

Правительство Республики Татарстан  
Министерство цифрового развития государственного управления,  
информационных технологий и связи Республики Татарстан  
Казанский (Приволжский) Федеральный университет  
ГКУ «Центр цифровой трансформации Республики Татарстан»  
ГУП «Центр информационных технологий Республики Татарстан»



ТАТАРСТАНСКИЙ  
НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИЙ  
ФОРУМ



Посвященный году науки и технологий

Х НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОДЕЗИИ  
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

**ПРОГРАММА  
ТЕЗИСЫ И ДОКЛАДЫ**

**31 августа-  
1 сентября**  
Казань 2021



## Опыт разработки и используемые подходы при создании картографического веб-ресурса «Страна городов»

*А.М. Гафуров<sup>1</sup>, Б.М. Усманов<sup>1</sup>, И.И. Гайнуллин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования

<sup>2</sup>АНО «НИЦ «Страна городов»

### 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). 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, для построения тематических карт на основе ДДЗЗ – Trimble eCognition и ENVI.

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.

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. В последнее время все чаще применяется концепция геопорталов – интерактивных карт, позволяющих отображать серию тематических материалов в виде точек, полилиний или полигонов, а также растровых объектов. 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» (Егмолгаев и 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 возмож-

ность быстро получать информацию по запросам, сортировать ее и представлять в виде электронных археологических карт с точной локализацией памятников. В Институте археологии РАН создана информационная система «Археологические памятники России» (Макаров 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 (Reinhold, Belinskiy, Korobov, 2016). Полученные материалы интегрированы в ГИС, которая также объединяет данные геофизических обследований, раскопок, почвенные и др. пробы (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, 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 (Pouncett, 2019). Так же для территории Ирландии создан геопортал Службы Национальных Памятников, на котором отображены места, зарегистрированные археологической службой Ирландии (LYNCH, 2008). Кроме того, в Великобритании был разработан картографический веб-ресурс, предоставляющий доступ к задокументированным участкам сельских поселений Римской Британии, на которых производились раскопки (Allen и др., 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) (Cioe, 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, Buryak, Zelenskaya, 2018; Buryak, Lisetskii, Pyashenko, 2019). Помимо просто картографического представления, многие археологические геопорталы используются для представления трехмерных реконструкций объектов культурного наследия: геопортал музея Castello di Alceste, Италия, позволяющий «посетить» его в дополненной реальности (Cisternino и др., 2019), геопортал, позволяющий ознакомиться с трехмерными реконструкциями фортификационных сооружений времен Первой Мировой Войны в Южном Тироле, Италия (Bezzi и др., 2018), информационная система с BIM-реконструкцией базилики Святого Амвросия в Милане, Италия (Vanfi и др., 2019), геопортал объектов культурного наследия Австралии (Nishanbaev, 2020), портал, предоставляющий доступ к моделям средневековых захоронений Чехии и Австрии (Eichert, 2021), веб-портал, позволяющий ознакомиться с реконструкциями монастырей Греции (Boutsis, Ioannidis, Soile, 2019).

В данном докладе 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 геобазы данных на 102 объекта, представляющих собой картированные границы средневековых булгарских поселений (Ivanov и др., 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 показатели.

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).

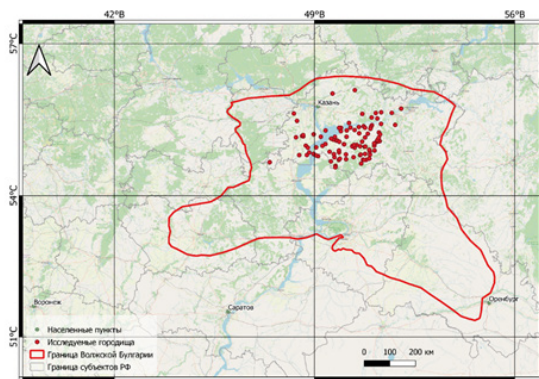


Рис.1. Границы Волжской Булгарии и исследуемые городища

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 административному району, отнесение к преобладающим типам ландшафта, почв и почвообразующих пород, оценка риска развития экзогенных процессов (Gafurov, Yermolaev, 2020). Полученные данные в дальнейшем используются для оценки риска разрушения городищ, что так же вносится в базу данных.

