

А.М. Гафуров¹, Б.М. Усманов², О.П. Ермолаев³, А.М. Губайдуллин⁴,
П.В. Хомяков⁵, И.И. Гайнуллин⁶

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ВЕБ-РЕСУРС "СТРАНА ГОРОДОВ": ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ СОЗДАНИИ ИСТОРИЧЕСКИ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ГЕОПОРТАЛА

АННОТАЦИЯ

Организация удобного доступа к пространственной информации для множества пользователей является большой задачей. Для решения этой задачи исследователи представляют результаты своих исследований на тематических геопорталах – геоинформационных системах (ГИС), размещенных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Основная функциональность подобных веб-ГИС, помимо непосредственно отображения интерактивной пространственной информации, заключается в возможности производить пользовательские запросы, производить измерения длин и площадей и предоставлять доступ к сопутствующим мультимедиа-материалам. Археологические геопорталы, в отличие от других тематических ГИС, требуют особых подходов к реализации, так как существует необходимость предоставления удобного доступа не только к пространственной информации, но и галерее мультимедийных материалов, а также развернутых описаний. В данной работе описывается подход к разработке картографических веб-ресурса «Страна Городов», предоставляющего доступ к результатам междисциплинарных исследований городищ Волжской Булгарии. Для удобного доступа как к картографическим, так и описательным материалам, было принято решение разделить геоинформационную и аналитическую составляющую на два отдельных, но взаимосвязанных портала в рамках одного веб-ресурса. Веб-ГИС реализована на основе библиотеки Leaflet, и предоставляет интерактивный доступ, помимо информации о непосредственно каждом городище, к серии аналитических карт – карте риска развития экзогенных процессов, карте рисков разрушения городищ, их современного состояния и многим другим. Основные графические и описательные материалы представлены на веб-портале, где для каждого городища была создана отдельная страница, на которой представлены описательный блок, галерея с снимками городища с беспилотного летательного аппарата, тематические и исторические карты, а также интерактивная трехмерная текстурированная модель соответствующего археологического памятника.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геопортал, ГИС, БПЛА, Волжская Булгария, городища, 3D.

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт экологии и природопользования, Товарищеская, д. 5, 420097, Казань, Россия, *e-mail*: amgafurov@kpfu.ru

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт экологии и природопользования, Товарищеская, д. 5, 420097, Казань, Россия, *e-mail*: oleg.yermolayev@kpfu.ru

³ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт экологии и природопользования, Товарищеская, д. 5, 420097, Казань, Россия, *e-mail*: busmanof@kpfu.ru

⁴ Академия наук Республики Татарстан, Институт археологии им. А.Х. Халикова, Бутлерова, д. 30, 420012, Казань, Россия, *e-mail*: airg_g@mail.ru

⁵ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт экологии и природопользования, Товарищеская, д. 5, 420097, Казань, Россия, *e-mail*: petr.khomyakov@kpfu.ru

⁶ Университет Иннополис, Центр геоинформационных систем, Университетская, д.1, 420500, Иннополис, Россия, *e-mail*: i.gainullin@innopolis.ru

**Artur M. Gafurov¹, Bulat M. Usmanov², Oleg P. Yermolayev³, Airat M. Gubaidullin⁴,
Petr V. Khomyakov⁵, Iskander I. Gainullin⁶**

THE "COUNTRY OF CITIES" WEB-GIS: DEVELOPMENT EXPERIENCE AND APPROACHES USED IN CREATING A HISTORY-ORIENTED GEOPORTAL

ABSTRACT

Providing convenient access to spatial information for multiple users is a big challenge. To solve this problem, researchers present the results of their research on thematic geoportals - geographic information systems (GIS) located on the Web. The main functionality of such web-GIS, in addition to directly displaying interactive spatial information, is the possibility of making custom searches, measuring lengths and areas, and providing access to related multimedia materials. Archaeological geoportals, unlike other thematic GIS, require special approaches to the implementation, as there is a necessity to provide convenient access not only to spatial information, but also a gallery of multimedia materials, as well as detailed descriptions. This paper describes the approach to the development of cartographic web-resource "Country of Cities" which provides access to the results of interdisciplinary research of Volga Bulgarian settlements. For user-friendly access to both cartographic and descriptive materials, it was decided to divide the geoinformation and analytical component into two separate but interconnected portals within one web resource. Web-GIS is based on the Leaflet library and provides interactive access, besides the information about each ancient settlement itself, to the series of analytical maps - risk map of the development of exogenous processes, risk map of the destruction of ancient settlements, their present state, and many others. The main graphic and descriptive materials are presented on the web portal, where a special page was created for each ancient settlement with a descriptive block, a gallery with images of the settlement from an unmanned aerial vehicle, thematic and historical maps, as well as an interactive three-dimensional textured model of the corresponding archaeological site.

