

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ГЕОРАДАРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ПАМУК МОГИЛА КРАЙ С. БРЕСТОВИЦА, ОБЩИНА РОДОПИ, ОБЛАСТ ПЛОВДИВ

Християн Цанков, Атанас Кисьов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, ch.tzankov@gmail.com, at.kisyov@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Памуклията или Памук могила е тракийска надгробна могила, разположена край с. Брестовица, обл. Пловдив. Могилата е висока почти 13 m и има диаметър в основата около 70 m. Първите археологически разкопки на могилата са осъществени през лятото на 2013г. Като резултат от това, в могилата са открити общо шест гроба, съдържащи множество ценни и уникални артефакти. През есента на същата година, в рамките на вече разкопаната могила, са проведени експериментални георадарни проучвания, резултатите, от които са представени в настоящия доклад.

Ключови думи: Археогеофизика, георадар, тракийско културно наследство

EXPERIMENTAL GEORADAR SURVEY ON PAMUK MOUND LOCATED NEAR BRESTOVITSA VILLAGE IN PLOVDIV REGION *Christian Tzankov, Atanas Kisyov*

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, ch.tzankov@gmail.com, at.kisyov@gmail.com

ABSTRACT. Pamukliyata or Pamuk (cotton) mound is a Thracian mound located near Brestovitsa, Plovdiv region. The mound is almost 13 m high and about 70 m wide at the base. The first archaeological excavations of the Pamuk mound were conducted in the summer of 2013. As a result, six graves containing many valuable and unique artefacts were discovered. During the autumn, part of the the already excavated mound was covered with experimental ground penetrating radar survey. The results from the tests are presented in this report.

Key words: Archaeo-Geophysics, ground penetrating radar (GPR), Thracian heritage

Въведение

Основната геофизична задача, решавана в района на археологичните изследвания, е свързана с провеждането на експериментални георадарни проучвания, които имат за цел търсенето и локализирането на археоложки обекти под повърхността на надгробна могила № 1 („Памуклия“) (фиг. 1). Друга задача, поставена пред георадарните работи, се състои в оценяване на потенциалните възможности на метода при проучване на археологически обекти (Тонков, 2013, Цанков и Янкова, 2013).

Използвана георадарна апаратура

Георадар модел SIR-3000

Използваната система SIR-3000 е произведена от Geophysical Survey Systems Inc. (GSSI, 2013) USA. SIR-3000 е компактна и лека измервателна система, пригодена за работа с един единствен оператор, осигурявайки достъп до настройки и функции, както за напреднали, така и за начинаещи изследователи. Георадарът интегрира разнообразни филтри, визуализации, 3D изобразяване и др. полезни възможности.

Някои от основните задачи, при които успешно се използва SIR-3000, са свързани с локализиране на

комуникации и зарити обекти; геоложки и геотехнически изследвания; археология; криминология; изследване състоянието на мостове, железобетон или цимент; минно дело и др. (Jol, 2008).

Георадарна антена модел 5104A

Изследванията са проведени с екранирана 270 MHz георадарна антена модел 5104A, производство на GSSI, Inc. Средночестотната антена модел 5104A е предназначена за решаване на инженерни, геотехнически, инженерно-геоложки, археоложки и др. задачи (Demireva & Tzankov, 2013). Дълбочинният обхват на изследване е от 0 до 6 m. Успешно се използва за пространственото определяне на зарити обекти, комуникации, ниво на подземните води и др.

