

СК-42 к WGS-84 с помощью упрощенного преобразования координат. При этом останется случайная ошибка, которая составляет около 40 м в пределах одного стандартного отклонения (СКО). К третьему классу точности относятся памятники, координаты которых определены с помощью спутниковых снимков. Здесь ошибка локализации составляет около 50 м в пределах СКО. И, наконец, самую высокую ошибку имеет карта Е.Е. Неразик, кото-

рая после математической обработки составляет около 100 м. Поэтому в том случае, когда есть несколько вариантов оценки координат, берем те, которые имеют самый высокий класс точности.

В результате проведенного анализа карт и спутниковых снимков нам удалось не только увеличить количество памятников оазиса с 20 до 29, но и уточнить их координаты.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19–09–00040 А.*

#### Список литературы

Андреанов Б.В. Древние оросительные системы Приаралья. М., 1969.

Болелов С.Б., Колганова Г.Ю., Никифоров М.Г., Семикопенко Г.П. Определение географических координат археологических объектов с помощью старых карт // Известия АлтГУ. Исторические науки и археология. 2019. Т. 109, № 5. С. 99–106.

Болелов С.Б., Колганова Г.Ю., Никифоров М.Г., Семикопенко Г.П. Новые данные об археологических памятниках Древнего Хорезма по результатам обработки спутниковых

снимков // КСИА, 260 (в печати).

МХЭ-1, 1959. Полевые исследования Хорезмской экспедиции в 1954–1956 гг. / под ред. С.П. Толстова, М.Г. Воробьевой. М.: АН СССР (Материалы Хорезмской экспедиции; вып. 1.) 210 с.

Неразик Е.Е. Сельские поселения афригидского Хорезма. М., 1966.

Неразик Е.Е. Формирование раннесредневекового общества в низовьях Амударьи. М., 2013.

### СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В КОМПЛЕКСНОМ ИЗУЧЕНИИ ГОРОДИЩ ВОЛЖСКОЙ БУЛГАРИИ

© 2020 г. И.И. Гайнуллин<sup>1</sup> (gainullis@gmail.com), Б.М. Усманов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательская лаборатория «Страна городов», Казань, РФ

<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, РФ

**Аннотация.** Являясь неотъемлемой частью ландшафта, памятники археологии разрушаются под воздействием различных природных факторов и антропогенных нагрузок. В сложившейся ситуации авторы предлагают использовать комплексный (мультидисциплинарный) подход, опираясь на применение анализа архивных источников, современных методов полевых исследований и обработки полученной информации. В пределах исторической территории Волжской Булгарии проводится сбор и систематизация информации о средневековых городищах.

**Ключевые слова:** культурное наследие, городища, дистанционное зондирование, геоинформационные системы, беспилотные аппараты.

Исследования городищ Волжской Булгарии занимают особую страницу в истории изучения археологических памятников периода средневековой территории Волго-Камья. В условиях полного отсутствия булгарских 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. К началу XXI в. мы можем назвать 198 выявленных булгарских городищ, на основе изучения которых было выпущено ряд обобщающих работ – монографий и статей (Губайдуллин, 2017).

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 – разрушения оборонительных сооружений, являющихся уникальным признаком городищ, под воздействием негативных антропогенных и экзогенных процессов, сокращение 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 городища – уникальные свидетельства прошлого могут полностью исчезнуть, как, например, в течении последних 60-ти лет были полностью разрушены оборонительные сооружения городищ Девиный городок (рис. 1), Староеналейское, Танай-Тураевское и др.

В сложившейся ситуации для совершенствования механизмов изучения археологического наследия наш проект предлагает использовать комплексный (мультидисциплинарный) подход, опираясь на современные неинвазивные принципы полевых исследований с применением последних технических достижений в области наук о Земле и археологии. Можно выделить следующие направления, широко используемые в современной археологии: применение геоинформационных систем, пространственный анализ, обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования, использование беспилотных летательных аппаратов, инструментальная съемка, 3D-моделирование (Wang, 2015).