KEYWORDS: geoportal, GIS, UAV, Volga Bulgaria, ancient settlements, 3D.

ВВЕДЕНИЕ

Географическая информация использовалась и используется многие сотни лет. Графические представления о взаимном расположении объектов, рельефе, границ административных единиц позволяют ориентироваться на местности и являются важным географическим и историческим источником информации. Увеличение количества информации, в том числе благодаря появлению новых источников данных дистанционного зондирования, разработке вычислительных систем и алгоритмов обработки привело к появлению и развитию геоинформационных ресурсов (ГИС).

¹ Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, 5 Tovarishcheskaya St., 420097, Kazan, Russia, *e-mail:* amgafurov@kpfu.ru

² Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, 5 Tovarishcheskaya St., 420097, Kazan, Russia, *e-mail:* busmanof@kpfu.ru

³ Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, 5 Tovarishcheskaya St., 420097, Kazan, Russia, *e-mail:* oleg.yermolayev@kpfu.ru

⁴ Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology, 30 Butlerova St., 420012, Kazan, Russia, *e-mail:* airg_g@mail.ru

⁵ Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, 5 Tovarishcheskaya St., 420097, Kazan, Russia, *e-mail:* petr.khomyakov@kpfu.ru

⁶ Innopolis University, GIS Center, 1 Universitetskaya St., 420500, Innopolis, Russia, *e-mail:* i.gainullin@innopolis.ru

Возможности ГИС развивались постепенно, в настоящий момент позволяя получать, хранить и обрабатывать растровую и векторную информацию и производить оверлейные операции буквально в одном окне. Постепенно геоинформационные пакеты стали комплексными и сложными приложениями, что привело к созданию специализированных вычислительных сред. Например, для интерполирования точечной пространственной информации используются разработка Golden Software Surfer – специализированная программа картографирования на основе регулярной сетки, которая интерполирует данные XYZ с нерегулярными интервалами в сетку с регулярными интервалами. Регулярная сетка в дальнейшем может использоваться для создания различных типов карт, включая карту изолиний, теневого рельефа и трехмерных карт поверхности. Доступно множество вариантов построения сеток и карт, что позволяет создавать карты, наилучшим образом представляющие данные. Для построения тематических карт на основе ДДЗЗ используются специализированные ГИС, аккумулирующие в себя алгоритмы классификации и сегментации на основе анализа текстур. В качестве примера можно отметить Trimble eCognition – программное обеспечение, используемое для обработки, моделирования и анализа таких геопространственных данных, как изображения и облака точек, а также ENVI – программный продукт, обеспечивающий полный цикл обработки опτικο-электронных и радарных данных дистанционного зондирования Земли.

Помимо специализированных ГИС, существуют комплексные программные продукты, объединяющие в себя работу с векторными и растровыми данными. Наиболее известны такое ПО, как ESRI ArcGIS, Pitney Bowes Software Mapinfo, а также отечественная разработка КБ Панорама с одноименной ГИС «Панорама». Среди ГИС открытого пользования стоит отметить активно развивающуюся ГИС QGIS, а также ГИС SAGA и GRASS. Большинство существующих продуктов представлено в виде программных комплексов для персональных компьютеров.

С развитием коммуникационной сети «Интернет» и облачных вычислений появилась возможность создания веб-ГИС, совмещающих в себе и вычислительный кластер серверов, хранилище данных и работу с системой из окна браузера. Взаимодействие с такой системой происходит по типу сервиса с оплатой по подписке. К числу таких решений можно отнести разработку ESRI ArcGIS Online, GIS Cloud, gvSIG Online. Данные ресурсы позволяют производить операции создания, редактирования и публикации готовых слоев в виде интерактивных карт. Однако, как правило, функциональность создания и редактирования объектов на сервере необходима в меньшей степени, нежели возможность предоставлять доступ к результатам пространственного моделирования в виде страницы в Интернет, поэтому в последнее время все чаще применяется концепция геопорталов в виде интерактивных карт, позволяющих отображать серию тематических материалов в виде точек, полилиний или полигонов, а также растровых объектов [Karabegovic, Ponjavic, 2014; She u др., 2019]. Основные возможности геопорталов ограничены отображением уже готовых материалов, измерением длин и площадей, фильтрацией контента и созданием выборки на основе свойств.

Возможность создавать подобные интерактивные веб-страницы дала толчок к созданию целой серии тематических геопорталов, среди которых можно выделить Геопортал данных ДЗЗ Роскосмоса, предоставляющий возможность подбора космических снимков по свойствам, геопортал «Речные бассейны Европейской части России» [Ermolaev u др., 2017], предоставляющий доступ к основной геоинформации о морфометрии, климате, гидрологии, почвах и геологии, представленной в виде набора тематических слоев, приведенной к сетке бассейнов, выступающих в роли операционно-территориальной единицы. Практически на все субъекты Российской Федерации

существуют собственные геопорталы, предоставляющие доступ к основной физико-географической информации о регионе. Тематически существующие геопорталы можно разделить на следующие группы: общегеографические, природопользовательские, геопорталы лесопользования (Интерактивная карта «Леса России»), недропользования (ГИС СОБР Роснедра), сельского хозяйства (Единая Федеральная Информационная Система о Землях Сельскохозяйственного Назначения (ЕФИС ЗСН)).