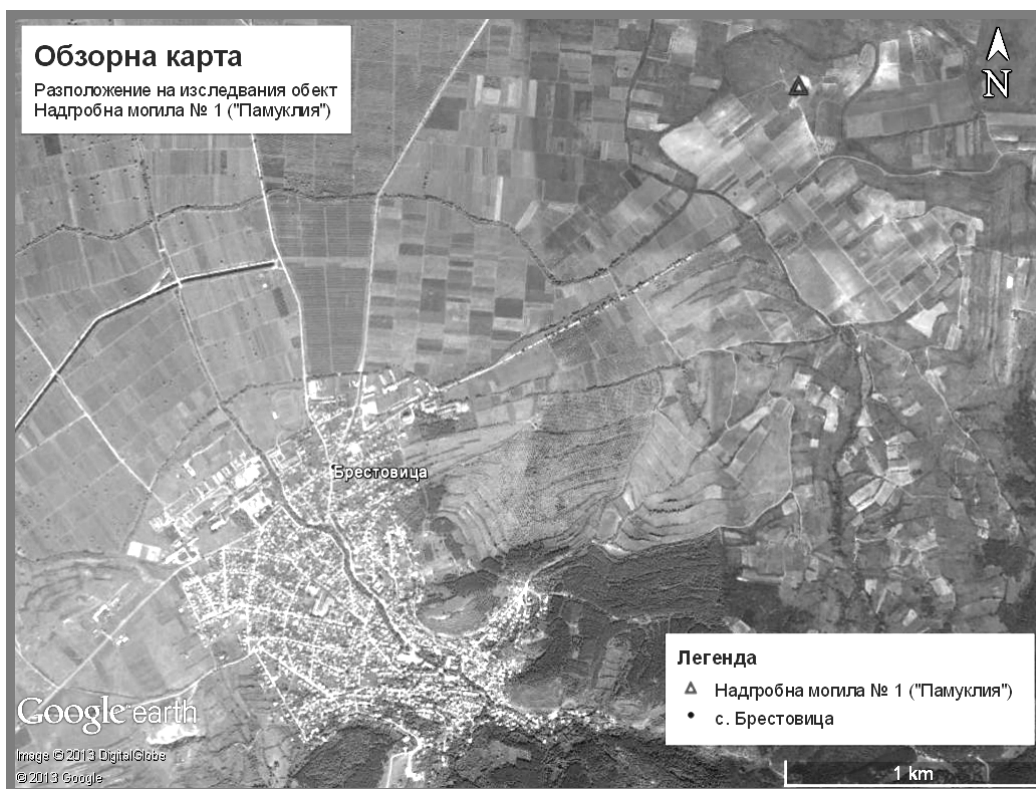
Техника и методика на проведените изследвания

Геодезично заснемане

Пространственото обезпечаване на георадарните работи е осъществено с помощта на предоставените от Регионален Археологически музей – Пловдив материали за геодезичното заснемане на надгробна могила № 1 („Памуклия“), намираща се североизточно от с.

Брестовица. За привързване на данните от геофизичното проучване, са използвани разположените в характерни точки от повърхността на могилата дървени колчета

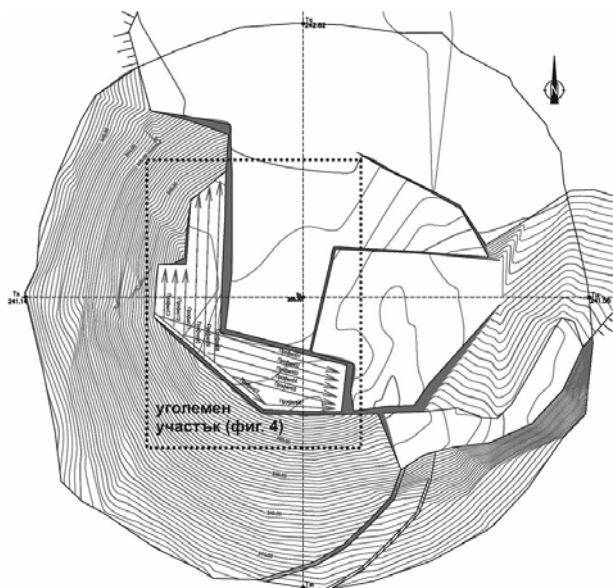
(репери), както и ръчни GPS устройства, оразмерени въжета и рулетки.



Фиг. 1. Обзорна сателитна карта с разположение на изследваната надгробна могила № 1 („Памуклия“)

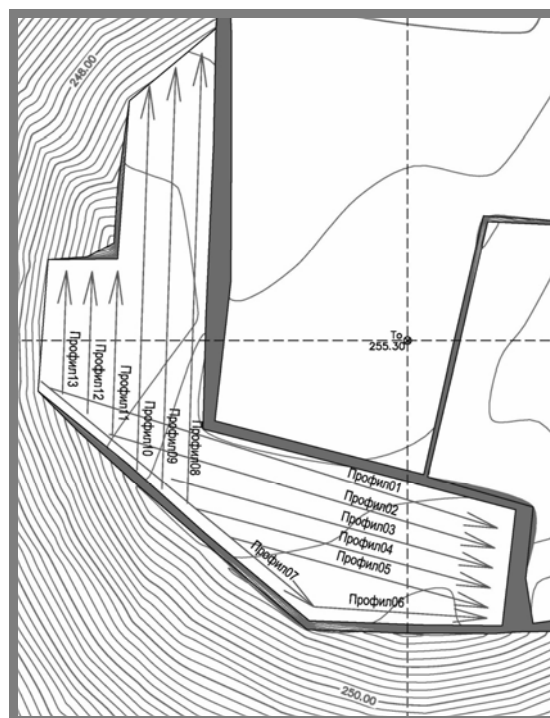
Техника и методика на провеждане на георадарните изследвания

Георадарните измервания са проведени в заравнен участък с L-образна форма, разположен в горната част на могилата. На представената фигура 2, изследваната площ е очертана с пунктирна линия. Проучванията са проведени по две основни, почти перпендикулярни направления, успоредни на двата отвесни ръба на изследваната площадка към изкопаната централна част на могилата (фиг. 2 и 3).



