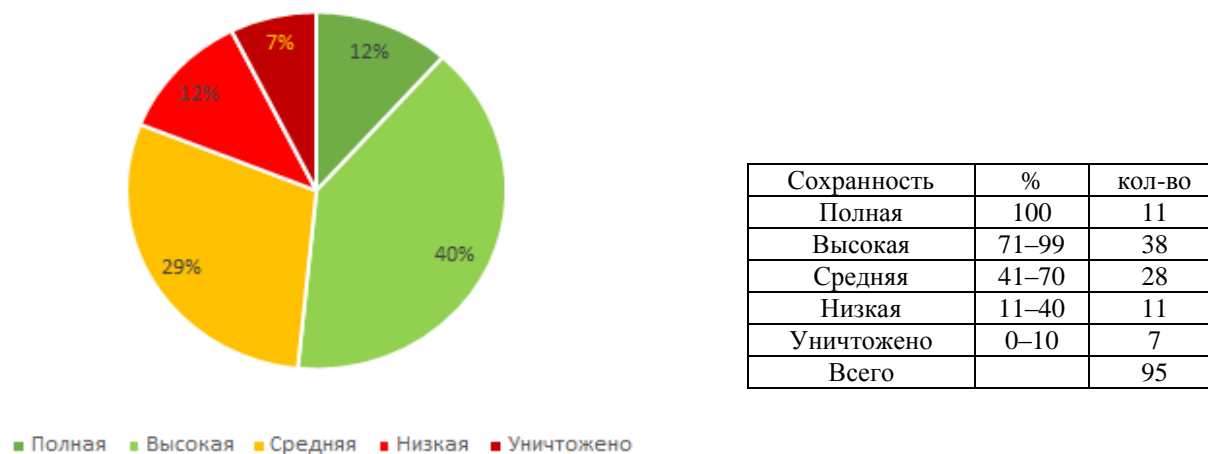


Рис. 8. Доля городищ Волжской Булгарии разной степени сохранности
Fig. 8. Proportion of Volga Bulgaria fortified settlements of different preservation levels

Важным фактором, определяющим подверженность памятников экзогенным процессам, является их приуроченность к тем или иным ландшафтам, а именно к морфогенетическим группам. Согласно ландшафтному районированию Республики Татарстан [Ermolaev et al., 2007], местоположение большинства исследуемых городищ относится к морфогенетическим группам «Средние» и «Нижние части склонов» – 30 городищ и 21 соответственно (рис. 9).

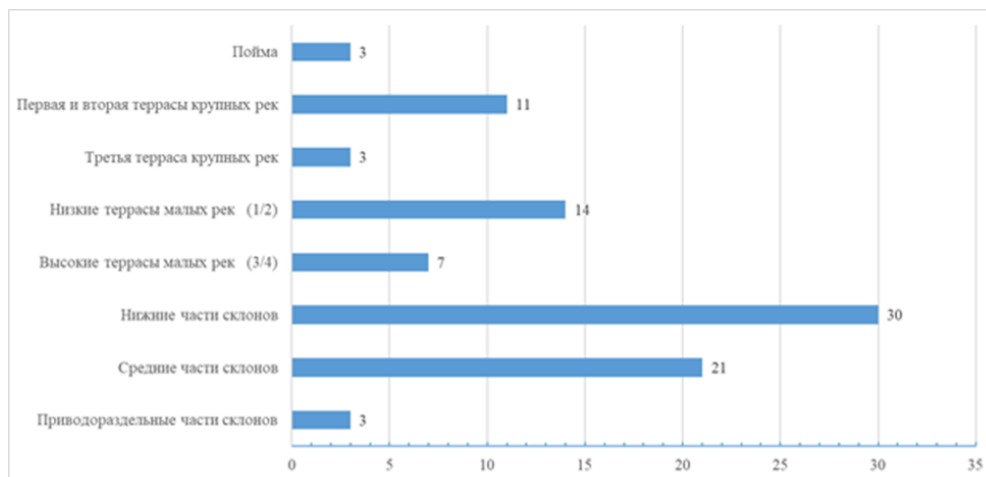


Рис. 9. Распределение местоположений городищ по морфогенетическим группам
 Fig. 9. Distribution of the fortified settlements by morphogenetic groups