Так как городища Волжской Булгарии богаты на качественное описание, а проведенные полевые работы сопровождались полевой фото- и видеофиксацией, было решено разделить описательную и картографическую части, веб-портал и геопортал, соответственно. Для этого на каждое городище была создана отдельная страница на соответствующем веб-портале, 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 геобазы данных на городища Волжской Булгарии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основная функциональность геопортала заключается в просмотре подготовленных тематических карт, возможность выполнять пользовательские запросы и поиск, а также производство измерений 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.2а). По нажатию на городище появляется доступ к основной атрибутивной информации, представленной в виде всплывающего окна.

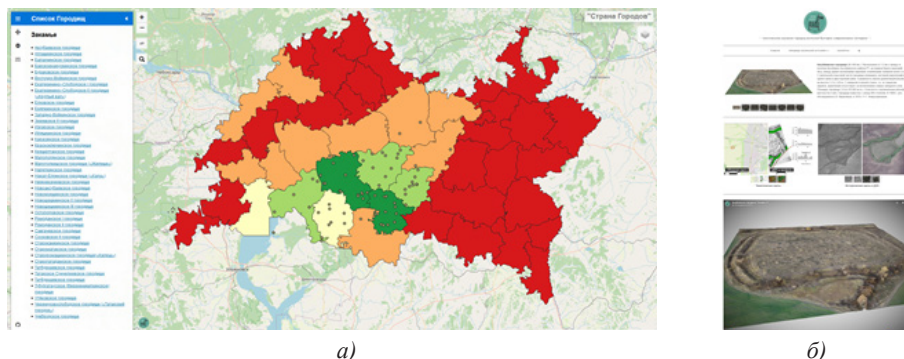


Рис. 2. Окна работы с геопорталом (а) и веб-порталом (б) «Страна Городов»

Из данного окна можно сразу перейти на страницу городища на веб-портале (Рис.2б), 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). 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-сервис 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) не только размещение памятников на исследуемой территории, но и изучение отдельных объектов и даже их элементов на основе интерактивных текстурированных трехмерных моделей. Также, учитывая интерактивность моделей, размещения информации в научно-популярной форме, разрабатываемый ресурс будет интересен 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).

---

### Список литературы

1. Allen M. и др. The Rural Settlement of Roman Britain: an online resource // 2015.
2. Banfi F. и др. A LAYERED-WEB INTERFACE BASED ON HBIM AND 360° 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.
3. Bezzi L. и др. Commercial Archaeology and 3D Web Technologies // J. Field Archaeol. 2018. Т. 43. № sup1. С. S45–S59.
4. Boutsis 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.
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.
6. 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.
7. Cistermino D. и др. 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.
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.
10. Ermolaev O. P. и др. Cartographic model of river basins of European Russia // Geogr. Nat. Resour. 2017. Т. 38. № 2. С. 131–138.
11. Gafurov A. M., Yermolayev O. P. Automatic Gully Detection: Neural Networks and Computer Vision // Remote Sens. 2020. Т. 12. № 11. С. 1743.

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.
13. Gafurov A. и др. Impacts of fluvial processes on medieval settlement Lukovskoe (Tatarstan, Russia) // *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.* 2019. Т. 381. С. 31–35.
14. Gainullin I. I. и др. Qualitative assessment of the medieval fortifications condition with the use of remote sensing data (Republic of Tatarstan) // *Fifth Int. Conf. Remote Sens. Geoinformation Environ. RSCy2017*. 2017. Т. 10444. С. 104440X.
15. Ivanov M. и др. 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.
16. Korobov D. Fundamentals of geoinformatics in archeology. Moscow: MGU, 2011. 224 с.
17. Lisetskii F. N., Buryak Z. A., Zelenskaya Evgeniya. The Infrastructure of Land Management in the Post–Antique Agrolandscapes of Crimea // *Biogeosystem Tech*. 2018. Т. 5. № 1. С. 71–86.
18. 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.
19. Makarov N. A. и др. The space of antiquity: Archaeological sites on the map of Russia // *Her. Russ. Acad. Sci.* 2017. Т. 87. № 4. С. 336–347.
20. 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.
21. Nishanbaev I. A web repository for geo-located 3D digital cultural heritage models // *Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit.* 2020. Т. 16. С. e00139.
22. 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. С. 155–162.
23. Reinhold S., Belinskiy A., Korobov D. Caucasasia top-down: Remote sensing data for survey in a high altitude mountain landscape // *Quat. Int.* 2016. Т. 402. С. 46–60.
24. Yermolaev O., Usmanov B. The basin approach to the anthropogenic impact assessment in oil-producing region. , 2014. С. 681–688.