Фиг. 2. Топографски план на проучената с георадар надгробна тракийска могила № 1 („Памуклия“)

Първата група от георадарни профили (Профили от 1 до 7) имат ориентация изток-югоизток – запад-северозапад и са разположени успоредно един на друг на отстояние 1 m. Профилите са прокарани последователно от север на юг, като в най-южния участък два от тях следват очертанията на изкопа, минавайки косо на останалите 5 (фиг. 2 и 3).



Фиг. 3. Уголемен участък от топографския план на фигура 2 със схема на разположението на проучвателните георадарни профили

Ориентацията на останалите профили (Профили от 8 до 13) е юг – север и също са прокарани успоредно един на друг на 1 m отстояние. Измерванията са извършени последователно от изток на запад.

Придвижването по профилите е осъществено чрез количка за пресечен терен модел 643 (фиг. 4), снабдена с електронно измервателно колело, към която се прикрепват георадарът и измервателната антена. Натрупването на данни е извършено при следните настройки на апаратурата:

- интервал на дискретизация: 4096 семпъл/скан;
- скорост на сканиране: 50 скан/м;
- времеви прозорец: 150 ns;

- усилване на сигнала (dB): 5 точково
- верт. филтър: LP =700 MHz; HP =20 MHz; хор. филтър: не.
-

Данните от георадарните изследвания са натрупани в 16 bit *.dzt (RADAN) формат и прехвърлени на работна станция за постпроцесинг.

Дължината на радарграмите по профилите варира в зависимост от проходимостта на терена. Общата дължина на георадарните измервания е 116,78 m. Дължината на профилите с ориентация юг-север възлиза на 85,22 m. Тоталната дължина на георадарните профили е 202,00 m.



Фиг. 4. Схематично разположение на георадарните профили в изследвания участък от надгробната могила № 1 („Памуклия“) разположена североизточно от с. Брестовица



Фиг. 5. Изглед (фотография) към южния участък от изследваната площ по време на проучвателните работи с ясно изразен пласторед (горе) и наложен образ на част от радарграмата по Профил 1 (долу)

Обработка на георадарните данни

Процесинг на георадарните данни

Георадарните данни са въведени във RADAN формат (*.dzt), след което са обработени в програмата ReflexW. Стандартно са извършени девет нива на процесинг, като при отделни радарграми е извършена допълнителна обработка за постигане максимална чистота на сигнала и надеждност на интерпретацията (Conyers, 2012).

Направен е и експеримент за създаване на 3D модел на изследвания участък (Bekic, 2012).