Сочетание этих методов, объединенных в так называемые «комплексные проекты», позволяет изучать археологи-

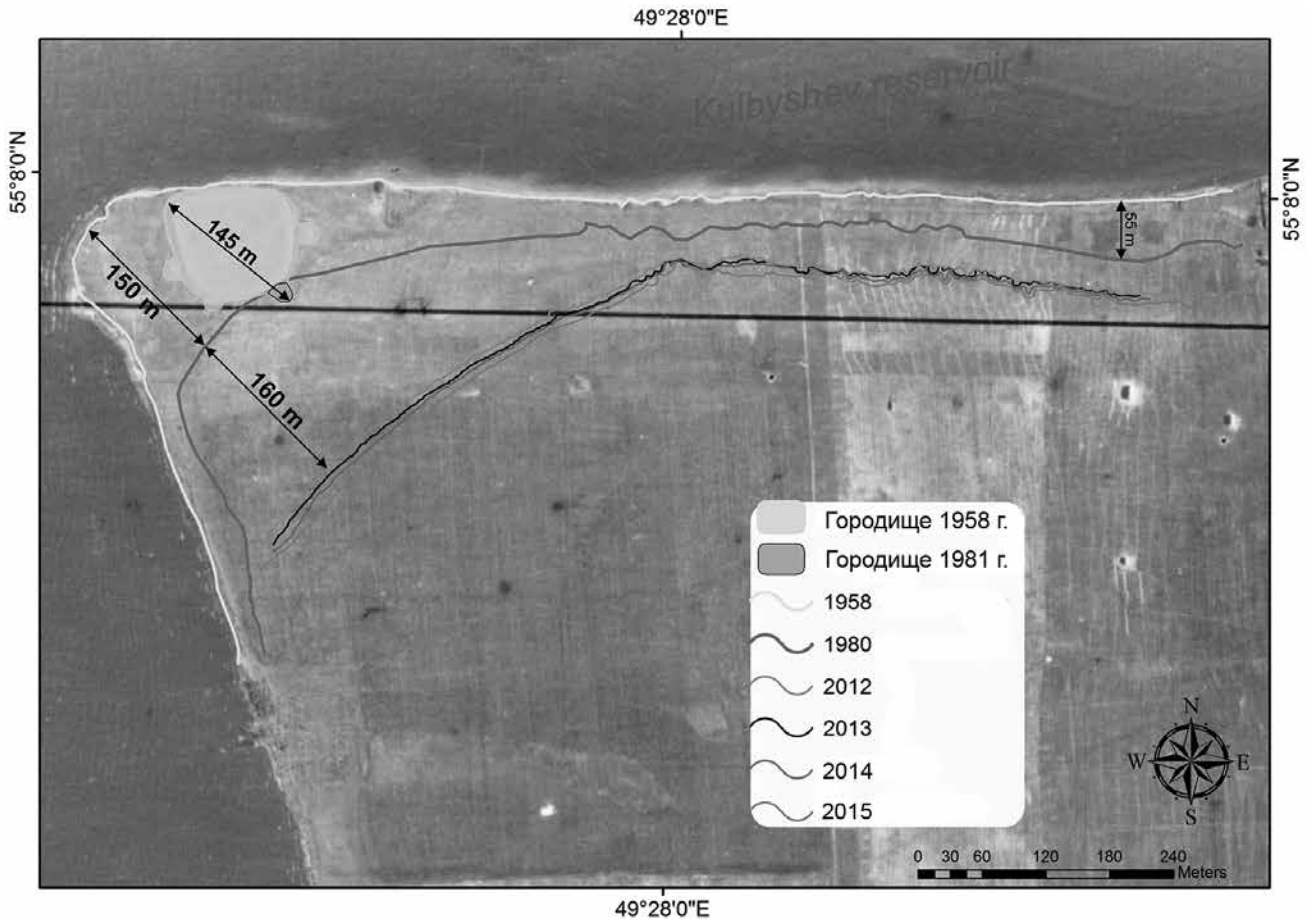


Рис. 1. Трансформация берега в районе расположения городища «Девичий городок».

