

Бездудный В.Г., Пигарёв Е.М., Ситдииков А.Г. Магнитометрические исследования памятников Золотой Орды Нижнего Поволжья // Археология Евразийских степей. 2022. № 6. С. 144–154.

Егоров В.Л. Историческая география Золотой Орды в XIII–XIV вв. М.: Наука, 1985. 245 с.

Зарипова Г.Х., Овечкина Л.В., Пигарёв Е.М., Ситдииков А.Г. Исследование комплекса мавзолеев у с. Лапас Астраханской области с применением современных технологий. Археология и геоинформатика. VI Междунар. конф. Тез. докл. М.: ИА РАН, 2023. 40 с.

Пигарёв Е.М. Отчет об археологических разведках по открытому листу формы № 2 № 327 в Харабалинском районе Астраханской области в 1995 г. / Архив ИА РАН № 19473.

Пигарёв Е.М. Исследования золотоордынского городища у с. Лапас. 1997. 45 с.

Е.А. Мануилова¹, О.В. Хотылев², С.В. Ольховский³

Е.А. Manuilova, O.V. Khotylev, S.V. Olkhovskiy

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, e.manuilova@ifz.ru

²АО «Зарубежгеология», г. Москва

³Институт археологии РАН, г. Москва

Применение ГИС для выделения древней гидросети Таманского полуострова

The use of GIS to allocate the ancient hydrographic network of the Taman Peninsula

Многочисленность основанных греческими колонизаторами поселений на рубеже VII–VI вв. до н.э. в ходе Великой греческой колонизации на территории архипелага (в наше время Таманский полуостров) подразумевает наличие достаточного количества источников пресной воды. Изучение космических снимков этой территории показывает, что в настоящее время даже около главных городов Азиатского Боспора (Фанагория, Гермонасса и др.) постоянные водотоки отсутствуют. Работа посвящена изучению гидросети региона путем анализа космических снимков в видимом диапазоне и с использованием различных комбинаций спектральных каналов, материалов аэрофотосъемки и геоморфологических наблюдений. В результате авторами локализованы древняя и современная гидросеть, определены типы флювиальных форм рельефа, особенности их морфологии. Сопоставление участков локализации древних и современных водотоков показало, что в северо-северо-западной части Таманского полуострова в последние 2500 лет произошло изменение направления стока, вероятно, вызванное тектонической перестройкой. Выявлено, что территории с высокой плотностью поселений второй половины VI в. до н.э. – первой четверти V в. до н.э. приурочены к участкам с высокой плотностью древних водотоков, которые могли служить источником пресной воды для них.

The large number of settlements founded by Greek colonizers at the turn of the 7th-6th centuries. BC during the Great Greek colonization in the archipelago (nowadays the Taman Peninsula) implies the presence of a sufficient number of sources of fresh water. The study of space images of this territory shows that at present, even near the main cities of Asian Bosphorus (Fanagoria, Hermonassa, etc.), there are no watercourses streams. The work is devoted to the study of the region's hydroset by analysing various cosmic images in the visible range and, using various combinations of spectral channels, aerial photography materials and geomorphological observations. As a result, we localized the ancient and modern hydrographic network, determined the types of fluvial relief forms, the peculiarities of their morphology. Comparison of localization sites of ancient and modern watercourses showed that in the north-western part of the Taman Peninsula in the last 2500 years there was a change in the direction of runoff, probably caused by tectonic restructuring. It was revealed that territories with a high density of settlements of the second half of the VI century. BC - the first quarter of the V century. BC are confined to areas with a high density of ancient watercourses, which could serve as a source of fresh water for them.

Таманский полуостров известен множеством археологических памятников различных культур и эпох. Из сочинений древних авторов (в частности, из «Географии» Страбона) следует, что Азиатский Боспор (земли к востоку от Керченского пролива) являлся архипелагом островов, разделенных морскими проливами или речными рукавами. На рубеже VII–VI вв. до н.э. в ходе Великой греческой колонизации на берега архипелага прибыли первые греческие переселенцы из городов Средиземноморья и Малой Азии и заселили его. При этом плотность освоенной территории достигала более 0.07 поселений на км² [Гарбузов, Завойкин, 2011, <http://archaeologyca.su/?p=1038&lang=en>].

Многочисленность поселений, основанных греческими колонизаторами, подразумевает наличие достаточного количества источников пресной воды. В настоящее время на космических снимках видно, что даже около главных городов Азиатского Боспора (Фанагория, Гермонасса и др.) отсутствуют постоянные водотоки.