Определяне скоростта на електромагнитната вълна

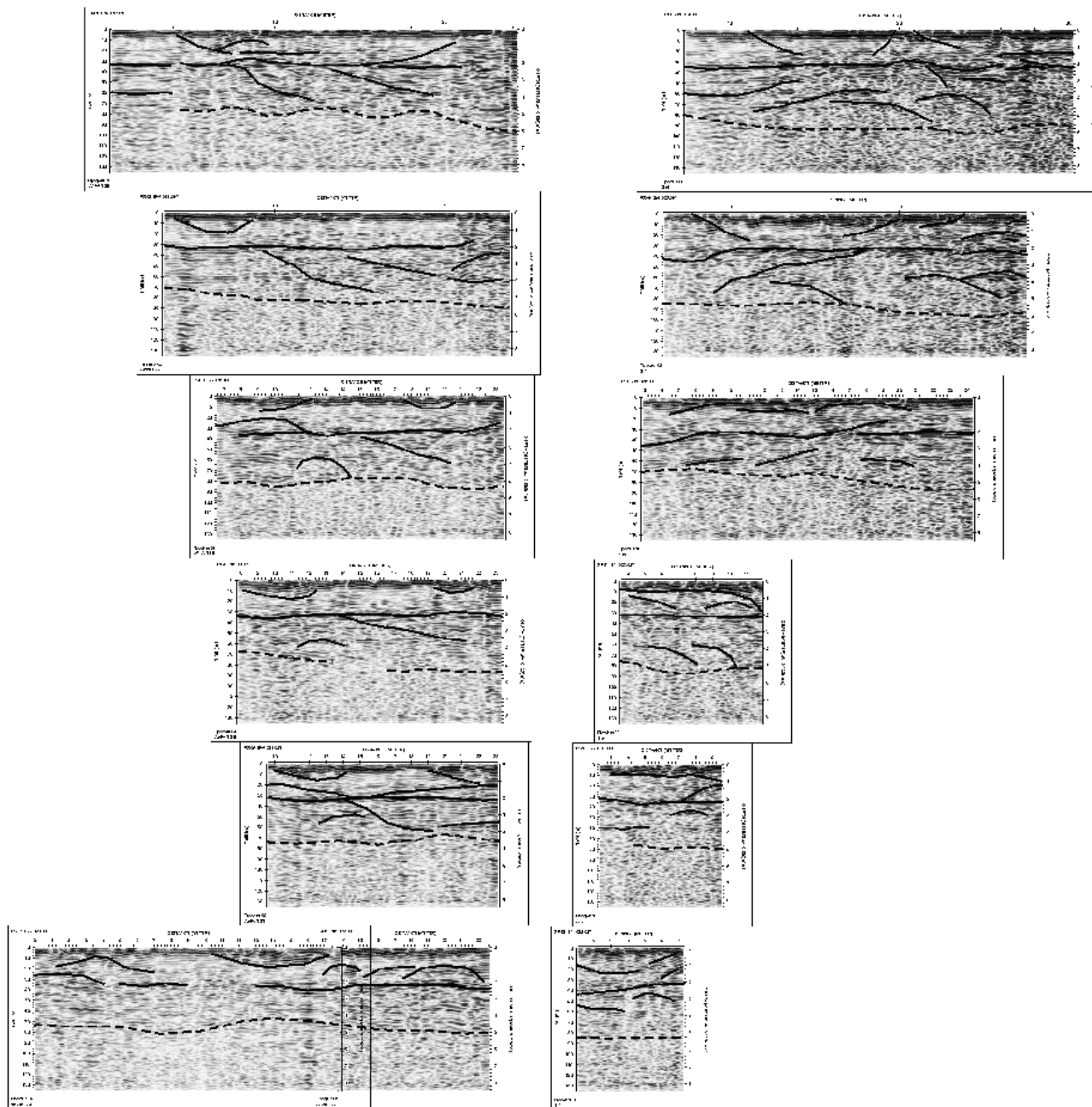
За правилната интерпретация на георадарните данни е необходимо да бъде определена скоростта на преминаване на електромагнитната вълна през изследваната среда. Съществуват няколко основни метода за това.

В конкретния случай е използван комбиниран подход, при който първо се определя дълбочината до съществуваща „опорна“ граница. След това вероятните стойности на търсените скорости се изменят ръчно, в рамките на таблично определен интервал до постигане на съвпадение между дълбочината на изображението на

„опорната“ граница от радарграмите с реално измерената такава.

За „опорна“ е използвана, ясно изразената на фигура 5 (горе), хоризонтална граница с дълбочина около 2,1 m. Границите 0,120 – 0,173 m/ns, в които е извършено търсенето на най-подходяща скорост на разпространение на вълните, са съобразени с вида на изследваната среда,

а именно сухи глинесто-песъчливи почви. Избраната по този метод окончателна скорост на електромагнитните вълни, при която е извършена интерпретацията на радарните данни е $v = 0,125$ m/ns. Имайки предвид наблюденията по проучвания терен земен материал и високата степен на корелация между реалния разрез и получената по Профил 1 радарграма, тази стойност може да се приеме за правдоподобна.



Фиг. 6. Интерпретиран георадарни профили от обект „Тракийска надгробна могила № 1 („Памуклия“), с. Брестовица“: вляво – с направление запад-северозапад – изток-югоизток (Профили 01 – 07); вдясно с направление юг – север (Профили 08 – 13)

Анализ и интерпретация на получените резултати

Георадарните профили, 13 на брой, разположени през около 1 m по двете издължени страни на изследваната площ (7 по участъка със запад-северозапад – изток-югоизточна ориентация и 6 по участъка с направление юг-север), покриват напълно изследваната площ.