Местоположение 6 городищ определяется как наиболее высотное – «Приводораздельные части склонов» (Балынгузское, Екатеринино-Слободкинское II, Утяшкинское городища) и «Третья терраса крупных рек» (Балымерское, Маклашеевское I, Танкеевское II городища). Среди исследованных объектов нет ни одного памятника, относящегося к наиболее высотным морфогенетическим группам – «Водоразделы» и «Четвертая терраса крупных рек». Вместе с тем, согласно тому же районированию, местоположение 24 городищ было отнесено к группе «Пойма», что не является логически верным и может быть объяснено значительной генерализацией используемой электронной ландшафтной карты. В данном случае на основании экспертной оценки местоположение большинства городищ было пересмотрено: 3 городища (Большекляринское, Нижнекачевское, Чувашско-Бродское) остались в группе «Пойма», местоположение 13 городищ приурочено к «Низким террасам малых рек», 7 городищ – к «Высоким террасам малых рек», одно городище (Джукетауское) – приурочено к «Первым и вторым террасам крупных рек». В итоге распределение местоположений городищ по типам местностей выглядит следующим образом (см. рис. 9): наиболее распространённый тип местности (32,6 %) – «Нижние части склонов», 22,8 % городищ приурочено к средним частям склонов, 15,2 % городищ по типу местности относится к «Низким террасам малых рек» и 7,6 % к «Высоким террасам малых рек», 12 % городищ относится к «Первым и вторым террасам крупных рек» и по 3,3 % к трем остальным типам местности – «Приводораздельные части склонов», «Третья терраса крупных рек» и «Пойма».

Местоположение памятника относительно рельефа отражено в типологическом разделении городищ, составленном П.А. Раппопортом [1961] для древнерусских памятников, являющимся на сегодняшний день наиболее общепринятой классификацией, которая хорошо применяется и для Волжской Булгарии:

- I тип – городища с планировкой укреплений, подчиненной окружающему рельефу местности; в своем подавляющем большинстве – это мысовые памятники;
- II тип – городища с планировкой оборонительных сооружений, лишь частично использующей защитные свойства рельефа местности;
- III тип – городища, не подчиненные рельефу; располагаются на ровной местности или одной своей стороной примыкают к обрыву, краю террасы, обычно имеют относительно правильную геометрическую форму;
- IV тип – городища со сложным планом, относящиеся к сложно-мысовым и сложным; занимают несколько мысов или площадок, которые иногда объединены вместе

общей линией обороны или имеют самостоятельные укрепления, но составляют единое в хронологическом и культурном плане поселение.

Городища I типа подчинены рельефу (мысовые памятники) и по логике должны быть в большей степени подвержены воздействию экзогенных процессов из-за близости склонов и обрывов, служащих естественными укреплениями. III тип – не подчиненные рельефу городища, расположенные на ровной местности, и только с одной стороны могут примыкать к обрыву (табл. 4, рис. 10, А). Учитывая легкую доступность для хозяйственной деятельности, данный тип может с большей вероятностью быть подвержен антропогенному воздействию. II и IV типы классификации предполагают сложные, смешанные варианты расположения и, следовательно, разные типы воздействия.

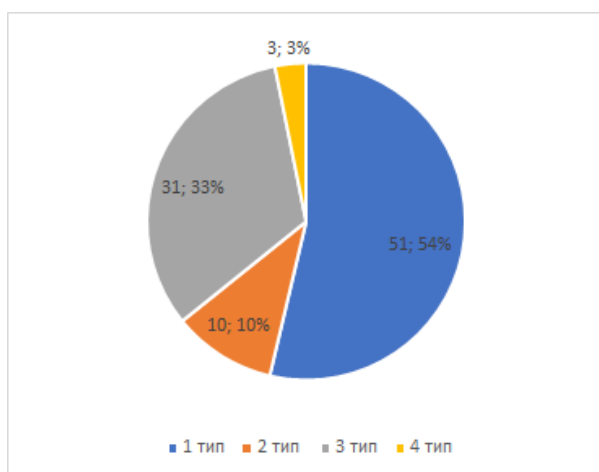
Для выявления данной взаимосвязи мы определили количество городищ, разрушаемых тем или иным типом воздействия, выделив 4 категории (рис. 10, Б):

- 1) экзогенные процессы;
- 2) антропогенные процессы;
- 3) смешанный тип – экзогенные + антропогенные;
- 4) следы воздействия отсутствуют.

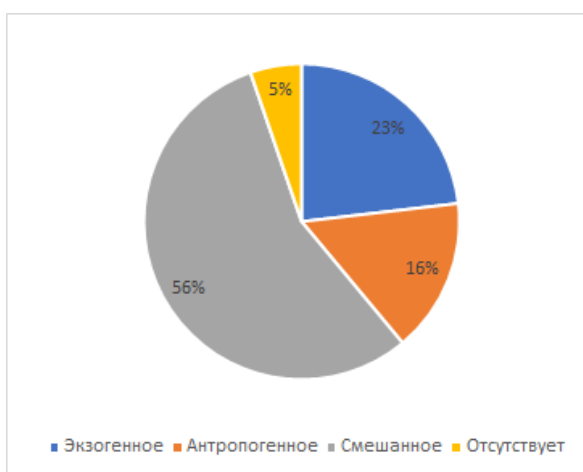
Таблица 4
Table 4

Распределение городищ по типизации Раппопорт [1961]
и по типам негативного воздействия
Distribution of the ancient settlements according to Rappoport [1961] typology
and by the type of negative impact

Типы по Раппопорт	Негативное воздействие				Всего
	1 – экзогенное	2 – антропогенное	3 – смешанное	4 – отсутствует	
I	17	4	26	4	51
II	1	1	8	0	10
III	4	10	16	1	31
IV	0	0	3	0	3
Всего	22	15	53	5	95