Использование геоинформационных систем для решения задач археологии дает возможность быстро получать информацию по запросам, сортировать ее и представлять в виде электронных археологических карт с точной локализацией памятников, что особенно важно для организации мероприятий по обеспечению сохранности памятников археологии и пространственного анализа системы расселения древнего населения на микро- и макрорегиональном уровнях. В Институте археологии РАН создана информационная система «Археологические памятники России» – единая геоинформационная система общероссийского масштаба, интегрирующая сведения об объектах археологического наследия на всей территории нашей страны на основании отчетных материалов о полевых археологических исследованиях, хранящихся в архиве Института Археологии РАН. В результате в созданную геоинформационную систему на 2014 г. введено 10 426 строк, содержащих информацию об объектах археологического наследия (6 978 записей) и местах проведения археологических исследований (шурфовок) (3 448 записей), данные об археологических памятниках, содержащихся в научных отчетах за 2012 и частично за 2011 г. Эта информация не только позволяет получать и использовать точные данные о памятниках и их местоположении, но и дает возможность локализовать места проведения археологических изысканий, выявивших отсутствие археологических древностей в тех или иных точках. В свою очередь, это позволяет не только оперативно создавать и использовать археологическую карту любого региона России, но и делать выводы о степени археологической изученности различных районов [Makarov *и др.*, 2017]. Практически в каждом регионе России созданы локальные специализированные информационные системы для памятников разных археологических культур. На уровне микрорегиона отметим многолетнюю совместную работу Института археологии РАН и Германского археологического института в сложных горных ландшафтах Кисловодской котловины, в ходе которой благодаря дешифровке данных дистанционного зондирования Земли было выявлено 160 поселений [Reinhold *et al.*, 2016]. Эти материалы интегрированы в ГИС, которая также объединяет данные геофизических обследований, раскопок, почвенные и др. пробы, что позволило в кратчайшие сроки получить огромную информацию о новом, ранее неизвестном феномене кобанской культуры Северного Кавказа – поселений с симметричной планировкой, очертить границы этого феномена и проследить его особенности [Korobov, 2011]. Инвентаризация уже выявленных памятников, их дообследование, получение точных данных о местоположении и размещение данных в ГИС позволяет изучать и заново интерпретировать археологические материалы, проводя моделирование исторических процессов и пространственно-исторический анализ культурных ландшафтов [Mares, Moschek, 2013]. В данном контексте становится очевидным, что переход к подходу, основанному не на хранении информации на локальной вычислительной машине, а на переносе обработанных результатов в доступную широкому кругу специалистов форму веб-ГИС позволит производить анализ неинвазивными (то есть не нарушающими культурный слой), неразрушающими методами.

Существующий опыт доказывает востребованность подобных геоинформационных решений. Например, уже реализована и функционирует специальная веб-ГИС «Atlas of Hillforts of Britain and Ireland», предоставляющая доступ к геопространственной

информации о городищах эпохи бронзы и раннего железного века на территории современных Великобритании и Ирландии. Данный геопортал оставлен исследователями из Эдинбургского университета, Оксфордского университета и Коркского университетского колледжа под руководством Иэна Ралстона и Гэри Лока [Pouncett, 2019] и представляет собой нанесенную на карту сеть из 4 147 точек, содержащих в атрибутах основную историческую информацию и данные об археологах, впервые описавших ту или иную территорию. Так же для территории Ирландии создан геопортал Службы Национальных Памятников, на котором отображены места, зарегистрированные археологической службой Ирландии. База данных и архив содержат записи всех описанных или упомянутых памятников, датированных 1700 г., а также отдельно включают подборку памятников после 1700 г. [Lynch, 2008]. Кроме того, в Великобритании был разработан картографический веб-ресурс, предоставляющий доступ к задокументированным участкам сельских поселений Римской Британии, на которых производились раскопки. Использование данного геопортала может способствовать пониманию морфологии поселений, полевых систем, архитектуры, промышленности, ритуалов и систем верований, а также пролить свет на более широкие вопросы социального и экономического статуса поселений [Allen et al., 2015]. Для сохранения сведений об разрушающихся в том числе из-за политических конфликтов объектах исторического и культурного наследия Ближнего Востока была разработана Археологическая база данных кризисных районов (CAAD). Ключевой особенностью данного продукта является возможность совместной работы многими пользователями, что способствует более полному наполнению базы геоданных [Cioé, Merlonghi, 2017]. В России для информационного обеспечения задач по изучению, учету, мониторингу и охране археологических памятников Республики Крым и города федерального значения Севастополя разработана веб-ГИС «Археологические памятники Крыма» [Lisetskii et al., 2018; Buryak et al., 2019]. Перечисленные решения, по сути, являются базами данных, имеющим пространственную привязку, где археологический памятник представлен точечным объектом. Дополнительных тематических и аналитических карт, позволяющих сделать вывод о зональных особенностях расселения, трендов и паттернов не представлено. Помимо просто картографического представления, многие археологические геопорталы используются для представления трехмерных реконструкций объектов культурного наследия. Из-а схожести функциональности и архитектуры подобных ГИС, ограничимся лишь их перечислением: геопортал музея Castello di Alceste в Италии, позволяющий «посетить» его в дополненной реальности [Cisternino u др., 2019]; геопортал трехмерных реконструкций фортификационных сооружений времен Первой Мировой Войны в Южном Тироле [Bezzi u др., 2018]; информационная система с BIM-реконструкцией базилики Святого Амвросия в Милане [Banfi u др., 2019]; геопортал объектов культурного наследия Австралии [Nishanbaev, 2020]; портал средневековых захоронений Чехии и Австрии [Eichert, 2021]; веб-портал реконструкций монастырей Греции [Boutsi et al., 2019].