Целью данного исследования является локализация контура древней гидросети с помощью ГИС-технологий и определение ее информативности для задач палеогеографической реконструкции очертаний Азиатского Боспора.

Под термином «гидросеть» мы понимаем древние и современные тальвеги водотоков и проливов. Под «водотоками» подразумеваются различные генетические типы (долины, балки, промоины и т.д.) современных и древних флювиальных форм рельефа.

В ходе работы использованы панхроматические и мультиспектральные спутниковые снимки Corona, SPOT, Landsat и DigitalGlobe (с 1960-х гг. по настоящее время), материалы аэрофотосъемки периода Второй Мировой войны, топографические карты различного масштаба, цифровая модель рельефа, построенная по радарным данным SRTM с разрешением 30 м [<https://earthexplorer.usgs.gov>]. Также применялись космические снимки с онлайн сервиса «Landsat Explorer» с фильтром «Agriculture», где синие и темно-синие тона соответствуют обводненным участкам почв [<https://livingatlas2.arcgis.com/landsatexplorer>].

Для локализации гидросети Таманского полуострова авторами выполнено визуальное дешифрирование вышеперечисленных данных. Дешифровочными признаками современных водотоков являются затемнение тона изображения относительно общего фона на космических изображениях в видимом диапазоне и материалах аэрофотосъемки; линейно-извилистая или древовидная форма контуров, выраженная также и на топографических картах в виде понижения в рельефе; достижение водотоками местного базиса эрозии; наличие растительности на склонах и дне (для балок).

Основным дешифровочным признаком при локализации древних водотоков на космических снимках в видимом диапазоне и аэрофотоснимках является изменение цвета изображения на более темные тона относительно фона на освоенных участках территории (распаханные поля, постройки и т.д.). Изменение фототона в этом случае объясняется особенностями разреза водотоков, который представлен легко проницаемыми породами-коллекторами грунтовых вод (галечниками, песками, супесями). Вода, скопившаяся в этих горизонтах, перекрытых проницаемыми породами, поднимается к поверхности за счет капиллярных сил, в результате чего участки почв, перекрывающие древние водотоки, имеют более темный тон на изображении. Таким образом, обводненные участки почв, особенно после интенсивных осадков, соответствуют контурам древних водотоков [Петрусевич, 1961]. Также для древних водотоков характерна линейная, иногда древовидная структура линий, которая местами выражена на топографических картах в виде понижения в рельефе. Контуров древних водотоков обычно не доходят до современного местного базиса эрозии – они либо резко обрываются, либо переходят в современные водотоки.

Дополнительно проанализированы мультиспектральные космические изображения. В работе в зависимости от типа исследуемого снимка использовались различные комбинации спектральных каналов, обеспечивающих максимальную различимость объектов по отношению к фону. Например, синтез каналов NIR, SWIR, Red применяется для анализа влажности почв. Чем выше влажность, тем темнее она будет выглядеть на снимке относительно общего фона. Также были использованы и другие комбинации спектральных каналов [Шихов и др., 2020].

Для построения карт локализации, выделенных водотоков в работе использована статистическая обработка полученных данных в ПО ArcGIS. Для корректного расчета плотности разных типов водотоков (современные, унаследованные, древние) на территории исследования была построена сетка. Размер ячейки составил 300*300 м, который выбран с учетом средней длины всех водотоков района исследования. Для каждой ячейки рассчитан коэффициент плотности водотоков по формуле:

$$K = \sum l_{c,y,d} / S, \text{ где } l_{c,y,d} \text{ — суммарная длина в каждой ячейке современных (c),}$$

унаследованных (y) и древних водотоков (d) в метрах; S — площадь ячейки (м²).

Значение полученного коэффициента относилось к центру ячейки. Затем проводилось построение карт локализации водотоков. Интерполяция значений по площади проводилась методом «Естественная окрестность». Дальнейшая разбивка на классы (количество классов – 9) осуществлялась методом квантилей, который отражает статистическое распределение параметра.

Для верификации результатов камеральных наблюдений летом 2022 г. авторами выполнены полевые геоморфологические исследования: изучены геоморфологические особенности водотоков Фанагорийской гряды, береговой зоны и лиманов северо-западной и южной части Таманского залива, участков предполагаемых древних проливов «Субботин ерик» и «Шимарданский рукав».

