

В.Н.Зинько, К.С. Сергеев, А.В.Поротов

Опыт применения электроразведки (ЭТ) при изучении Тиритакского городища (Керченский пролив) // Боспорские чтения XIX, Керчь, 2018.

Материалы конф. XIX Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья «Торговля: пути - товары – отношения».. Керчь, 22-26 мая 2018 года. С.162-169;

1.Введение.

При изучении древних поселений на побережье Керченского пролива одним из вопросов, представляющих самостоятельный интерес, связан реконструкции палеотопографии прилегающей территории. Для расположенных в приморской полосе античных городищ на побережье Керченского пролива актуальность палеогеоморфологических исследования обуславливается изменениями рельефа прибрежной полосы суши под влиянием повышения уровня моря за последние 1.5 тыс. л. Подъем уровня моря сопровождался масштабными плановыми перестройками контура береговой линии, последствия которой особенно заметны в вершинах открытых бухт и заливов. Примеры античных поселений, располагавшихся на побережье и располагающихся в настоящее время на значительном удалении от моря в результате активного нарастания приморской полосы береговой линии широко известны на побережье Черного и Средиземного морей.

Участок побережья к северу от мыса Ак-Бурун представляет собой полосу низменной суши, шириной до 2,5 км, приуроченной к низовьям долины р. Черубашки. Проведенное в последние годы изучение развития этого участка побережья показало, что в античное время территория приморской низменности была занята глубоким морским заливом, вершина которого, возможно, занимала низовья долины Черубашки. Древнебереговая линия античного времени залегает непосредственно вблизи подножий уступов коренного берега, ограничивающих древний залив с севера и юга. На северном борту его находился боспорский город Тиритака, а на южном - Нимфей. Возможно, что вблизи северной окраины плато, на котором находится Нимфей, располагалась упоминаемая в античных источниках гавань Нимфея. Одной из характерных черт рельефа коренных бортов долины р. Черубашки является наличие развитой системы балок и мелких оврагов, одна из которых расположен вблизи южной окраины платообразной возвышенности, на котором расположено Тиритакское городище. Повышение уровня моря за последние 1,5 тыс. лет сопровождалось размывом мористой части косы и общим смещением ее в сторону суши. Материал от размыва древней косы поступал на формирование ранних генераций косы, выполняющих внутренние участки палеозалива. Особенности конфигурации системы древнебереговых валов показывают последовательность выполнения береговыми наносами и осушения южной части палеозалива, которая на фоне продолжавшегося подъема относительного уровня моря превращалась в заболоченную низменность. Нараставшая к северу аккумулятивная терраса полностью отгородила палео-Чурубашский лиман от моря, превратив его в озеро, а также

протянулась севернее, отгородив от моря восточную окраину возвышенного плато, на котором расположено Тиритакское городище. Общая ширина сформировавшейся аккумулятивной террасы в вершине Камыш-бурунского залива составляет 2-2,5 км [Зинько, Поротов 2013]. В настоящее время территория представляет собой сильно измененную антропогенным воздействием (комплекс судоремонтного завода, отвал шлама горно-обогатительного комбината и т.п.) аккумулятивную морскую террасу, образованную серией древних береговых валов, которые отчетливо прослеживаются как на топографических картах 50-х годов, так и по аэрофотосъемочным материалам начала 50-х годов.

2. Результаты реконструкций палеотопографии и изменений уровня моря за последние 3,0 тыс.л. Реконструкций палеотопографии южной окраины Тиритакского городища на основе детализации представлений о строении верхней части осадочной толщи представляют интерес в связи ограниченностью археологических материалов по этой территории, так же значительной техногенной освоенностью территории, что крайне ограничивает проведение геоархеологических исследований. К южной окраине античной Тиритаки вплотную примыкает устье глубокой балки, низовья которой в античное время могли представлять собой небольшой залив, на северном берегу которого располагалась припортовая часть античного города.