Становится очевидным, что на данный момент разработка археологических картографических веб-ресурсов носит узкотематический характер, при этом нет какой-бы то ни было единой информационной среды и устоявшихся подходов к реализации системы, которая предоставляла бы доступ ко всей исторической информации. С одной стороны, такой подход более чем оправдан: благодаря подобным решениям разработанные веб-ГИС становятся своего рода интерактивными монографиями и отражением проводимых исследований. Учитывая современный тренд к проведению междисциплинарных исследований, узкоспециальная направленность существующих геопорталов в области археологии является очевидным минусом, Большинство ресурсов

предназначены для использования специалистами в данной области и направлены на каталогизацию существующих археологических объектов с указанием пространственного положения, текстовой информацией и изображениями. Отражение междисциплинарных исследований с привлечением тематических и аналитических карт, разновременных данных дистанционного зондирования, виртуального отображения археологических объектов, на наш взгляд является тем направлением, в котором должны развиваться археологические геопорталы.

В данной статье отражены исследования городищ Волжской Булгарии, представляющих собой укрепленные поселения, выделяющиеся на фоне окружающего их ландшафта благодаря дошедших до наших дней фортификационным сооружениям – валам и рвам. 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 площадок городищ и разрушения оборонительных сооружений. Валы и рвы, являющиеся уникальным признаком городищ, разрушаются под воздействием негативных антропогенных и экзогенных процессов; сокращаются площади памятников, что приводит к утрате их формы и культурного слоя. В этих условиях не только исследователи оперируют неточными сведениями, приводящим к ошибкам в типологии, но и эти уникальные свидетельства прошлого могут полностью исчезнуть, как, например, в течении последних 60-ти лет были полностью уничтожены оборонительные сооружения Хулашского, Танай-Тураевского и многих других городищ.

В данных условиях, важным представляется максимально точная фиксация современного состояния памятников археологии с использованием возможностей современных технологий – 3D-моделирования, ГНСС и ГИС. Целью работы является разработка археологического геопортала, предоставляющего доступ к результатам оценки современного состояния средневековых городищ Волжской Булгарии на основе комплекса неразрушающих методов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработка археологическо-картографического сервиса «Страна Городов» является завершающим этапом многолетних работ по полевому трехмерному моделированию, оценке состояния и риска разрушения городищ Волжской Булгарии. Территория Волжской Булгарии располагалась на юго-востоке Европейской части России, занимая территорию современной Республики Татарстан, Самарской, Ульяновской областей и частично захватывая восточную часть Чувашской Республики. Основой геопортала является геобаза данных на 102 объекта, представляющих собой картированные границы средневековых болгарских поселений [Ivanov *et al.*, 2021] (рис. 1).

Наполнение базы данных производится на основе информации, собранной в полевых условиях с использованием съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) [Gafurov, 2021]. Данные, полученные с БПЛА, служат 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, максимальные и минимальные высоты рельефа городища, а также средние показателей.