А



Б

Рис. 10. Распределение городищ:
А – по типизации Раппопорт [1961]; Б – по типам негативного воздействия
Fig. 10. Distribution of the fortified settlements:
А – according to Rappoport [1961] typology; Б – by the type of negative impact

Было выявлено, что к подчиненному рельефу типу относятся чуть более половины (51 %) городищ, к неподчиненному рельефу типу – 32 %. Выдвинутое ранее предположение о взаимосвязи типа городища с определенным характером воздействия подтвердилось результатами анализа – на городищах I типа чаще отмечается влияние природных (17 против 4), а на городищах III типа – антропогенных (10 против 4) факторов. 23 % городищ подвержены исключительно экзогенным процессам и всего 15 % только антропогенному воздействию. Но в целом преобладает смешанный тип воздействия – половина всех городищ, как в общем, так и по каждой категории подвержена разрушению вследствие как экзогенных процессов, так и антропогенного воздействия. Это свидетельствует о высоком уровне опасности разрушения исследуемых объектов. Об этом говорит и тот факт, что только 5 % городищ не подвержены значительному воздействию, разрушающему площадку и оборонительные сооружения.

Оценка рисков разрушения экзогенными процессами выявила, что для большинства городищ характерен средний риск разрушения под влиянием экзогенных процессов – 63 % (рис. 11, А), 37 % относится к низкому риску. Что касается риска разрушения в результате антропогенного воздействия, ситуация хуже – треть городищ (29 %) подвержены высокому риску, 64 % – среднему и только 7 % имеют низкий риск разрушения. Оценка рисков показывает более сильные риски разрушения под действием антропогенных факторов воздействия. Итоговая оценка риска разрушения городища, определенная по сумме экзогенных и антропогенных рисков разрушения опасности, говорит о средней степени риска у 56 % исследованных городищ, 43 % имеют низкий риск разрушения. Такая картина объясняется тем, что городища, находящиеся под сильным антропогенным прессом, не подвержены значимым воздействиям опасных природных процессов.

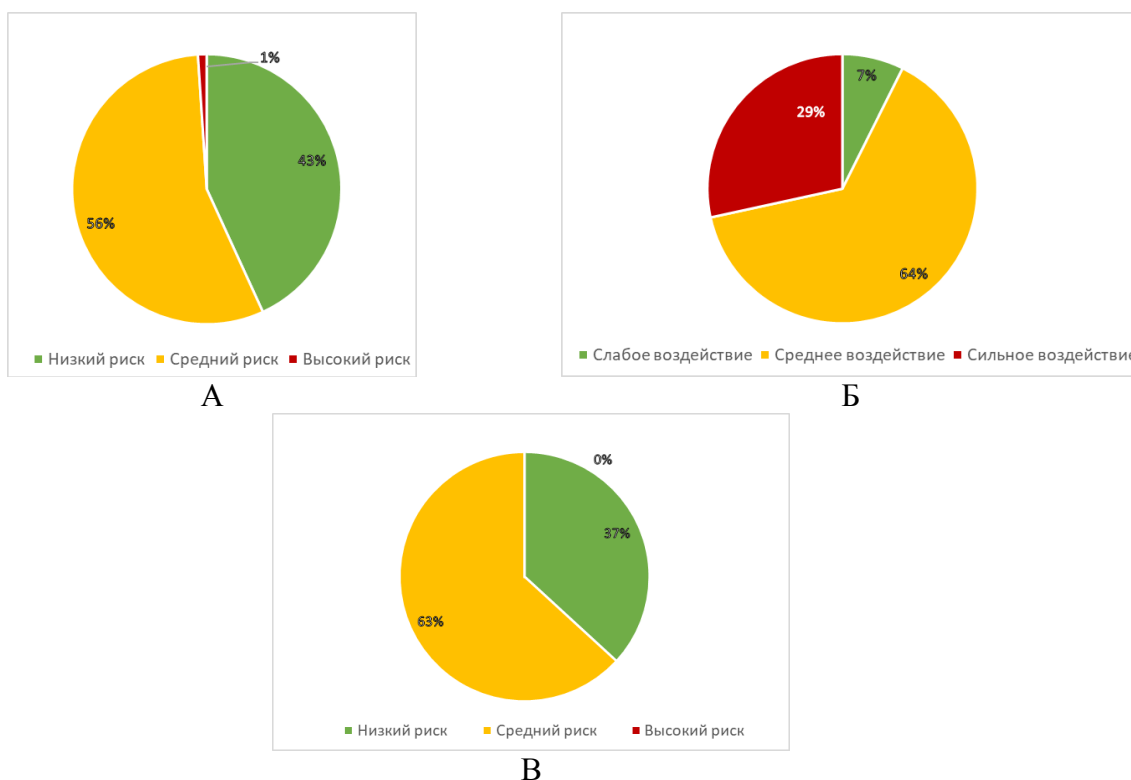


Рис. 11. Распределение городищ Волжской Булгарии по степени рисков разрушения в результате:
 А – экзогенных процессов; Б – антропогенных процессов; В – суммарного воздействия
 Fig. 11. Distribution of the Volga Bulgaria fortified settlements by the risk of destruction as a result of:
 А – exogenous processes; Б – anthropogenic processes; В – cumulative impact