ческие памятники неразрушающими методами (Коробов, 2012). Особенно актуально совершенствование механизмов комплексного обследования с использованием современных неинвазивных методов в изучении археологического наследия, что позволяет получать новые данные для уже выявленных памятников археологии без нанесения им какого-либо ущерба.

Использование геоинформационных систем дает возможность быстро получать информацию по запросам, сортировать ее и представлять в виде электронных археологических карт с точной локализацией памятников.

Широко применяются различные методы обработки разновременных аэро-, фото- и космоснимков: проводится сравнительный анализ изменения состояния памятника (Lasarona и др., 2012), осуществляется планирование адресных археологических охранно-спасательных работ, реконструкция древних ландшафтов и первоначального облика объектов археологии, относящихся к различным историческим эпохам.

За последние 5 лет в современных ландшафтно-археологических исследованиях как в России, так и за рубежом, благодаря своей невысокой цене и легкости в использовании, наряду с лазерным сканированием, все более широкое применение получили мультироторные БПЛА (Жуковский, 2015; Esposito и др., 2013). БПЛА используют для получения высокодетальных аэрофотоснимков, которые позволяют изготовить на их основе ортофотоплан местности, ЦМР, что позволяет реконструировать внешний облик археологических объектов, а также проводить мониторинг современного состояния памятников (Зайцева, 2014; Stek,

2016). Кроме того, использование БПЛА на современном этапе позволяет комбинировать данные для ведения документации и 3D визуализации (Balletti и др., 2015).

Использование высокоточного геодезического оборудования в настоящее время становится обычным и необходимым при проведении полевых исследований. Если раньше было достаточно построить планы в условной системе координат с помощью оптических нивелиров или теодолитов, то сейчас практически все археологические исследования подразумевают использование как цифровых тахеометров и нивелиров, так и высокоточных ГНСС приемников. При использовании БПЛА спутниковые методы особенно необходимы для обоснования координат наземных реперов, необходимых для более точного позиционирования и взаимной ориентации фотоснимков, на основе которых строятся модели археологических объектов (Dubini и др., 2016). Также ГНСС технологии эффективны для фиксации и изучения динамики опасных экзогенных процессов, несущих угрозу разрушения памятнику. Таким образом, использование ГНСС-технологий позволяет более точно собирать данные, строить сложные многослойные карты, которые полезны при анализе данных, а также для формирования геобазы данных по исследуемому объекту. Использование современных технологий и методов позволяет осуществлять составление карты рисков для памятников истории и культуры, что является приоритетной задачей при управлении культурным наследием, основой при принятии решений и осуществлении конкретных мероприятий по сохранению объектов археологии.

На настоящий момент были организованы экспедиции по натурному обследованию городищ Волжской Булгарии в трех географических зонах Казанского Поволжья – 18 городищ в Предволжье РТ (Богдашкинское, Большекляринское, Городищенское, Зеленовское, Луковское, Ляшевское, Исаковское, Сюкеевское, Тавлинское, Тетюшское I, Тетюшское II, Уразлинское, Федоровское, Хулашское, Чувашско-Безднинское, Чуру-Барышевское, Деушевское, Староеналейское), 7 городищ в Западном Предкамье РТ (Иске-Казанское (Камаевское), Ежевичное стрелка, Кирменское, Омарское, Трой-Урайское, Утернясьское, Чаллыньское) и 5 городищ в Западном Закамье РТ (Билляр, Суварское, Маклашеевское, Танкеевское 1, Танкеевское 2).

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект Древности № 18–09–40114 «Страна городов» – комплексное изучение городищ Волжской Булгарии современными методами.**

#### Список литературы

Губайдуллин А.М. Фортификация в Среднем Поволжье в X – первой половине XVI вв. (по материалам археологических исследований: дис. ... д-ра ист. наук. Казань. 2017. 558 с.