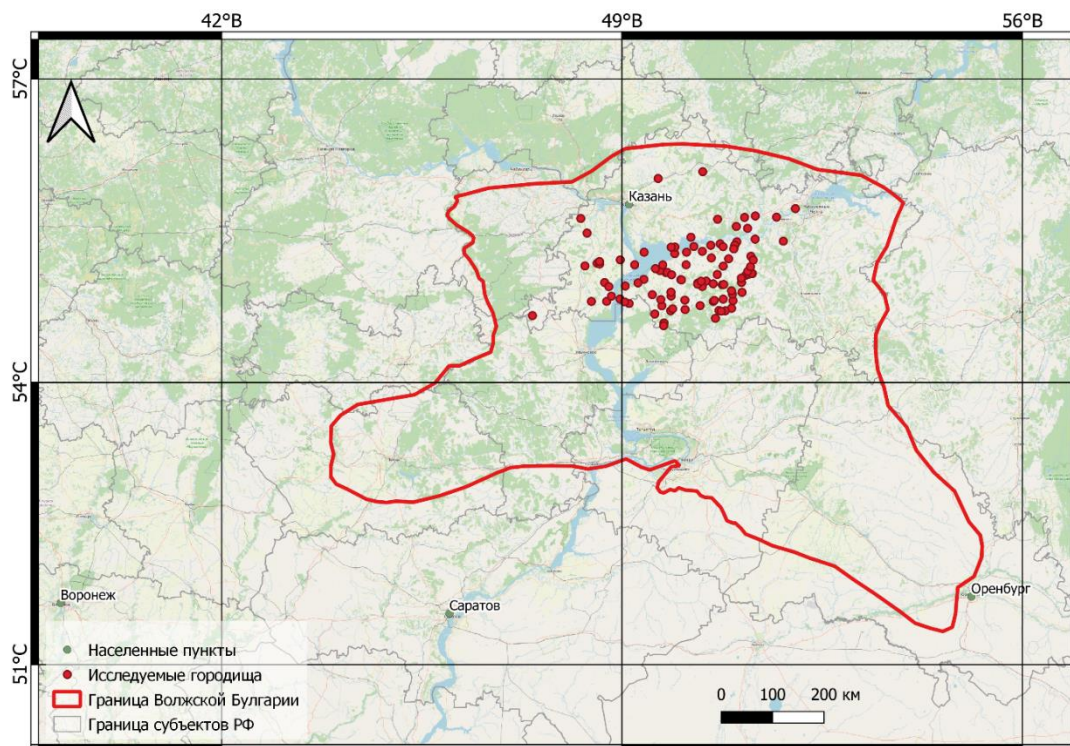


Рис. 1. Границы Волжской Булгарии и исследуемые городища
 Fig. 1. The boundaries of Volga Bulgaria and the studied sites

Табл. 1. Структура базы геоданных «Страна Городов»
 Table 1. Structure of the "Country of Cities" geodatabase

Поле	Тип поля	Параметр
Id	Целочисленное	Идентификатор городища
Name	Текстовое	Название городища
X	Целочисленное	Координата X
Y	Целочисленное	Координата Y
Geozone	Текстовое	Географический район
Admin	Текстовое	Административный район
HistGubern	Текстовое	Название губернии
HistUezd	Текстовое	Название уезда
HistVolost	Текстовое	Название волости
HistYear	Целочисленное	Год описания
HistName	Текстовое	Автор описания
HMean	Десятичное	Средние высоты
HMax	Десятичное	Максимальные высоты
HMin	Десятичное	Минимальные высоты
SMean	Десятичное	Средние уклоны
AMajor	Десятичное	Преобладающая экспозиция
Soil	Текстовое	Преобладающий подтип почв
Parent	Текстовое	Преобладающий тип четвертичных отложений
Type	Целочисленное	Тип городища по Раппопрту

Landuse	Текстовое	Преобладающий тип землепользования
Destr	Целочисленное	Степень разрушенности
ExoRisk	Целочисленное	Риск возникновения экзогенных процессов
SettRisk	Целочисленное	Риск разрушения городища

Дешифрирование ортофотоплана позволяет выделить изъятые площади городищ, оценить землепользование и состояние конкретного городища [Gainullin и др., 2017; Gafurov и др., 2019]. На основе анализа ортофотопланов, база данных наполняется такими атрибутами, как площадь городища, координаты центроидов, степень разрушенности, землепользование и антропогенные нагрузки [Yermolaev, Usmanov, 2014]. Дополнительно привлекаются историографические данные, такие как тип городища по Раппопорту, 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 [Gafurov, Yermolayev, 2020]. Полученные данные в дальнейшем используются для оценки риска разрушения городищ, что так же вносится в базу данных (табл. 1).

Для городищ Волжской Булгарии проводилось качественное описание, а проведенные полевые работы сопровождались полевой фото- и видеофиксацией. 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.

Картографическая часть реализуется параллельно, и 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 и наоборот. В качестве исходной геоинформации выступает подготовленная база геоданных на городища Волжской Булгарии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основная функциональность геопортала заключается в просмотре подготовленных тематических карт, возможности выполнять пользовательские запросы и поиск, а также измерение длин, периметра и площади. Для обеспечения быстрого отклика и скорости работы было принято решение использовать векторный формат исходных данных, тип отображаемых объектов варьируется согласно правилам генерализации от точечного до, по мере приближения к объекту, полигонального, отображающего границы конкретного городища. Созданные тематические карты рассчитывались на муниципалитет, выступающий в качестве операционно-территориальной единицы, и отражают основные показатели – количество городищ в муниципалитете, преобладающий тип городищ, муниципалитеты, ранжированные по риску развития экзогенных процессов, разрушения городищ (рис. 2). По нажатию на городище появляется доступ к основной атрибутивной информации, представленной в виде всплывающего окна (рис. 3).