Полученные риски представлены на картографической части Веб-ресурса «Страна городов» (web-drevnosti.archeogeo.ru) в виде тематических карт, где каждое городище обозначено цветом, соответствующим той или иной степени экзогенных, природных и суммарных рисков разрушения (рис. 12)

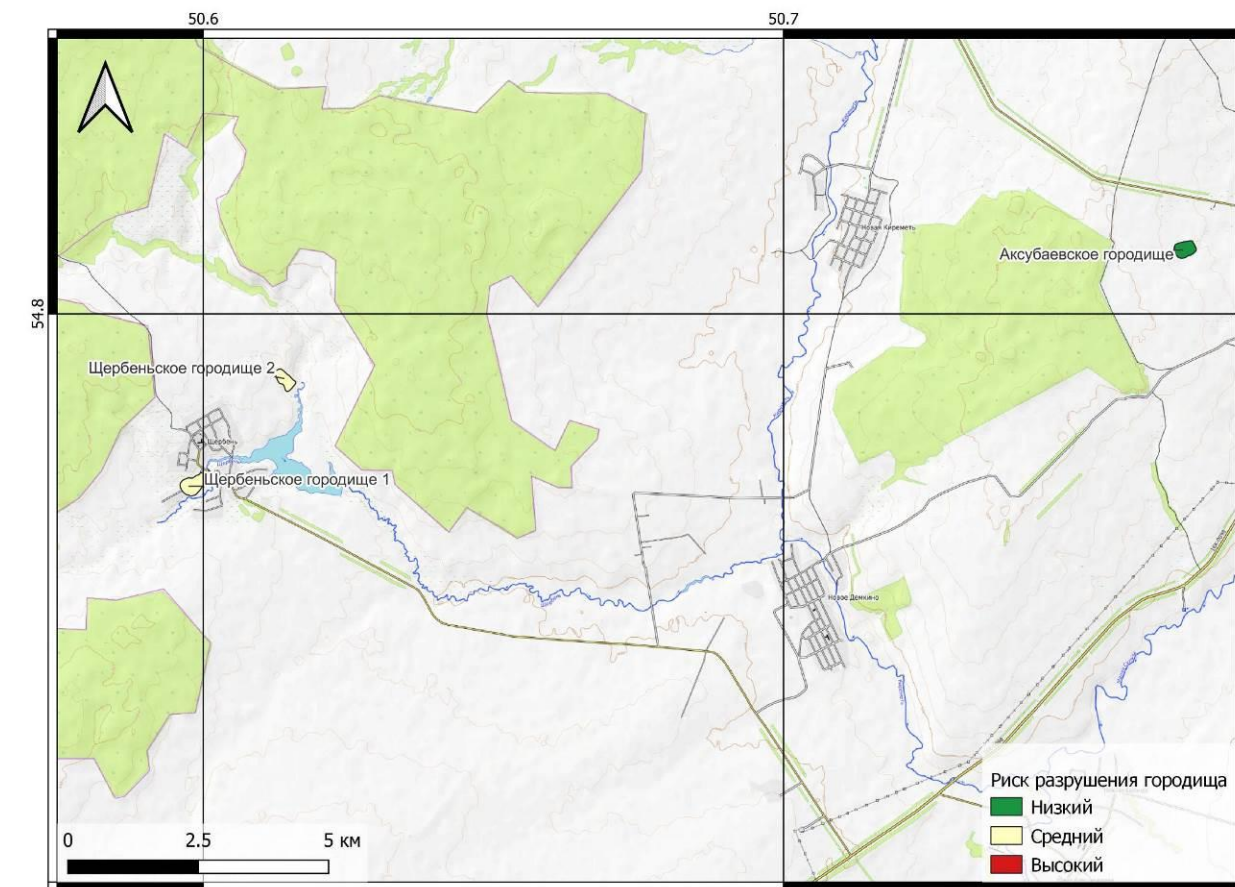


Рис. 12. Пример карты состояния памятников
Fig. 12. An example of a map of the state of monuments

Заключение

По результатам проделанной работы была проведена систематизация и собрана информация для 95 городищ периода Волжской Булгарии. Проведенный анализ позволил уточнить местоположение и границы памятников, оценить современное состояние и риски разрушения под действием природно-антропогенных факторов. На основе полученных данных впервые для территории исследования создан веб-ресурс открытого пользования «Страна городов», который позволяет получить доступ к информации о каждом изученном укрепленном поселении Волжской Булгарии и наполнен аналитической и обобщающей информацией о городищах в целом по изучаемому региону. Это дает возможность специалистам и научным работникам проводить пространственный анализ на разных уровнях генерализации (от регионального до локального). Комбинация описательной составляющей и картографической части позволяет не только оценить закономерности размещения памятников на исследуемой территории, но и детально изучить отдельные объекты на основе интерактивных текстурированных трехмерных моделей. Интерактивность моделей, а также размещение информации в научно-популярной форме будет интересна широкому кругу пользователей – от школьников и студентов исторических факультетов до людей, интересующихся археологией средневековья и историей родного края. Полученные результаты исследования дают возможность их практического использования для



заинтересованных представителей научного сообщества, специалистов в сфере охраны памятников истории и культуры, при принятии управленческих решений на региональном уровне.

