

УДК 631.47:904

Ф.Н. Лисецкий, А.О. Полетаев, Е.Я. Зеленская, liset@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ И РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ДРЕВНЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА

Использование ГИС-технологий позволяет территориально упорядочить систему расселения населения, дешифровочные признаки землепользования и землеустройства, а также связать полученные результаты с модельной транспортной сетью, применяя алгоритм логистической целесообразности. Этот подход был реализован для территории Европейского Боспора (Керченский полуостров) на время расцвета аграрного производства в эллинистический период (IV–II вв. до н.э.). Результатом геоархеологического картографирования стали участки размежевания земель в пределах 500-метровых буферных зон от дорог, которые логистически целесообразно соединяют крупные античные перегрузочные узлы (хабы) аграрного производства.

Ключевые слова: ГИС-технологии, геопортал, античное землеустройство, постантичные залежи.

F. Lisetskii, A. Poletaev, E. Zelenskaya, liset@bsu.edu.ru

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

GEOINFORMATION SUPPORT OF RESEARCHES OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE AND RESOURCE CHARACTERISTICS IN ANCIENT AGRICULTURAL AREAS OF CRIMEA

The use of GIS technologies allows you to coordinate the population settlement system, deciphering signs of land use and land surveying, as well as associate the results with a model transport network using the least cost path algorithm. This approach was implemented for the territory of the European Bosphorus (Kerch Peninsula) during the heyday of agrarian production in the Hellenistic period (IV–II centuries BC). Geoarchaeological mapping resulted in land demarcation sites within 500-meter buffer zones from roads that logistically expedient connect large antique hubs of agricultural production.

Keywords: GIS technology, geoportals, antique land management, post-antique fallow land.

В ряду важнейших целей геоархеологии формулируется как установление хода природных процессов при формировании современного облика археологического ландшафта, что определяет пространственный контекст геоархеологии, так и учет антропогенных воздействий на формирование памятника [5]. Методы геоинформационного анализа для прогнозирования мест нахождения объектов археологии, анализа расстояний, построения буферных зон и т.п. широко используются в геоархеологических исследованиях последнего времени [3]. Технология разработки специализированных геоархеологических баз данных создает возможность для решения двух взаимодополняющих задач: каталогизации археологических объектов и ретроспективного пространственно-временного моделирования исторического процесса и археологического ландшафта [4].

Территория Крымского полуострова длительное время была объектом древнегреческой колонизации, в результате

которой был основан ряд полисов, к которым в первую очередь относится Пантикапей, Херсонес Таврический, Калос Лимен. Одной из ключевых особенностей древнегреческого земледелия IV–II вв. до н.э. являлось формирование специфических земледельческих межевых систем. Они включали во многих случаях земляные валики, валы из камней, наделы с плантажными стенами и другие элементы, которые могли сохраняться тысячелетия вплоть до наших дней и остались невосполнимыми источниками информации о практиках землепользования. Такие объекты представляют не только историческую ценность, но и уникальную возможность для понимания процессов длительного агропедогенеза в пределах датированных земельных наделов и особенностей постагрогенного развития почв [7]. Признаки древних систем расселения и землепользования в восточной части Керченского полуострова (европейской части территории Боспорского царства (V в. до н.э. – VI в. н.э.)) зафиксированы с привлече-

нием современных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Существенным отличием территории, примыкающей к полисам Пантикапей, Нимфей, Китей, Киммерик и другим поселениям Боспорского царства, от хорошо сохранившейся до недавнего времени земельно-кадастровой системой Херсонеса Таврического, является отсутствие внешних границ античного земледелия. Точная локализация границ древних земельных наделов позволяет обоснованно выбирать объекты для почвенно-генетического исследования постантичных залежей с целью оценки изменений ресурсов почвенного плодородия в результате длительного агропедогенеза, а также проводить датирование с применением педохронологического метода [7].

Цель работы состояла в адаптации алгоритма логистической целесообразности транспортной инфраструктуры для прогнозной атрибуции структурных элементов античного межевания земель. Эти результаты в более широком контексте (с привлечением археологических данных, связанных с древним земледелием и скотоводством в степном Крыму) позволяют разработать всестороннее представление об организационной структуре и ресурсной базе древнего землепользования, разработать пространственно-временные модели агрохозяйственного использования почвенно-земельных ресурсов и установить адаптации ранних экономических моделей к изменяющимся природным и социальным условиям, а также использовать подходы к ландшафтной реконструкции [9].

Геоданные о древних системах расселения и землепользования на территории Крымского полуострова предоставляет ранее разработанная в НИУ БелГУ [2; 6] геоинформационная аналитическая система «Археологические памятники Крыма» (<https://crimgeoarch.bsu.edu.ru>). Реализованный в геопортале механизм удаленного редактирования и пополнения базы геоданных археологических памятников, совмещенной с векторными слоями земельных угодий и административно-кадастрового деления, позволяет актуализировать состояние объектов историко-культурного наследия путем обновления существующих картографических слоев. Кроме того, территориальное распределение курганов, имеющее важное прогностическое значение для реконструкции древней дорожной сети, стало доступным благодаря включению адаптированных геоданных из геопорта-

ла НИУ БелГУ в новый информационный ресурс *Eurasian Kurgan Database* (<http://openbiomaps.org/projects/kurgan>), реализуемый совместно с учеными Венгрии (*MTA-DE Biodiversity and Ecosystem Services Research Group*).