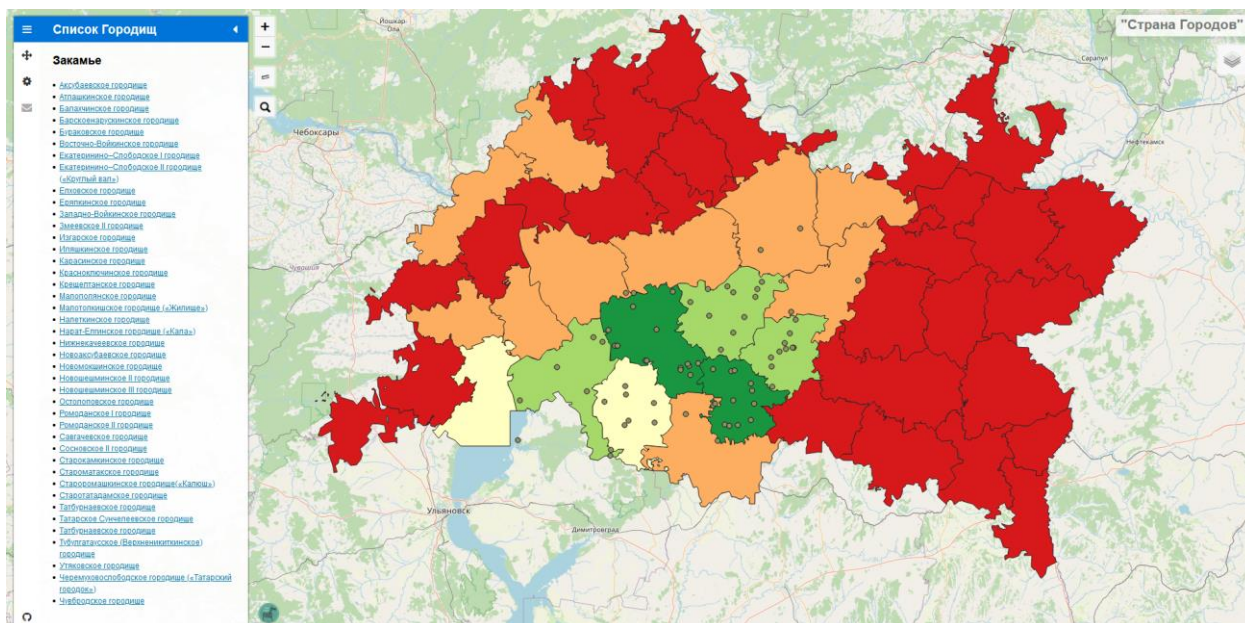


Рис. 2. Основное окно работы с геопорталом «Страна Городов»
Fig. 2. The main window for working with the "Country of Cities" geportal