Материалы проведенных на этом участке геоморфологических работ [Зинько, Поротов 2013] показали, что под приповерхностным насыпного грунта и грубозернистых песков древних береговых валов, общей мощностью мощностью 2,5 – 4,0 м, залегают тонкие серые пески с раковинами хорошей сохранности, представленной соленолюбивым видом - *Chione gallina*, что позволяет рассматривать их как типичные литофации мелководного полуизолированного залива, современным аналогом которого может рассматриваться прилегающая к северной внутренней части Камыш-Бурунского залива. Серии радиоуглеродных датировок раковинного материала показала, что возраст интервал этого залива период от сер. I тыс. до н.э. до конца I тыс. н.э. Одной из скважин, расположенной в 100-150 м южнее юго-восточного выступа городища, в толще мелководно-заливных песков на глубине 4,5-5,3 м были встречены тонкие прослои серо-зеленых илов, формирование которых характерно для внутренних затишных частей лиманов вблизи устьев небольших водотоков. В целом, это подтверждает предположение о расположении на этом участке приустьевой зоны небольшого водотока, и дренировавшего балку вблизи южной окраины Тиритакского городища. Вблизи городища в двух скважинах на глубинах 5 – 6 м от дневной поверхности (на абс. отметках - 3 - 4 м) были встречены остатки культурного слоя, представленные обломками керамики, бутового камня. Культурные остатки (мелкие обломки керамики местного типа розово-глинного цвета) встречены в основании слоя мелкозернистых коричневых песков с раковинным детритом (интервал 4,7-5,1 ниже поверхности). Ниже залегает

слоистая толща, состоящая из прослоев бурых суглинков и серых песков с обломками раковин. В составе песков встречены мелкие окатанные обломки керамики. На глубине 6,7 м от поверхности была вскрыта кровля коренных глин. Таким образом, полученные геолого-геоморфологические материалы подтверждают предположение о том, что в античное – раннесредневековое время береговая линия древнего залива-лимана располагалась вблизи южного берегового уступа коренного берега, на котором расположено Тиритакское городище. На месте прилегающей к городищу с востока низменности располагался мелководный залив, частично отгороженный от открытой акватории пролива древней Камыш-Бурунской косой.

3. Методика и результаты геофизических исследований.

Для расширения представлений о строении верхней части осадочной толщи на территории, непосредственно прилегающей к южной окраине Тиритакского городища и детализации реконструкций рельефа этой территории в античное время были проведены **опытно-методические геофизические работы** с применением метода электротомографии (ЭТ).

Аппаратурный комплекс геофизических исследований включал многоканальную многоэлектродную станцию Syscal Pro Switch 72 (Франция), а также геодезическое цифровое оборудование и беспилотный летательный аппарат (БПЛА) Phantom 4 Advanced с камерой формата UHD, позволивший получить ортофотоплан района работ (Рис.). Привязка координат к местности осуществлялась с использованием комплекса геодезического оборудования GNSS станции Leica Viva GS 10. Обработка данных проводилась в специализированном центре кафедры разведочной геофизики и компьютерных систем РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. Учитывая влияние рельефа на структуру волновых полей (данных), на предварительном этапе на основе аэрофотосъемки с использованием беспилотного летательного аппарата была составлена карта рельефа полигона исследований. Точность полученные данных (при использовании поправок) составляла 8 – 10 мм в плане и 10 – 15 мм по высоте.

Исследования методом ЭТ является модификацией классических вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) нашел свое применение при геоархеологических исследованиях (Бобачев и др., 2006; Griffiths D.H., 1993). В проведенных исследованиях использовалась многоканальная многоэлектродная станция Syscal Pro Switch 72 (Франция), которая является одним из наиболее точных и эффективных комплексов для проведения работ данным методом. При проведении исследований расстояние между электродами составляли от 0.5 до 1 метра. Соответственно, используя такой шаг по электродам, разнос варьируется от 1.5 до 71 метра, а глубины исследований - от 7 до 20-25 метров. Данные параметры обеспечивают максимальную эффективность картирования археологических объектов. Полученные в результате проведенных исследований геоэлектрические разрезы приведены на рис. , а их положение показано на рис. Результаты исследований и их обсуждение.