Перспективные территории для изучения постантичных залежей были картографированы с использованием геоинформационной программы *ArcGIS*. Предварительная подготовка снимков выполнена в программе *ERDAS IMAGINE*. Для обеспечения проводимых оценок все используемые разновременные спутниковые изображения прошли процедуру географической привязки. Восточная часть Керченского полуострова характеризуется наличием достаточно обширных участков с отсутствием существенных антропогенных изменений земель с середины 1980-х гг. Многие из них находятся в непосредственной близости от древнегреческих полисов. Анализ геоинформационных картограмм, характеризующих участки минимально нарушенных земель, либо земель без признаков нарушений с середины 1980-х гг. по 2018 г., показал, что общая площадь таких территорий составляет 11460 га. С использованием подготовленных картограмм выполнен сопряженный анализ локализации перспективных залежей с выявленными текстурными признаками древнего землепользования. Это позволило провести комплексное исследование постагрогенных почв в трех районах земледельческой зоны Европейского Боспора (Крымское Приазовье («царская хора»)), к западу и к северо-востоку от Пантикапея (Керчи), на хоре Нимфея и на юге Керченского полуострова.

С помощью средств *ArcGIS* реализован алгоритм нахождения оптимального пути (*least cost path algorithm*) между крупными античными поселениями европейской части Боспорского царства (рис. 1). В этом алгоритме не принимается во внимание направление движения, и считается, что затраты на преодоление пути между населенными пунктами в прямом и обратном направлениях одинаковы. Полученная модель является, таким образом, изотропной. В алгоритме были использованы следующие инструменты: Уклон, Переклассификация, Взвешенное наложение, Затратное расстояние, Оптимальный путь, Растр в линии.

Территориальной основой стала ЦМР (*ASTER GDEM*). Классифицированный растр угодий объединяет сконвертированные в растр векторные слои водоемов

и водотоков, полученных с помощью ресурса *Open Street Map*. Предварительно, перед конвертацией в растр, к векторным слоям в таблицу атрибутов был добавлен столбец «Value» и присвоено значение для водотоков, равное 5, и для водоемов, равное 10. С помощью инструмента Калькулятор растра два растровых слоя были объединены в классифицированный растр угодий путем использования уравнения: $\text{Con}(\text{«водотоки»} == 5, 5, \text{Con}(\text{«водоемы»} == 10, 10, \text{Con}(\text{«водотоки»} == 5) \& (\text{«водоемы»} == 10), 1))$. При использовании инстру-

мента «Взвешенное наложение» вес фактора «Переклассифицированный растр уклона» был установлен на уровне 70%, вес фактора «Классифицированный растр угодий» был установлен на уровне 30%. Переменными величинами являлись пункты отправления и назначения. Перечень античных городов и крупных сельских поселений извлечен из геопортала, а географические координаты были определены из каталога античных поселений Европейского Боспора эллинистического времени [1].