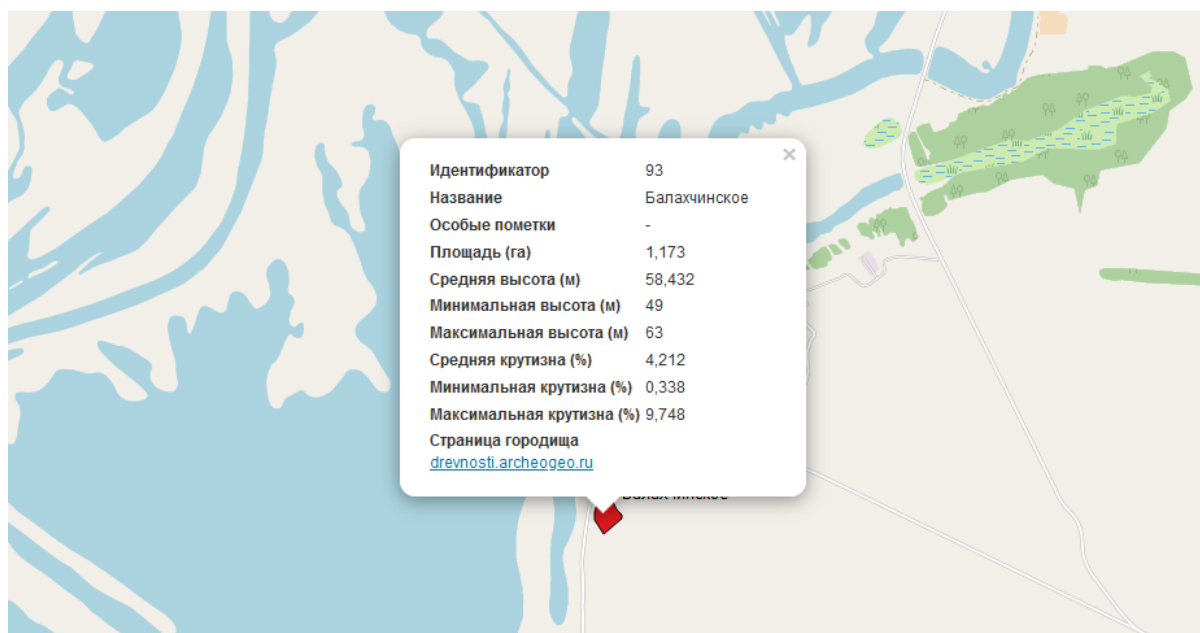


Рис. 3. Отображение атрибутивной информации о городище
Fig. 3. Displaying the attached attribute information about the ancient settlement

Из данного окна можно сразу перейти на страницу городища на веб-портале (рис. 4), на котором представлена более подробная информация об объекте, а также его интерактивная трехмерная модель, с которой можно подробно ознакомиться и, в случае необходимости, скачать, так как все представленные материалы находятся в открытом пользовании под лицензией Creative Commons (CC BY-SA) (свободное использование с обязательной ссылкой на авторов).



Рис. 4. Основное окно работы с веб-порталом
Fig. 4. The main window for working with the web-portal

Для удобства поиска сведений о конкретном городище и на веб-портале, и в веб-ГИС реализован инструмент поиска, кроме того, геопортал предоставляет возможность фильтрации и организации запросов по характеристикам объектов. Для перехода к определенному археологическому памятнику добавлен список городищ, разбитых по географическим районам и ранжированных по алфавиту, по нажатию на которые карта приблизится до границ объекта.

ВЫВОДЫ

На основе полученных данных впервые для территории исследования создан веб-ресурс открытого пользования, позволяющий получить доступ к информации о каждом изученном укрепленном поселении Волжской Булгарии. Это дает возможность специалистам и научным работникам проводить пространственный анализ на разных уровнях генерализации (от регионального до локального). Комбинация описательной составляющей в виде веб-портала и картографической части в виде геопортала позволяет оценить не только закономерности размещения памятников на исследуемой территории, но и изучить отдельные объекты и даже их элементы 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.

БЛАГОДАРНОСТИ

Разработка геопортала «Страна Городов» выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-09-40114). Создание и наполнение геобазы данных выполнено при поддержке РФФИ (проект № 19-17-00064).

ACKNOWLEDGEMENTS

The development of the "Country of Cities" geoportal was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project No 18-09-40114). The geodatabase creation and filling was supported by the Russian Science Foundation (project No 19-17-00064).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Allen M., Blick N., Brindle T., Evan, T., Fulford M., Holbrook N., Lodwick L., Richards J.D., Smith A.* The Rural Settlement of Roman Britain: an online resource, 2015. DOI: 10.5284/1030449.
2. *Banfi F., Previtali M., Stanga C., Brumana R.* A layered-web interface based on HBIM and 360deg panoramas for historical, material and geometric analysis. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Copernicus GmbH, 2019. С. 73–80. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-73-2019.
3. *Bezzi L., Bezzi A., Boscaro C., Feistmantl K., Gietl R., Naponiello G., Ottati N., De Guzman M.* Commercial Archaeology and 3D Web Technologies. J. Field Archaeol., 2018. Т. 43. № sup1. С. S45–S59. DOI: 10.1080/00934690.2018.1505410.
4. *Boutsi A.-M., Ioannidis C., Soile S.* An Integrated Approach to 3D Web Visualization of Cultural Heritage Heterogeneous Datasets. Remote Sens., 2019. Т. 11. № 21. С. 2508. DOI: 10.3390/rs11212508.
5. *Buryak Z.A., Lisetskii F.N., Ilyashenko S.V.* Geoinformation analytical system “Archaeological sites of Crimea”. Geod. Cartogr., 2019. Т. 942. № 12. С. 29–40. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-942-12-29-40.
6. *Cisternino D., Gatto C., D’Errico G., De Luca V., Barba M. C., Paladini G. I., De Paolis L.T.* Virtual Portals for a Smart Fruition of Historical and Archaeological Contexts. Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics Lecture Notes in Computer Science. Под ред. L.T. De Paolis, P. Bourdot. Cham: Springer International Publishing, 2019. С. 264–273. DOI: 10.1007/978-3-030-25999-0_23.