Величины электросопротивления рыхлых отложений в общем случае определяются широким набором факторов, среди которых в первую очередь следует отметить состав и крупность наносов, степень их обводненности, состав грунтовых вод и ряд др. (Рожков и др., 2017). Кроме этого следует отметить сравнительно изменчивость физико-механических свойств как по площади, так и по разрезу, отражающие условия их формирования, что в целом определяет довольно мозаичную картину распределения удельной проводимости по профилю. Следуя принятой практике проведения геоэлектрических исследований для целей геоархеологии, для обоснования интерпретации геоэлектрических разрезов использованы материалы проведенного в окрестностях южного борта городища бурения.

Приведенные на рисунках 2-4 геоэлектрорические разрезы имеют высокое качество, довольно выдержанное строение и в общем случае состоят из трех различных по сопротивлениям пластов. Первый (верхний) пласт (А) высокоомный, состоит предположительно из песков и супесей. Мощность пласта колеблется от 1 до 3 метров. Второй (средний) пласт (Б) более низкоомный. Состоит из тонких раковинных песков, мощность 2-3 м. Третий пласт (В) проассоциирован с плиоценовыми глинами или четвертичными покровными суглинками, залегающими в основании разреза рыхлых отложений, мощность которого превышает 3-5 м и полностью нигде не вскрыта. (нижний) представлен отдельными блоками (останцами), которые имеют высокое сопротивление. Первые два пласта в качестве своих разновидностей включают слои, обогащенные переотложенным культурным материалом, как правило, представленный керамикой и известняковым щебнем. Геоэлектрические аномалии, обусловленные добавлением крупнообломочного материала искусственного происхождения, приурочены к ряду участков у подножий южного и восточного уступов городища и определяются осыпанием культурного слоя вниз склону вслед за обрушением склона плато (Профили 2 и 4). В качестве сравнительно индивидуально природа аномалии на профиле 2, расположенная у подножья городища. Ее возникновение связано с залеганием фрагментов кладки, вскрытых раскопками на этом участке в ходе предшествующих исследований (Марти, 1941). Отдельно следует остановиться на результатах профилирования в районе южной окраины городища (Профиль 3), который был призван дополнить материалы проведенного ранее бурения с целью уточнения палеотопографии на этом участке. Скважины, пробуренные в западной половине профиля на абс. отметках -3÷5 м вскрыли прослой хорошо сортированных мелкозернистых песков с раковинным материалом, которые интерпретировались как отложений прибрежной части залива, существовавшего

в окрестностях Тиритаки в античное тысячелетие. Полученные 14С датировки раковинного материала показали, что возраст формирования нижней части песчаных отложений охватывает вторую половину I тыс. до н.э., С учетом относительно более низкого положения уровня моря в этот период, это позволяет реконструировать положение древней береговой линии на участке, непосредственно прилегающей к южному подножью Тиритакского городища. На геоэлектрическом профиле примерно в его центральной части выделяется область низкой проводимости, которая ассоциируется с поднятием кровли коренных глин. Расположенная южнее ложбина в рельефе кровле базальной толщи может рассматриваться как часть эрозионной ложбины, к которой была приурочена приустьевая зона небольшого водотока, долина которого ограничивает с юга Тиритакское плато. Это хорошо согласуется с материалами бурения, показавшими на этих глубинах залегание линзы заиленных отложений с тонкими прослоями органического материала, характерного для затишных участков вблизи устьев водотоков.