Список литературы

1. Афанасьев Г.Е., Савенко С.Н., Коробов Д.С. 2004. Древности Кисловодской котловины. М., Научный мир, 240 с.
2. Иванов М.А., Абдуллин Х.М., Губайдуллин А.М., Гайнуллин И.И., Гафуров А.М., Усманов Б.М. 2020. Использование архивных пространственных данных при анализе истории землепользования территории болгарских городищ Предволжья Республики Татарстан. Региональные Геосистемы, 44 (4): 388–403. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-388-403.
3. Коробов Д.С. 2012. Предисловие. Краткие Сообщения Института Археологии, 226: 3–7.
4. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. 2010. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., ГЕОС, 415 с.
5. Раппопорт П.А. 1961. Очерки по истории военного зодчества северо-восточной и северо-западной Руси X–XV вв. Материалы и исследования по археологии СССР (МИА). Москва, Изд-во Академии наук СССР, 242 с.
6. Руденко К.А. 2014. История археологического изучения Волжской Булгарии (X – начало XIII в). Казань, ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования», 767 с.
7. Чижевский А.А., Хисяметдинова А.А. 2020. Оборонительные сооружения мысовых городищ Волго-Камья в раннем железном веке и раннем средневековье. Археология евразийских степей, 2: 6–277. DOI: 10.24411/2587-6112-2020-10003.
8. Шпилевский С.М. 1877. Древние города и другие болгарско-татарские памятники в Казанской губернии. Казань, Университетская типография, 624 с.
9. Banerjee R., Srivastava P.K. 2013. Reconstruction of contested landscape: Detecting land cover transformation hosting cultural heritage sites from Central India using remote sensing. Land Use Policy, 34: 193–203. DOI: 10.1016/j.landusepol.2013.03.005.
10. Banfi F., Previtali M., Stanga C., Brumana R. 2019. A layered-web interface based on HBIM and 360deg panoramas for historical, material and geometric analysis. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42: 73–80. DOI: 10.5194/isprs-archives-xlii-2-w9-73-2019.
11. Buryak Zh.A., Lisetskii F.N., Ilyashenko S.V. 2019. Geoinformation analytical system “Archaeological sites of Crimea”. Geodesy and Cartography, 79 (12): 29–40. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-942-12-29-40.
12. Cajthaml J. 2011. Methods of georeferencing old maps on the example of Czech early maps. 25th international cartographic conference, Paris: CO-314.
13. Cisternino D., Gatto C., D’Errico G., De Luca V., Barba M.C., Paladini G.I., De Paolis L.T. 2019. Virtual Portals for a Smart Fruition of Historical and Archaeological Contexts. In: Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, Lecture Notes in Computer Science. Ed. B L.T. De Paolis, P. Bourdot. Cham, Springer International Publishing: 264–273. DOI: 10.1007/978-3-030-25999-0_23.
14. Crickard P. 2014. Leaflet.js essentials: create interactive, mobile-friendly mapping applications using the incredibly light yet powerful Leaflet.js platform. Birmingham, UK, Packt Pub., 162 p.
15. Ermolaev O., Igonin M., Bubnov A.Y., Pavlova S. 2007. Landscapes of Tatarstan Republic. Regional landscape and ecological analysis. Kazan, Slovo, 411 p.
16. Gafurov A. 2021. The Methodological Aspects of Constructing a High-Resolution DEM of Large Territories Using Low-Cost UAVs on the Example of the Sarycum Aeolian Complex, Dagestan, Russia. Drones, 5 (1): 7. DOI: 10.3390/drones5010007.
17. Gafurov A.M., Yermolayev O.P. 2020. Automatic Gully Detection: Neural Networks and Computer Vision. Remote Sensing, 12 (11): 1743. DOI: 10.3390/rs12111743.
18. Gubajdullin A.M. 2017. Fortification in the Middle Volga region in the X – first half of the XVI centuries (based on archaeological research). Kazan, 558 p.