7. *Cioé F., Merlonghi M.* The Crisis Areas Archaeological Database (CAAD): a WebGIS for monitoring and safeguarding archaeological heritage. *Interactions and New Directions in Near Eastern Archaeology*. Trieste: EUT Edizioni Università di Trieste, 2017. С. 77–91.
8. *Crickard P.* Leaflet.js essentials: create interactive, mobile-friendly mapping applications using the incredibly light yet powerful Leaflet.js platform. Birmingham, UK: Packt Pub, 2014. 162 с.
9. *Eichert S.* Digital Mapping of Medieval Cemeteries: Case Studies from Austria and Czechia. *J. Comput. Cult. Herit.*, 2021. Т. 14. № 1. С. 3:1–3:15. DOI: 10.1145/3406535
10. *Ermolaev O.P., Mal'tsev K.A., Mukharamova S.S., Kharchenko S.V., Vedeneeva, E.A.* Cartographic model of river basins of European Russia. *Geogr. Nat. Resour.*, 2017. Т. 38. № 2. С. 131–138. DOI: 10.1134/S1875372817020032.
11. *Gafurov A., Gainullin I., Usmanov B., Khomyakov P., Kasimov A.* Impacts of fluvial processes on medieval settlement Lukovskoe (Tatarstan, Russia). *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.*, 2019. Т. 381. С. 31–35. DOI: 10.5194/piahs-381-31-2019.
12. *Gafurov A.* 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*, 2021. Т. 5. № 1. С. 7. DOI: 10.3390/drones 5010007.
13. *Gafurov A.M., Yermolayev O.P.* Automatic Gully Detection: Neural Networks and Computer Vision. *Remote Sens.* 2020. Т. 12. № 11. С. 1743. DOI: 10.3390/rs12111743.
14. *Gainullin I.I., Khomyakov P.V., Sitdikov A.G., Usmanov B.M.* Qualitative assessment of the medieval fortifications condition with the use of remote sensing data (Republic of Tatarstan). *Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2017)*, 2017. С. 104440X. DOI: 10.1117/12.2279136.
15. *Ivanov M., Abdullin H., Gainullin I., Gafurov A., Usmanov B., Williamson J.* Using XVIII–XIX Cent. Maps and Modern Remote Sensing Data for Detecting the Changes in the Land Use at Bulgarian Fortified Settlements in the Volga Region. *Earth*, 2021. Т. 2. № 1. С. 51–65. DOI: 10.3390/earth2010004.
16. *Karabegovic A., Ponjavic M.* Geoportal as Interface for Data Warehouse and Business Intelligence Information System. *Advances in Business ICT Advances in Intelligent Systems and Computing*. Под ред. М. Mach-Król, Т. Pelech-Pilichowski. Cham: Springer International Publishing, 2014. С. 27–40. DOI: 10.1007/978-3-319-03677-9_2
17. *Korobov D.* Fundamentals of geoinformatics in archeology. Moscow: MGU, 2011. 224 с.
18. *Lisetskii F.N., Buryak Z.A., Zelenskaya Evgenia Ya.* The Infrastructure of Land Management in the Post–Antique Agrolandscapes of Crimea. *Biogeosystem Tech.*, 2018. Т. 5. № 1. С. 71–86. DOI: 10.13187/bgt.2018.1.71.
19. *Lynch A.* The national monuments service: (Department of the Environment, Heritage and Local Government). *Natl. Monum. Serv. Dep. Environ. Herit. Local Gov.*, 2008. Т. 22. № 2. С. 10–12.
20. *Makarov N.A., Zelentsova O.V., Korobov D.S., Voroshilov A.N.* The space of antiquity: Archaeological sites on the map of Russia. *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2017. Т. 87. № 4. С. 336–347. DOI: 10.1134/S1019331617030078.
21. *Mares D., Moschek W.* Place in Time: GIS and the Spatial Imagination in Teaching History. *History and GIS: Epistemologies, Considerations and Reflections*. Под ред. A. von Lünen, C. Travis. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. С. 59–72. DOI: 10.1007/978-94-007-5009-8_5.

22. *Nishanbaev I.* A web repository for geo-located 3D digital cultural heritage models. Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit. 2020. T. 16. C. e00139. DOI: 10.1016/j.daach.2020.e00139.
 23. *Pouncett J.* The Atlas of Hillforts of Britain and Ireland Online. Hillforts: Britain, Ireland and the Nearer Continent. Под ред. G. Lock, I. Ralston. England: Archaeopress, 2019. C. 155–162.
 24. *Reinhold S., Belinskiy A., Korobov D.* Caucasia top-down: Remote sensing data for survey in a high altitude mountain landscape. Quat. Int., 2016. T. 402. C. 46–60. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.10.106.
 25. *She B., Hu T., Zhu X., Bao S.* Bridging open source tools and Geoportals for interactive spatial data analytics. Geo-Spat. Inf. Sci., 2019. T. 22. № 3. C. 185–192. DOI: 10.1080/10095020.2019.1645497.
 26. *Yermolaev O., Usmanov B.* The basin approach to the anthropogenic impact assessment in oil-producing region, 2014. C. 681–688. DOI: 10.5593/SGEM2014/B52/S20.090.
-