Результаты проведенных геоэлектрических исследований на территории, прилегающей к южной окраине Тиритакского городища позволяют сделать предварительные выводы:

Не смотря на достаточно сложные инженерно-геологические условия, связанные с присутствием мощного техногенного слоя, а также наличие разветвленной транспортной и коммунальной инфраструктуры, оказывающей существенное влияние на пространственные характеристики геоэлектрического поля, полученные материалы в целом отражают основные черты строения покрова рыхлых отложений.

4. Заключение.

Результаты геоэлектрического профилирования, дополненные материалами геологических исследований, не смотря на их небольшую пространственную плотность позволили уточнить пространственные особенности строения прибрежных отложений, на участке территории, прилегающей к южной окраине тиритакского городища. Особенно информативными данными ЭП оказались на тех участках, для которых благодаря наличию транспортной и коммунальной инфраструктуры проведение геологических исследований крайне затруднено.

Сопоставление материалов геоэлектрического профилирования с геологическими данными показал вполне удовлетворительное отражение основных особенностей литологического строения толщи рыхлых отложений в распределении величин относительной проводимости.

Предварительный анализ материалов геоэлектрического профилирования выделяются пласты, в той или иной мере обогащенные материалом из культурного слоя, обуславливающим резкое изменение фоновой проводимости.

Работа выполнена по программе «Палеоклиматы, развитие природной среды и долгосрочный прогноз ее развития» и при поддержке грантов РГО-РФФИ № 17-05-41041 и РФФИ 18-05-00296.

ЛИТЕРАТУРА

- Бобачев А. А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. N 2. С. 14-17.
- Зинько В.Н. и др. Археологические разведки на хоре Тиритаки //БИ. – Вып.XVI. - Симферополь-Керчь, 2007.
- Зинько В.Н. Поротов А.В. Изменение уровня моря и рельеф приморской полосы хоры Тиритаки и Нимфея в античное время (Западное побережье Керченского пролива) // БИ. – Вып.XXVIII. – С.-Керчь, 2013.
- Рыжков В.И., Белоусов А.В., Сергеев К.С., Горин А.Д., Новиков В.В., Каинов С.Ю. Применение электротомографии при изучении курганов центральной курганной группы Гнездовского археологического комплекса // Приборы и системы разведочной геофизики. 2017. №2. С. 58-63.
- Griffiths D.H., Barker R.D. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology // Appl. Geophysics. 1993. N 29. 211–226
- Loke, M.H. and Barker, R. D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method // Geophysical Prospecting.1996a. N 44. 131-152 p



Рис.1 Схема расположения геоэлектрического профилирования и скважин.

Альтитуда, м

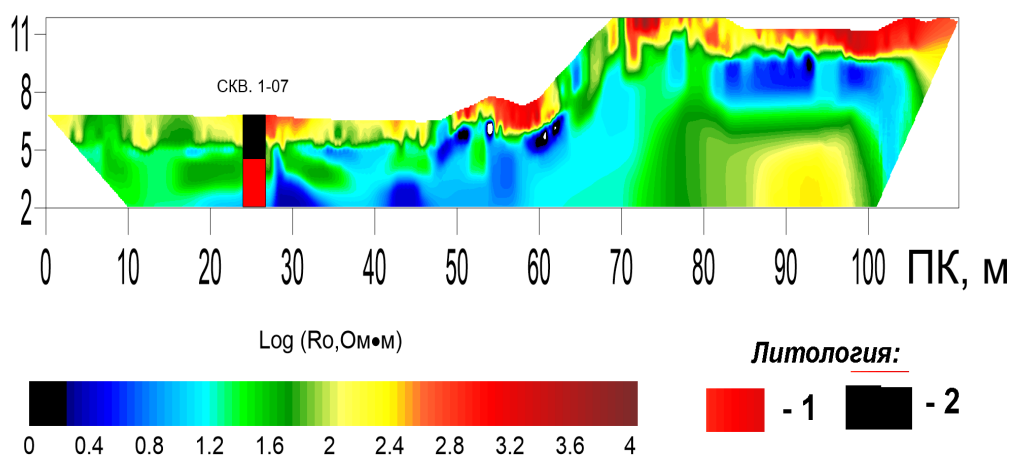


Рис. 2. Геоэлектрический профиль 1. Расположение на рис. 1.