В результате проведенных работ построены схема современной и древней гидросети Таманского полуострова. Современные водотоки представлены двумя типами – постоянным и временным. К постоянным водотокам относятся реки, расположенные в восточной части региона – Кубань, Гостагайка и менее крупные, берущие свое начало в Кавказских горах. Временные водотоки представлены следующими генетическими типами: эрозионные борозды, промоины, балки и «висячие» долины (долины, устья которых в настоящее время расположены выше современного базиса эрозии). Эти флювиальные формы рельефа сформировались за счет дождевого питания, выхода грунтовых вод на поверхность и таяния сезонных снегов.

На схеме палеогидросети Таманского полуострова показаны древние водотоки, которые в результате антропогенной деятельности не выражены в современном рельефе, а также современные водотоки (балки и «висячие» долины), развивающиеся по древним долинам (унаследованные). К древним флювиальным формам рельефа мы относим тальвеги постоянных и временных водных потоков. Их формирование, вероятно, происходило в условиях более влажного климата [Болиховская, 2002; Bolikhovskaya et al., 2018], чем образование современных водотоков.

Для древних водотоков характерен слабоветвящийся, местами древовидный рисунок, при этом разветвленная его часть обычно тяготеет к водоразделу. Длина их тальвегов изменяется от 0.3 до ~5.5 км. Напомним, что для древних водотоков характерен более темный тон изображения на материалах аэрофотосъемки, а также синий и темно-синий тона на космических снимках, т.к. они фиксируют сильно увлажненные участки поверхности земли. Схожими дешифровочными признаками обладают и древние до-

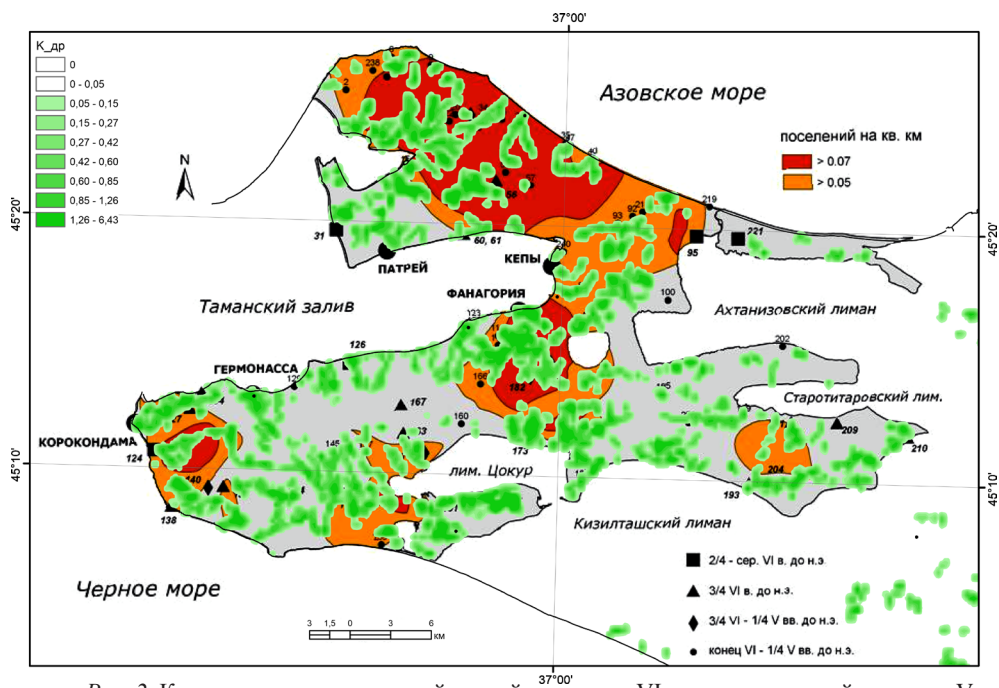


Рис. 2. Карта плотности поселений второй половины VI в. до н.э. – первой четверти V в. до н.э. по Я. М. Паромову (<http://archaeologyca.su/?p=1038&lang=en>) и участки древних водотоков (зеленые оттенки).

роги [Гарбузов, 2020], но для них характерен рисунок в виде единичной прямой или слабоизогнутой линии, которая пересекает склоны почти независимо от их рельефа.

При анализе карт локализации современных, древних и унаследованных водотоков на территории Таманского полуострова удалось выделить 4 области, отличающиеся густотой современных и древних (с учетом унаследованных) водотоков, их распределением и направлением стока (рис. 1).