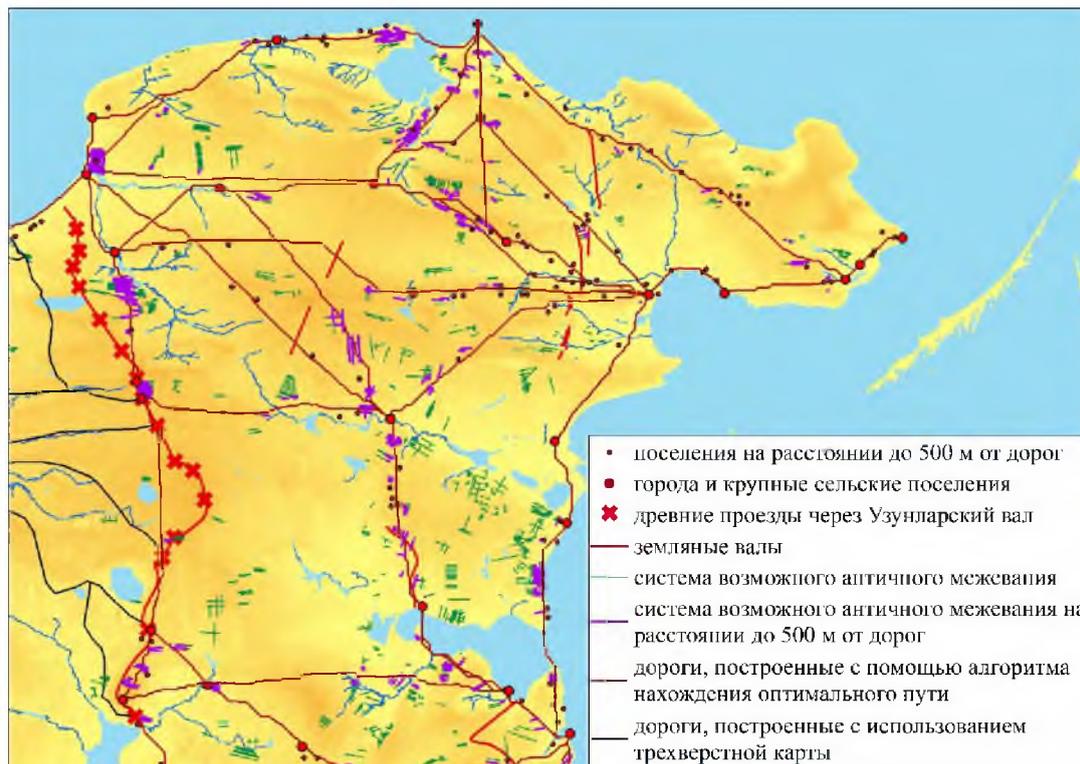


Рис. 1. Картосхема прогнозного межевания земель в эллинистический период с учетом расположения дорог, построенных с использованием алгоритма логистической целесообразности

При построении модели системы дорог между античными населенными пунктами с помощью метода нахождения оптимального пути была принята во внимание карта основных дорог второй половины XIX в. Для создания наиболее полного представления о возможной системе древних дорог в западной части Керченского п-ова была подгружена трехверстовая военно-топографическая карта Европейской России, и выделены дороги, проходящие вблизи античных поселений Европейского Боспора эллинистического времени. Картосхема дорожной сети, составленная путем использования алгоритма нахождения оптимального пути между античными поселениями, включает земляные валы, являвшиеся частью фортификационной системы Европейского Боспора. В

результате исследования, проведенного Т.Н. Смекаловой [8], были определены древние проезды через Узунларский вал. Буферные зоны построены с расстоянием 500 м от смоделированных дорог, а из каталога античных поселений Европейского Боспора эллинистического времени [1] были отобраны те населенные пункты, которые находятся в пределах буферных зон. Количество поселений в пределах буферных зон составила 162 (из 527 поселений, указанных в каталоге [1]), т.е. 30%. Однако, при этом надо учитывать, что в западной части Керченского полуострова дороги, построенные с помощью алгоритма нахождения оптимального пути, проходят только вдоль береговой линии. Важно отметить, что пересечение Узунларского вала со смоделированной доро-

гой частично совпадает с расположением древних проездов. Система прогнозного античного межевания, определенная путем дешифрирования космических снимков (с использованием разновременных снимков ресурса *Google Earth*, снимков *CORONA, Orbview-3*), была сопоставлена с системой дорог, построенных с использованием алгоритма нахождения оптимального пути. В результате были выделены участки системы межевания земель в пределах 500-метровых буферных зон от дорог как наиболее вероятные для эллинистического времени (IV–II вв. до н.э.) – периода расцвета агарного производства

на Европейском Боспоре (рис. 1). Это позволило провести верификацию текстурных признаков, выявленных при анализе материалов ДЗЗ, которые могли включать и границы землепользований XIX века на территории Керченского градоначальства. Используемый алгоритм логистически целесообразной транспортной инфраструктуры применим в целях логико-математической атрибуции кластеров античного межевания как прогнозный аргумент при реконструкции селитебного, транспортного и землеустроительного каркаса территорий длительного аграрного землепользования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-00-00562 (полевые работы в Крыму для формирования базы постантичных залежей) и РНФ, проект № 20-67-46017 (результаты изучения античной системы расселения и сельских округ методами ГИС-технологий).

Библиографический список

1. *Античные поселения Европейского Боспора эллинистического времени (каталог памятников) / Д.В. Бейлин, Е.Л. Ермолин, А.А. Масленников, С.Л. Смекалов // Древности Боспора. 2014. Т. 18. С. 35–72.*
2. *Буряк Ж.А., Лисецкий Ф.Н., Ильяшенко С.В. Геоинформационная аналитическая система «Археологические памятники Крыма» // Геодезия и картография. 2018. Т. 79. №12. С. 29–40.*
3. *Интеграция традиционных и современных методов в геоинформационном картографировании / И.Е. Сидорина [и др.] // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25. №1. С. 35–46.*
4. *Крупочкин Е.П., Дунец А.Н. Новые тенденции и перспективы развития археологического картографирования // География и природные ресурсы. 2018. №4. С. 15–25.*
5. *Кузьмин Я.В. Геоархеология: естественнонаучные методы в археологических исследованиях. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. 396 с.*
6. *Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Украинский П.А., Полетаев А.О. Информационное обеспечение задач мониторинга и охраны объектов историко-культурного наследия Крыма с использованием ГИС-технологий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2018. №6. С. 42–48.*
7. *Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. 432 с.*
8. *Смекалова Т.Н. О расположении древних проездов через Узунларский вал по данным дистанционных и картографических методов // XVIII Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Торговля: пути-товары-отношения. 2017. С. 461–472.*
9. *Zubarev V., Smekalov S., Yartsev S. Materials for the ancient landscape reconstruction in the Adzhel landscape compartment in the Eastern Crimea (the first stage research results) // Journal of Archaeological Science: Reports. 2019. Vol. 23. P. 993–1013.*