

ческой среде R, отдельно по подвыборкам бассейнов, расположенных на равнинных и горных территориях

Определяющую роль в формировании жидкого стока на равнинных территориях ЕЧР играют сумма активных температур (Т), годовое количество осадков (R), средняя крутизна склонов (S) и процент залесенности водосбора (F):  $\log(Y) = -5.15 - 0.51 \cdot T + 0.21 \cdot \log(R) + 0.08 \cdot \log(S) + 0.10 \cdot F$ .

В модель, полученную для горных территорий, в качестве наиболее значимых предикторов добавились высота водосбора (H), процент распаханности водосбора (A):

$$\log(Y) = -5.01 - 0.19 \cdot T + 0.29 \cdot \log(R) + 0.72 \cdot \log(S) - 0.20 \cdot A - 0.43 \cdot H.$$

Построенные модели объясняют порядка 80% изменчивости данных и отражают основные закономерности стока воды в заданном масштабе исследований. Кроме того, они хорошо интерпретируются в терминах уравнения водного баланса, на что указывает положительный вклад суммы атмосферных осадков и отрицательный вклад суммы активных температур.

На основе построенных моделей с использованием данных второй выборки выполнен расчет прогнозных (модельных) значений показателей речного стока для бассейнов рек и межприточных пространств, планарно покрывающих исследуемую территорию. Таким образом, была проведена пространственная экстраполяция величин речного стока на неизученные в гидрологическом отношении речные бассейны ЕЧР. Результаты экстраполяции представлены в виде векторных слоев модуля стока воды и годового слоя стока и созданных по ним тематических карт, адекватность которых была проверена путем их сравнения с ранее построенными мелкомасштабными картами (Национальный Атлас России и др.).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ АРХЕОЛОГИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Гайнуллин И.И.<sup>1</sup>, Усманов Б.М.<sup>2</sup>, Хомяков П.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт археологии им. А.Х. Халикова Академии наук

Республики Татарстан, Казань, Россия

<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия,  
*ihigh76@gmail.com, busmanof@kpfu.ru*

Археологический памятник, это объект, во внешнем виде и внутренней структуре которого очевидна преобразующая деятельность человека, который создавая условия для своего проживания, изменял рельеф, окружающую среду

и следы его деятельности сохранились до наших дней. В настоящее же время актуальной задачей является сохранение объектов культурного наследия, находящихся под воздействием различных факторов. Они разрушаются как при хозяйственном освоении (распашка, строительство, добыча ископаемых и пр.), так и в ходе естественных геоморфологических процессов (эрозия, абразия берегов, раздув почв и пр.), поскольку древние поселения практически всегда окружены склонами, оврагами и балками, а также речными системами, что обусловлено выбором естественных укреплений и близостью воды. При этом не только уничтожается культурный слой памятника и меняется его облик, но, при ограниченной площади распространения, зависящей от конкретной исторической эпохи, памятник в ходе этих процессов со времени обнаружения к сегодняшнему дню может быть уничтожен полностью. Несмотря на это, комплексного междисциплинарного исследования состояния объектов археологического наследия до сих пор произведено не было. Кроме того, на данный момент отсутствует система оценки воздействия антропогенных и экзогенных процессов со времени обнаружения объекта, сопровождающихся разрушением памятника или значительной трансформацией его облика. Также отсутствуют утвержденные методики количественной оценки изменения состояния памятника. Это делает невозможным выполнять требования современного законодательства к содержанию и использованию объекта культурного наследия. В сложившейся ситуации уникальные свидетельства прошлого народов, населяющих территорию Республики Татарстан, при разрушении памятника археологии безвозвратно исчезают. Поскольку сплошное и детальное исследование и картографирование памятников археологии в последний раз проводилось в 70-е годы прошлого столетия, для сохранения исторического наследия на территории Татарстана на сегодняшний день необходимо предусмотреть проведение широкомасштабных охранно-спасательных работ на разрушаемых объектах. А работы по оценке опасности разрушения памятников археологии помогут в выборе приоритетных участков для срочных археологических исследований на основе определения интенсивности разрушения памятника и его уникальной значимости.