19. Horodnic V.D., Graur D.S., Afloari M., Efros V. 2018. Geospatial analysis of land use dynamics using historical maps and GIS techniques. Case study of Rădăuți. Romania. International Scientific Conference GEOBALCANICA 2018. Albena, Bulgaria: 577–597. <http://dx.doi.org/10.18509/GBP.2018.63>.
20. Korobov D.S. 2011. Fundamentals of geoinformatics in archeology. Moscow, Publ. Moscow State University, 224 p.
21. Kuznetsova Y.S., Grigoreva T.M., Golosov V.N., Markelov M.V., Derkach A.A., Bolysov S.I. 2012. Monitoring of exogenic geomorphic processes in urban areas of the Sochi Region, the Caucasian Black Sea coast. In: Antropopresja w wybranych sreifach morfoklimatycznych – zapis zmian w rzeźbie i osadkach. Polonia, Publ. Sosnowec: 226–230.
22. Lisetskii F.N., Buryak Z.A., Zelenskaya E.Ya. 2018. The Infrastructure of Land Management in the Post–Antique Agrolandscapes of Crimea. Biogeosystem Technique, 5 (1): 71–86. DOI: 10.13187/bgt.2018.1.71.
23. Liu D., Toman E., Fuller Z., Chen G., Londo A., Zhang X., Zhao K. 2018. Integration of historical map and aerial imagery to characterize long-term land-use change and landscape dynamics: An object-based analysis via Random Forests. Ecological Indicators, 95: 595–605. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.08.004.
24. Lynch A. 2008. The national monuments service: (Department of the Environment, Heritage and Local Government). Archaeology Ireland, 22 (2): 10–12.
25. Lombardo L., Tanyas H., Nicu I.C. 2020. Spatial modeling of multi-hazard threat to cultural heritage sites. Engineering Geology, 277: 105776. DOI: 10.1016/j.enggeo.2020.105776.
26. Maltsev K.A., Sharifullin A.G. 2017. Morphological typology of small catchments in river basins on cultivated plains. Geomorphologiya, 3: 76–87. DOI: 10.7868/S0435428117030075.
27. Mares D., Moschek W. 2013. Place in Time: GIS and the Spatial Imagination in Teaching History. In: History and GIS: Epistemologies, Considerations and Reflections. Dordrecht, Springer Netherlands: 59–72. DOI: 10.1007/978-94-007-5009-8_5.
28. Nicu I.C., Rubensdotter L., Stalsberg K., Nau E. 2021. Coastal Erosion of Arctic Cultural Heritage in Danger: A Case Study from Svalbard, Norway. Water, 13 (6): 784. DOI: 10.3390/w13060784.
29. Nishanbaev I. 2020. A web repository for geo-located 3D digital cultural heritage models. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 16: e00139. DOI: 10.1016/j.daach.2020.e00139.
30. Pouncett J. 2019. The Atlas of Hillforts of Britain and Ireland Online. In: Hillforts: Britain, Ireland and the Nearer Continent. Ed. B.G. Lock, I. Ralston. England, Archaeopress: 155–162.
31. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. 2012. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. Environmental Research Letters, 7 (2): 024021. DOI: 10.1088/1748-9326/7/2/024021.
32. Takasu T., Yasuda A. 2009. Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB. International Symposium on GPS/GNSS. International Convention Center Jeju, Korea, November 4–6.
33. Tariq A., Gillani S.O.A., Qureshi H.K., Haneef I. 2017. Heritage preservation using aerial imagery from light weight low cost Unmanned Aerial Vehicle (UAV). In: 2017 International Conference on Communication Technologies (ComTech). Pakistan, Rawalpindi, IEEE: 201–205.
34. Yermolaev O., Usmanov B., Muharamova S.S. 2015. The basin approach and mapping to the anthropogenic impact assessment on the east of the russian plain. International Journal of Applied Engineering Research, 10 (20): 41178–41184.

References

1. Afanas'ev G.E., Savenko S.N., Korobov D.S. 2004. Drevnosti Kislovodskoy kotloviny [Ancients of the Kislovodsk depression]. Moscow, Publ. Scientific world, 240 p.
2. Ivanov M. A., Abdullin H. M., Gubaidullin A. M., Gainullin I. I., Gafurov A. M., Usmanov B. M. 2020. Using archival spatial data in the analysis of land use history of the territory of Bulgarian



settlements in the PreVolga of Tatarstan. *Regional Geosystems*, 44 (4): 388–403 (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-388-403.

3. Korobov D.S. 2012. Introduction. *Kratkiye soobshcheniya Instituta arkhologii*, 226: 3–7 (in Russian).

4. Lurie D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. 2010. Dynamics of Agricultural Lands of Russia in XX Century and Postagrogenic Restoration of Vegetation and Soils. Moscow, Publ. GEOS, 415 p. (in Russian).

5. Rappoport P.A. 1961. *Ocherki po istorii voyennogo zodchestva severo-vostochnoy i severo-zapadnoy Rusi X-XV vv. Materialy i issledovaniya po arkhologii SSSR (MIA) [Essays on the History of Military Architecture of North-Eastern and North-Western Russia of the 10th-15th centuries AD. Materials and Studies on the Archaeology of the USSR (MIA)]*. Moscow, Publ. Academy of Sciences of the USSR, 242 p.