Литоология: 1 – Раковинные пески; 2 – Техногенный грунт

Альтитуда, м

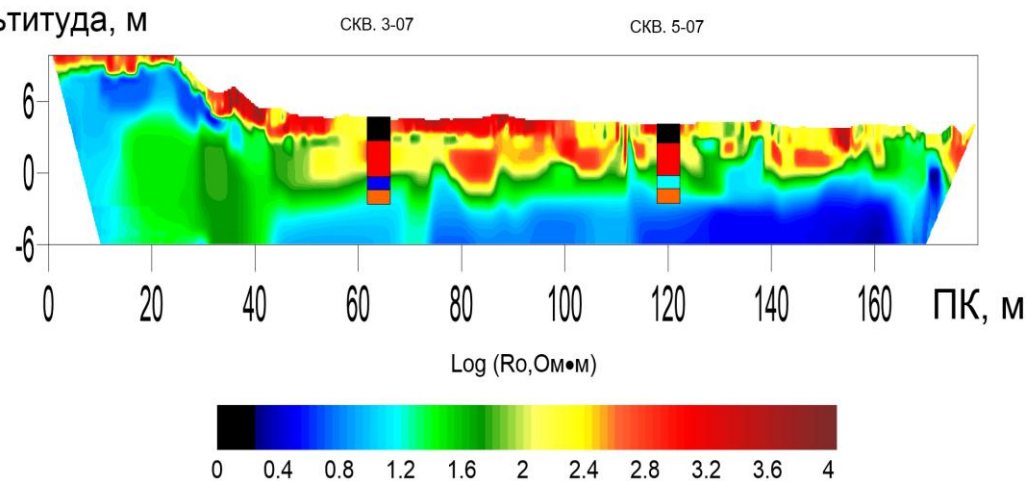


Рис. 3. Геоэлектрический профиль 2. Расположение на рис. 1.

Литоология: 1 – Раковинные пески; 2 – Техногенный грунт

Альтитуда, м

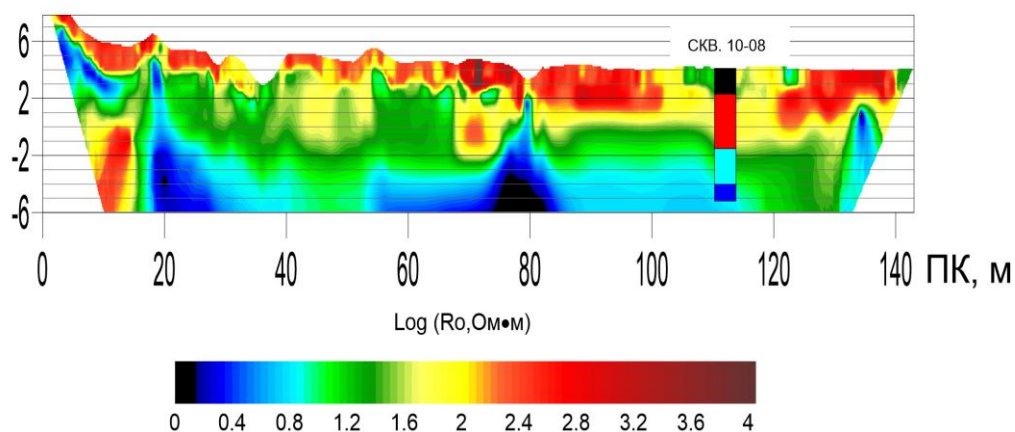


Рис. 4. Геоэлектрический профиль 3. Расположение на рис. 1.

Литоология: 1 – Раковинные пески; 2 – Техногенный грунт