С цел по-прегледно визуализиране на резултатите и възможностите на метода, радарграмата по Профил 1 е наложена върху фотографирания вертикален откос представен на фигура 5. Видно е, че в голяма степен наблюденият в разреза на могила № 1 („Памуклия“) пласторед, се проявява по един или друг начин на наложената радарграма. Най-добре е изразена хоризонталната граница, намираща се на около 2,0 – 2,2 m

дълбочина. Останалите наблюдавани на терена тенденции (повърхнини на насипване) при изграждането на могилата се характеризират със сложна интерференчна картина, която също се корелира добре с изучавания разрез. Тази демонстрация е обоснована от факта, че Профил 1 се намира в непосредствена близост (около 1 m) до ръба на площадката, респ. отвесния откос.

В най-общи линии радарграмите показват, че изследваният участък се характеризира със сложен разрез, представен от серия несъгласни и неиздържани граници. На фигура 6 са отделени два сравнително издържани хоризонта: първият на около 1,9 – 2,4 m, а вторият – не толкова контрастен на около 5 – 6 m дълбочина.

Първият хоризонт, както и останалите несъгласни граници (очертани с черна линия на фигура 6), следва да се обяснят с особености в строежа на надгробната могила и най-вероятно съвпадат с различни повърхнини на насипване. В тях, поради разлики в диелектричните свойства на използвания материал, се наблюдават отражения на електромагнитните вълни. Този участък достига дълбочина от около 4,5 – 5,5 m, като радарният сигнал се отличава и с по-високи стойности на периода и амплитудите на отделните трасета.

Вторият хоризонт (отбелязан на фигура 6 с черна прекъсната линия) се привързва с вероятното разположение на коренните скали. Трябва да се има предвид, обаче, че тази граница частично се припокрива с границата на допустимото съотношение сигнал/шум. Поради тази причина е възможно реалното ѝ разположение да се отличава от това на интерпретационния модел.

Заклучение

Във връзка с проведените експериментални георадарни изследвания на надгробна тракийска могила № 1 („Памуклия“), разположена в землището на с. Брестовица, общ. Родопи, обл. Пловдив, могат да бъдат направени следните изводи, заключения и предложения:

- В района на могилата са проведени георадарни проучвания по 13 профила с обща дължина 202 m.
- Георадарните данни са обработени и интерпретирани (фиг. 6).
- Съгласно интерпретацията, изследваният участък се характеризира със сложен разрез, представен от серия несъгласни и неиздържани граници, съответстващ на

повърхнините на насипване при изграждането на надгробната могила.

- За постигане на по-качествени и надеждни резултати е необходимо георадарните проучвания да се извършват по предварително проектирани и геодезически заснети търсещо-проучвателни профили.
- За създаването на качествени триизмерни модели на изследваните обекти е необходимо георадарните профили да бъдат проектирани по правоъгълни проучвателни мрежи с гъстота на профилите до 1 m.
- Резултатите от георадарните проучвания могат да послужат за насочване на археолозите целенасочено да направят своите сондажи (разкопки).

Основното заключение, което се налага от направените дотук бележки относно георадарния метод е, че той може да бъде използван успешно за търсене, локализиране и потвърждаване наличието на под повърхностни обекти с антропогенен характер, в различни в структурно отношение археоложки обекти, както и за насочване на детайлни геофизични работи и/или проектиране на археоложки работи.

Литература

- Тонков, Н. *Геофизични методи в археологията: Оптимизиране на методиката за проучване на надгробни могили*. С., Българско е-Списание за Археология, 2013. - 403 с.
- Цанков, Хр., М. Янкова. Георадарът навлиза широко в полевата геофизиката. – *Минно дело и геология*, 5/6, 2013. – 31–35.
- Bekic, G. Topography correction and the importance of applying it to the GPR records. *GEOSCANNERS AB*, No. AN012072911EN, 2012. - 8 p.
- Conyers, L. B. *Interpreting Ground-penetrating Radar for Archaeology*. Left Coast Press, 2012. - 220 p.
- Demireva, El., Ch. Tzankov. GPR through a Water Mirror Defining the Topography of a Bottom and the Depth of the Sediments beneath the Water Layer. *7th Congress of Balkan Geophysical Society*, Tirana, Albania, 7-10 October 2013.
- GSSI. *SIR System-3000: User's Manual*. Geophysical Survey Systems, Inc., 2013. - 99 p.
- Jol, H. M. *Ground Penetrating Radar Theory and Applications*, Elsevier, 2008. - 544 p.

Статията е рецензирана от проф. д-р Ради Радичев и препоръчана за публикуване от кат. „Приложна геофизика“.