6. Rudenko K.A. 2014. History of archaeological study of Volga Bulgaria (10th – beginning of 13th century AD). Kazan, Publ. State Budgetary Institution "Republican Center for Monitoring of Education Quality", 767 p. (in Russian).

7. Chizhevskiy A.A., Khisyametdinova A.A. 2020. Defensive Structures of the Forts on Promontories of the Volga-Kama Region in the Early Iron. *Archaeology of the Eurasian Steppes*, 2: 6–277 (in Russian). DOI: 10.24411/2587-6112-2020-10003.

8. Spilevsky S.M. 1877. *Drevniye goroda i drugiye bulgarsko-tatarskiye pamyatniki v Kazanskoj gubernii [Ancient Cities and Other Bulgar-Tatar Monuments in the Kazan Province]*. Kazan, Publ. University Printing House, 624 p.

9. Banerjee R., Srivastava P.K. 2013. Reconstruction of contested landscape: Detecting land cover transformation hosting cultural heritage sites from Central India using remote sensing. *Land Use Policy*, 34: 193–203. DOI: 10.1016/j.landusepol.2013.03.005.

10. Banfi F., Previtali M., Stanga C., Brumana R. 2019. A layered-web interface based on HBIM and 360deg panoramas for historical, material and geometric analysis. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42: 73–80. DOI: 10.5194/isprs-archives-xlii-2-w9-73-2019.

11. Buryak Zh.A., Lisetskii F.N., Ilyashenko S.V. 2019. Geoinformation analytical system “Archaeological sites of Crimea”. *Geodesy and Cartography*, 79 (12): 29–40. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-942-12-29-40.

12. Cajthaml J. 2011. Methods of georeferencing old maps on the example of Czech early maps. 25th international cartographic conference, Paris: CO-314.

13. Cisternino D., Gatto C., D’Errico G., De Luca V., Barba M.C., Paladini G.I., De Paolis L.T. 2019. Virtual Portals for a Smart Fruition of Historical and Archaeological Contexts. In: *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, Lecture Notes in Computer Science*. Ed. B L.T. De Paolis, P. Bourdot. Cham, Springer International Publishing: 264–273. DOI: 10.1007/978-3-030-25999-0_23.

14. Crickard P. 2014. *Leaflet.js essentials: create interactive, mobile-friendly mapping applications using the incredibly light yet powerful Leaflet.js platform*. Birmingham, UK, Packt Pub., 162 p.

15. Ermolaev O., Igonin M., Bubnov A.Y., Pavlova S. 2007. Landscapes of Tatarstan Republic. Regional landscape and ecological analysis. Kazan, Slovo, 411 p.

16. Gafurov A. 2021. The Methodological Aspects of Constructing a High-Resolution DEM of Large Territories Using Low-Cost UAVs on the Example of the Sarycum Aeolian Complex, Dagestan, Russia. *Drones*, 5 (1): 7. DOI: 10.3390/drones5010007.

17. Gafurov A.M., Yermolayev O.P. 2020. Automatic Gully Detection: Neural Networks and Computer Vision. *Remote Sensing*, 12 (11): 1743. DOI: 10.3390/rs12111743.

18. Gubajdullin A.M. 2017. Fortification in the Middle Volga region in the X – first half of the XVI centuries (based on archaeological research). Kazan, 558 p.

19. Horodnic V.D., Graur D.S., Afloari M., Efros V. 2018. Geospatial analysis of land use dynamics using historical maps and GIS techniques. Case study of Rădăuți. Romania. *International Scientific Conference GEOBALCANICA 2018*. Albena, Bulgaria: 577–597. <http://dx.doi.org/10.18509/GBP.2018.63>.