Жуковский М.О. Использование мультироторных БПЛА и фотограмметрических технологий обработки аэрофотосъемки в современных археологических исследованиях // Виртуальная археология (эффективность методов): Материалы Второй Международной конференции, состоявшейся в Государственном Эрмитаже 1–3 июня 2015 года. СПб.: Эрмитаж, 2015. С. 69–80.

Зайцева О.В. «3d революция» в археологической фиксации в российской перспективе // Сибирские исторические исследования. № 4. 2014. С. 10–20.

Коробов Д.С. Предисловие. Материалы Пятого круглого стола «Археология и Геоинформатика» (Москва, 14–15 апреля 2010 г.) // Краткие сообщения института археологии. Вып. 226. 2012. С. 3–8.

Balletti C., Guerra F., Scocca V., Gottardi C. 3d integrated methodologies for the documentation and the virtual reconstruction of an archaeological site // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015. pp. 215–222.

По результатам исследования впервые для территории Волжской Булгарии будут заново интерпретированы археологические материалы, выявлены и количественно оценены риски разрушения средневековых городищ природно- и антропогенно-обусловленными процессами, создана специализированная ГИС для городищ Волжской Булгарии, где тематическая, аналитическая и комплексная геоинформация представлена с высокой степенью пространственной детальности. Разработанный в ходе выполнения проекта единый комплексный подход к изучению средневековых городищ может быть использован для исследования и других объектов культурного наследия, как в России, так и за рубежом.

Dubbini M., Curzio L.I., Campedelli A. Digital elevation models from unmanned aerial vehicle surveys for archaeological interpretation of terrain anomalies: Case study of the Roman castrum of Burnum (Croatia) // Journal of Archaeological Science. Reports 8. 2016. pp. 121–134.

Esposito S., Fallavollita P., Melis M.G., Balsi M., Jankowski S. UAS imaging for archaeological survey and documentation // Proc. SPIE, Vol. 8903. 2013. 7 P.

Lasaponara R., Masini N., Holmgren R., Backe, Forsberg Y. Integration of aerial and satellite remote sensing for archaeological investigations: a case study of the Etruscan site of San Giovenale // Journal of Geophysics and Engineering. Vol. 9(4). 2012. pp. 26–39.

Stek T.D. Drones over Mediterranean landscapes. The potential of small UAV's (drones) for site detection and heritage management in archaeological survey projects: A case study from Le Pianelle in the Tappino Valley, Molise (Italy) // Journal of Cultural Heritage. Vol. 22. 2016. pp. 1066–1071.

Wang J.-J. Flood risk maps to cultural heritage: Measures and process // Journal of Cultural Heritage. Vol. 16(2). 2015. pp. 210–220.

#### Опыт создания локальной ГИС на примере Тешиловского археологического комплекса

© 2020 г. И.О. Горячев (ig@paleocentrum.ru), О.П. Доброва, В.В. Новиков, С.А. Дородных, А.В. Рудаков, Р.В. Гордийчук, К.С. Сергеев

Центр палеоэтнологических исследований, Москва, РФ

**Аннотация.** Статья посвящена результатам археологических работ Окской археологической экспедиции Центра палеоэтнологических исследований в 2017, 2019 гг. В работе продемонстрированы современные возможности лазерного сканирования. Итоги сканирования послужили основой для создания сверхточной модели рельефа, которая в свою очередь стала основой для геоинформационной системы Тешиловского археологического комплекса средневековых памятников правобережья р. Оки.

**Ключевые слова:** ГИС, пространственные данные, лидарная съемка, городище, средневековье, Поочье.

Тешиловский археологический комплекс (далее – ТАК) расположен в непосредственной близости от города Пущино и относится к Заокской части Серпуховского района Московской области. Часть памятников археологического комплекса находится на территории отеля «Царьград».

Главной ландшафтной доминантой ТАК является городище Спас-Тешилово, интерпретируемое как остатки древнерусского г. Тешилов, упомянутого под 6655 г. (1147 г.) в Никоновской летописи (АКР, 1997. С. 169). Помимо городища в археологический комплекс входит 7 се-