Во всем мире разработка стратегии сохранения культурного наследия на основе анализа современного состояния, прогноза и оценки рисков для памятников археологии с использованием современных методов (анализ данных дистанционного зондирования (ДДЗ), глобальные спутниковые навигационные (ГНСС) и геоинформационные системы (ГИС) является неотъемлемой частью современных археологических исследований. За последние 5 лет в современных 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 беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Новейшие технологии заметно упростили задачу по проведению мониторинга современного состояния памятников археологии.

В середине XX века на территории Республики Татарстан проводилась сплошная аэрофотосъемка для целей топографического картографирования и изучения трансформации береговой линии Куйбышевского водохранилища. Основной массив снимков относится к 50-м и 80-м годам прошлого столетия. Таким образом, для изучения и получения информации о состоянии памятников археологии, расположенных на территории РТ, были подобраны ДДЗ максимально возможного временного спектра за последние 60 лет. В работе использовались старые аэрофотоснимки (масштаб 1: 17000) из специального фонда библиотеки Казанского федерального университета и современные спутниковые снимки высокого разрешения из открытых ресурсов. В качестве объектов изучения были выбраны укрепленные поселения (городища) с системой оборонительных сооружений (валы, рвы), которые легко идентифицировать по данным дистанционного зондирования. По существующему описанию памятника, произведенному на основе результатов полевых исследований прошлых лет, определялось его местоположение и примерные координаты. Далее по результатам визуального дешифрирования оценивалось состояние городищ. Памятники, подвергшиеся воздействию антропогенных (пахота, строительство, добыча полезных ископаемых и т.д.) и естественных (овражная эрозия, оползни, обвалы, флювиальные процессы и т.д.) процессов были отнесены к разным категориям. В отдельную категорию выделялись городища без видимых последствий воздействия и полностью разрушенные памятники археологии с описанием возможных причин исчезновения. По разновременным снимкам оценивалась пораженность городищ негативными процессами и степень их трансформации. Также проводилось сопоставление существующих схем укреплений с их изображением на ДДЗ, для визуального определения соответствия конфигурации схемы с реальным расположением городища и дальнейшей корректировки планов памятников.

Изучение данных дистанционного зондирования (ДДЗ) не всегда позволяет определить реальную ситуацию на изучаемых объектах, поэтому для получения оперативных данных о современном состоянии, определения степени подверженности памятников различным видам воздействия и обоснования необходимости проведения охранно-спасательных мероприятий проводились

полевые работы. Натурные обследования включали в себя: уточнение местоположения и выявление визуальных признаков городища; организацию стационарных реперных точек для привязки последующей многократной съемки; фотофиксацию негативных воздействий, организацию и съемку опорных точек ГНСС-оборудованием и съемку БПЛА.

Аэрофотосъемочные работы были выполнены с использованием мультироторного БПЛА DJI Phantom 4. Опорные точки для последующей геопривязки облака точек отмечались марками, распечатанными на баннерной ткани, координаты определялись с помощью ГНСС-приемников Trimble GeoExplorer 6000 GeoXH и Lejka Zeno20. Фотограмметрические работы произведены в программе Agisoft Photoscan, анализ ЦМР, построение карт и расчеты проводились в ПО Golden Software Surfer 13.

Ортофотопланы изготовлены в электронном виде в системе координат WGS 84 UTM зона N39, метрическая, с разрешением 0,05 м. По облаку точек в программе Surfer 13 генерировалась цифровая модель рельефа (ЦМР) с шагом 0,5 м показывающая высотные характеристики городища.

Для получения информации для последующей оценки рисков разрушения для каждого объекта строились различные тематические карты. На основе ортофотопланов в программе ArcMap создавались векторные слои, отражающие различное землепользование в пределах изучаемого городища и на прилегающей территории. Контуры лесных массивов, водных объектов и дорог использовались для бланковки территорий на ЦМР, не относящихся к поверхности земли.

По цифровой модели в специализированном пакете Surfer 13 были построены изолинии рельефа для оформления топоплана и проведен предварительный морфометрический анализ для получения характеристик для оценки опасности развития современных экзогенных процессов – построены продольные профили, отражающие размеры оборонительных сооружений, карты уклонов территории и экспозиций склонов.