20. Korobov D.S. 2011. Fundamentals of geoinformatics in archeology. Moscow, Publ. Moscow State University, 224 p.



21. Kuznetsova Y.S., Grigoreva T.M., Golosov V.N., Markelov M.V., Derkach A.A., Bolysov S.I. 2012. Monitoring of exogenic geomorphic processes in urban areas of the Sochi Region, the Caucasian Black Sea coast. In: *Antropopresja w wybranych sreifach morfoklimatycznych – zapis zmian w rzezbie I osadkach*. Polonia, Publ. Sosnowec: 226–230.
22. Lisetskii F.N., Buryak Z.A., Zelenskaya E.Ya. 2018. The Infrastructure of Land Management in the Post–Antique Agrolandscapes of Crimea. *Biogeosystem Technique*, 5 (1): 71–86. DOI: 10.13187/bgt.2018.1.71.
23. Liu D., Toman E., Fuller Z., Chen G., Londo A., Zhang X., Zhao K. 2018. Integration of historical map and aerial imagery to characterize long-term land-use change and landscape dynamics: An object-based analysis via Random Forests. *Ecological Indicators*, 95: 595–605. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.08.004.
24. Lynch A. 2008. The national monuments service: (Department of the Environment, Heritage and Local Government). *Archaeology Ireland*, 22 (2): 10–12.
25. Lombardo L., Tanyas H., Nicu I.C. 2020. Spatial modeling of multi-hazard threat to cultural heritage sites. *Engineering Geology*, 277: 105776. DOI: 10.1016/j.enggeo.2020.105776.
26. Maltsev K.A., Sharifullin A.G. 2017. Morphological typology of small catchments in river basins on cultivated plains. *Geomorphologiya*, 3: 76–87. DOI: 10.7868/S0435428117030075.
27. Mares D., Moschek W. 2013. Place in Time: GIS and the Spatial Imagination in Teaching History. In: *History and GIS: Epistemologies, Considerations and Reflections*. Dordrecht, Springer Netherlands: 59–72. DOI: 10.1007/978-94-007-5009-8_5.
28. Nicu I.C., Rubensdotter L., Stalsberg K., Nau E. 2021. Coastal Erosion of Arctic Cultural Heritage in Danger: A Case Study from Svalbard, Norway. *Water*, 13 (6): 784. DOI: 10.3390/w13060784.
29. Nishanbaev I. 2020. A web repository for geo-located 3D digital cultural heritage models. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 16: e00139. DOI: 10.1016/j.daach.2020.e00139.
30. Pouncett J. 2019. The Atlas of Hillforts of Britain and Ireland Online. In: *Hillforts: Britain, Ireland and the Nearer Continent*. Ed. B.G. Lock, I. Ralston. England, Archaeopress: 155–162.
31. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. 2012. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. *Environmental Research Letters*, 7 (2): 024021. DOI: 10.1088/1748-9326/7/2/024021.
32. Takasu T., Yasuda A. 2009. Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB. *International Symposium on GPS/GNSS*. International Convention Center Jeju, Korea, November 4–6.
33. Tariq A., Gillani S.O.A., Qureshi H.K., Haneef I. 2017. Heritage preservation using aerial imagery from light weight low cost Unmanned Aerial Vehicle (UAV). In: *2017 International Conference on Communication Technologies (ComTech)*. Pakistan, Rawalpindi, IEEE: 201–205.
34. Yermolaev O., Usmanov B., Muharamova S.S. 2015. The basin approach and mapping to the anthropogenic impact assessment on the east of the russian plain. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10 (20): 41178–41184.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Усманов Булат Мансурович, старший преподаватель кафедры ландшафтной экологии Казанского федерального университета, г. Казань, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Bulat M. Usmanov, Senior Lecturer of the Department of Landscape Ecology of the Kazan Federal University, Kazan, Russia



- Гайнуллин Искандер Ильгизович**, директор АНО "Научно-исследовательский центр "Страна городов", г. Казань, Россия
- Искандер I. Gainullin**, Director of ANO "Research Center" Country of Cities", Kazan, Russia
- Гафуров Артур Маратович**, кандидат географических наук, ассистент кафедры ландшафтной экологии Казанского федерального университета, г. Казань, Россия
- Artur M. Gafurov**, PhD in Geography, assistant of the Department of Landscape Ecology of the Kazan Federal University, Kazan, Russia
- Иванов Максим Андреевич**, кандидат географических наук, доцент кафедры ландшафтной экологии Казанского федерального университета, г. Казань, Россия
- Maxim A. Ivanov**, PhD in Geography, Associate Professor of the Department of Landscape Ecology of the Kazan Federal University, Kazan, Russia
- Хомяков Петр Валериевич**, инженер кафедры ландшафтной экологии Казанского федерального университета, г. Казань, Россия
- Peter V. Khomyakov**, Engineer of the Department of Landscape Ecology of the Kazan Federal University, Kazan, Russia
- Губайдуллин Айрат Маратович**, доктор исторических наук, главный научный сотрудник отдела средневековой археологии Института археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, г. Казань, Россия
- Airat M. Gubaidullin**, Doctor of Historical Sciences, Chief Researcher of the Department of Medieval Archeology of the Institute of Archaeology named after A.Kh. Khalikov Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia
- Ермолаев Олег Петрович**, доктор географических наук, профессор кафедры ландшафтной экологии Казанского федерального университета, г. Казань, Россия
- Oleg P. Yermolaev**, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Landscape Ecology of the Kazan Federal University, Kazan, Russia
- Абдуллин Халим Миннуллович**, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник информационно-редакционного отдела Института археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, г. Казань, Россия
- Khalim M. Abdullin**, Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher of the Information and Editorial Department of the A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia
- Саламатина Надежда Сергеевна**, магистр кафедры ландшафтной экологии Казанского федерального университета, г. Казань, Россия
- Nadezhda S. Salamatina**, Master of the Department of Landscape Ecology of the Kazan Federal University, Kazan, Russia
- Касимов Алексей Валерьевич**, научный сотрудник АНО "Научно-исследовательский центр "Страна городов", г. Казань, Россия
- Alexey V. Kasimov**, Researcher of the ANO "Research Center" Country of Cities", Kazan, Russia