Первая область (рис. 1, I) расположена в северо-северо-западной части полуострова. Здесь древние водотоки равномерно распределены по площади, а их густота значительно преобладает над современными. Направление стока древних водотоков направлено к Динскому заливу, а современных – к Таманскому заливу. Возможно, это свидетельствует о тектонической перестройке в этой части полуострова.

Вторая область (рис. 1, II) – западно-центральная, где наибольшая концентрация современных водотоков приурочена к склонам холмистых гряд и грязевым вулканам, что указывает на современную тектоническую активность этих участков. Древние водотоки, в том числе и унаследованные, равномерно распределены по этой территории, начинают свое развитие у подножий холмистых гряд и расположены на более пологих участках. Направление стока для древних и современных водотоков сонаправлено. Это свидетельствует о том, что в этой области направление стока в течение последних 2500 лет существенно не изменилось.

Третья область (рис. 1, III) расположена на севере и северо-востоке полуострова. Здесь развиты древние и унаследованные водотоки, среди которых преобладают «висячие» долины. Водотоки располагаются на южном и юго-западном склоне Курчанской гряды – правый берег р. Кубань.

Территория, расположенная на левом берегу р. Кубань, относится к *четвертой* (юго-восточной) *области* (рис. 1, *IV*), здесь также присутствуют «висячие» долины, что может свидетельствовать об одновременном тектоническом поднятии блоков с долинами этого типа. В целом, в пределах этой области развиты унаследованные водотоки (балки и «висячие» долины). Направление стока современных и древних водотоков, расположенных в пределах двух последних областей в районе долины р. Кубань, встречное, а на остальной территории оно направлено в сторону местного базиса эрозии.

При сопоставлении карты палеогидросети с картой плотности поселений второй половины VI в. до н.э. – первой четверти V в. до н.э. [<http://archaeologyca.su/?p=1038&lang=en>] отмечается их корреляция (рис. 2). Территории с высокой плотностью поселений тяготеют к участкам с максимальной плотностью древних водотоков. Возможно, они могли служить источником пресной воды для этих поселений.

В результате проведенного визуального дешифрирования ДДЗ с учетом комбинации спектральных каналов, топографии рельефа и геоморфологических наблюдений впервые локализована сеть древних водотоков и составлена схема их расположения. Также на Таманском полуострове выделены четыре области, различающиеся густотой современных и древних водотоков, распределением и направлением их стока. Установлено, что в границах первой (северо-северо-западной) области в последние 2500 лет изменилось направление стока – древние водотоки направлены в сторону Динского залива, а современные тяготеют к Таманскому заливу. В работе показано, что территории с высокой плотностью поселений второй половины VI в. до н.э. – первой четверти V в. до н.э. приурочены к участкам с высокой плотностью древних водотоков, которые могли служить источником пресной воды для них.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 22-27-00591.

Литература

Болховская Н.С., Горлов Ю.В., Кайтамба М.Д., Мюллер К., Поротов А.В., Парунин О.Б., Фуаш Э. Изменения ландшафтно-климатических условий Таманского полуострова на протяжении последних 6000 лет // Проблемы истории, филологии, культуры. № 12. 2002. С. 257–271.

Гарбузов Г.П. Лощинный вариант дорог Таманского полуострова // Древности Боспора. Т. 25. 2020. С. 57–76.

Гарбузов Г.П., Завойкин А.А. Освоение греками земель Таманского полуострова в последней четверти VI – первой половине V в. до нашей эры. Текст приводится по изданию: «Античный мир и археология». Вып. 15. Саратов. 2011. С. 194–222.

Петрусевиц М.Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. Изд-во: Главное управление геодезии и картографии Мин. геологии и охраны недр СССР. 1961. 407 с.

Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения. Уч. пособие / Пермский гос. ун-т. Пермь, 2020. 191 с.

Bolikhovskaya N.S., Porotov V., Faustov S.S., Korotaev V.N., Richards K., Kaitamba M.D. Detailed reconstructions of holocene climate and environmental changes in the Taman Peninsula (Kuban River delta region) and their correlation with rapid sea-level fluctuations of the black sea // Quaternary International. Vol. 465. No Part A. 2018. P. 22–36.

<http://archaeologyca.su/?p=1038&lang=en>

<https://earthexplorer.usgs.gov>

<https://livingatlas2.arcgis.com/landsatexplorer>