



Софийски Университет
"Св. Климент Охридски"

Физически факултет

Лаборатория по Археогеофизика

Джеймс Баучер 5, София 1164, YUShopov@phys.uni-sofia.bg, тел. 8161732
www.phys.uni-sofia.bg/bul/departments/ucsrt/agpl/index.html

Лаборатория по Археогеофизика

Ръководител: доц., д-р Явор Й. Шопов

Геофизически проучвания на археологически обекти

Лабораторията по Архео- геофизика е единствената у нас лаборатория, която се занимава с разработване на нови геофизични методи и апаратура за изследване на археологически обекти и тяхното датирание. Тя подготвя студенти по археогеофизика и извършва теренни геофизически измервания на археологически обекти.

Използвани методи:

Лабораторията използва следните геофизични методи за търсене и неструктивно изследване на археологически обекти:

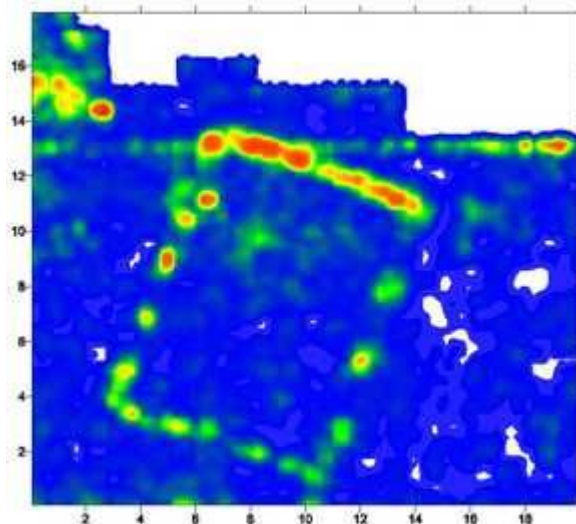
I. Радарни методи

1. **Георадар-** Методът е разработен от НАСА за изследване на лунния грунт за нуждите на американската космическа програма и е подобен на ехолота (сонара). През последните 5- 10 години археогеофизическите приложения на георадара претърпяха революционно развитие и той се наложи като най- мощният архео- геофизически метод (Conyers, 2004). Георадара позволява регистрация на някой толкова фини археологически обекти, че те са почти незабележими с просто око при археологически разкопки (Conyers, 2004).

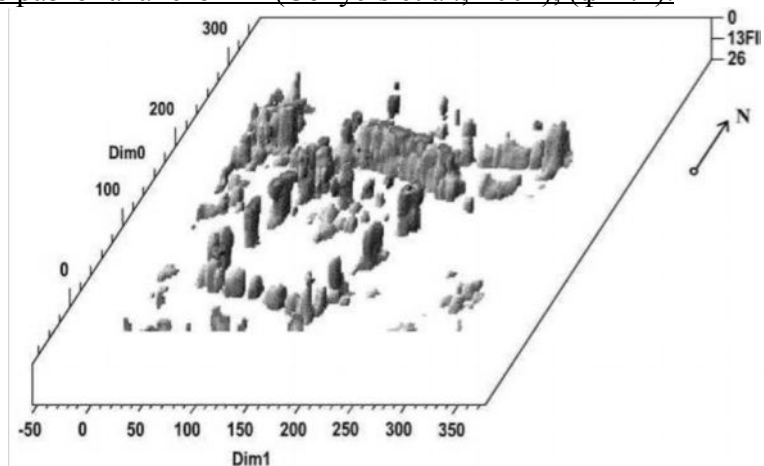
Георадара излъчва импулси от радиовълни и мери разстоянието до обекта по забавянето на отразеният от обекта сигнал.

Предимства:

а. Единствен метод позволяващ създаване на двумерни карти (срезове) на подземните обекти на различни дълбочини под земната повърхност без разкопаването им (Conyers et al., 2004), (фиг.1):



Фиг. 1. Двумерна карта (срез) на погребани основи на сграда и римски водопровод на 125-150 см под земята (Conyers et al., 2004).



Фиг. 2. Тримерна карта на погребаните основи на сграда и римски водопровод от фиг.1 (Conyers et al., 2004).

б. Единствен метод позволяващ създаване на тримерни реконструкции на точната форма и дълбочина на подземните обекти (Conyers et al., 2004), (фиг.2)

в. Позволява точно определяне на дълбочината на залягане на аномалиите

г. Позволява визуализация на подземните обекти в реално време. Данните се изобразяват като графики (радарграми) на дисплея по време на измерването (фиг. 1.3- 1.7).

д. Позволява едновременно геофизично поручване и археологическо сондиране на регистрираните аномалии.

е. Има най-висока разделителна способност от всички геофизически методи

ж. Може да сканира вертикални стени и да локализира нехомогенности в тях

з. Регистрирания сигнал се поддава на компютърна обработка за извличане на детайли невидими в изходния скан на обекта и графично представяне на резултатите.

и. Бързо сканиране на големи площи. Ефективен е за мащабни изследвания с висока хоризонтална резолюция;

й. Позволява привързване на различни археологически сондажи чрез сканиране на пространството между тях.

к. Измерването може да се извърши през вода, лед, асфалт, бетон и др. покрития (фиг. I.11-I.13)

л. При трудни терени може да се извърши поточково измерване, даващо по-дълбоко проникване

Недостатъци:

а. Много висока цена на апаратите, поради което с такива уреди разполагат само единични геофизични лаборатории в страната

б. Относително плитка дълбочина на работа, която в зависимост от проводимостта на почвата варира от 1 до 4 метра. В сух пясък без следи от морска вода може да работи и на много по-голяма дълбочина. В сухи обекти и сгради е постигана дори дълбочина над 17 метра (фиг. I.13- I.14). Метода обаче е абсолютно неприложим при наличие на солена вода и други субстрати с висока проводимост.

в. Интерпретацията на регистрирания сигнал е много сложна. Това е най-сложният и комплексен археогеофизичен метод (Conyers, 2004).

г. За археогеофизически приложения на георадара е необходим експерт с изключително рядка и специфична квалификация в областта на геофизиката, геологията и статистическата физика. Специалистите по други приложения на георадара не могат лесно да се обучат на неговите археогеофизически приложения.

Областите на приложение на георадара в археологията (Conyers, 2004) са:

Недеструктивно локализиране и картиране на културни слоеве и подземни археологически обекти:

- гробници (фиг.3.4) и погребения (фиг.I.23)
- тунели, катакомби и канали (фиг. I.7.).
- стени и сгради- фиг.1, 2
- землянки (Conyers, 2004)
- огнища (Conyers, 2004)
- метални и керамични предмети и замазки (Фиг. I.17.).
- празнини и дефекти в постройки (фиг.I.1. -I.2.)
- пещери, бункери, каверни и карстови образувания (фиг. I.5, I.6).
- подземни резервоари (Фиг. I.25, I.27).
- заровени и зазидани тръби- фиг. I.15- I.17.

Недеструктивна стратификация на

- седименти, речни и езерни наслаги- фиг. I.12.
- почвени слоеве, вкл. древни обработвани земи (Conyers, 2004);
- водни хоризонти (Фиг. I.19.);
- пропадания, разседа, свлачища и др. (фиг. I.3.).

Недеструктивно изследване и мониторинг на археологически обекти и Паметници на културата и на подземни комуникации.

Измервания с георадар на наши археологически обекти

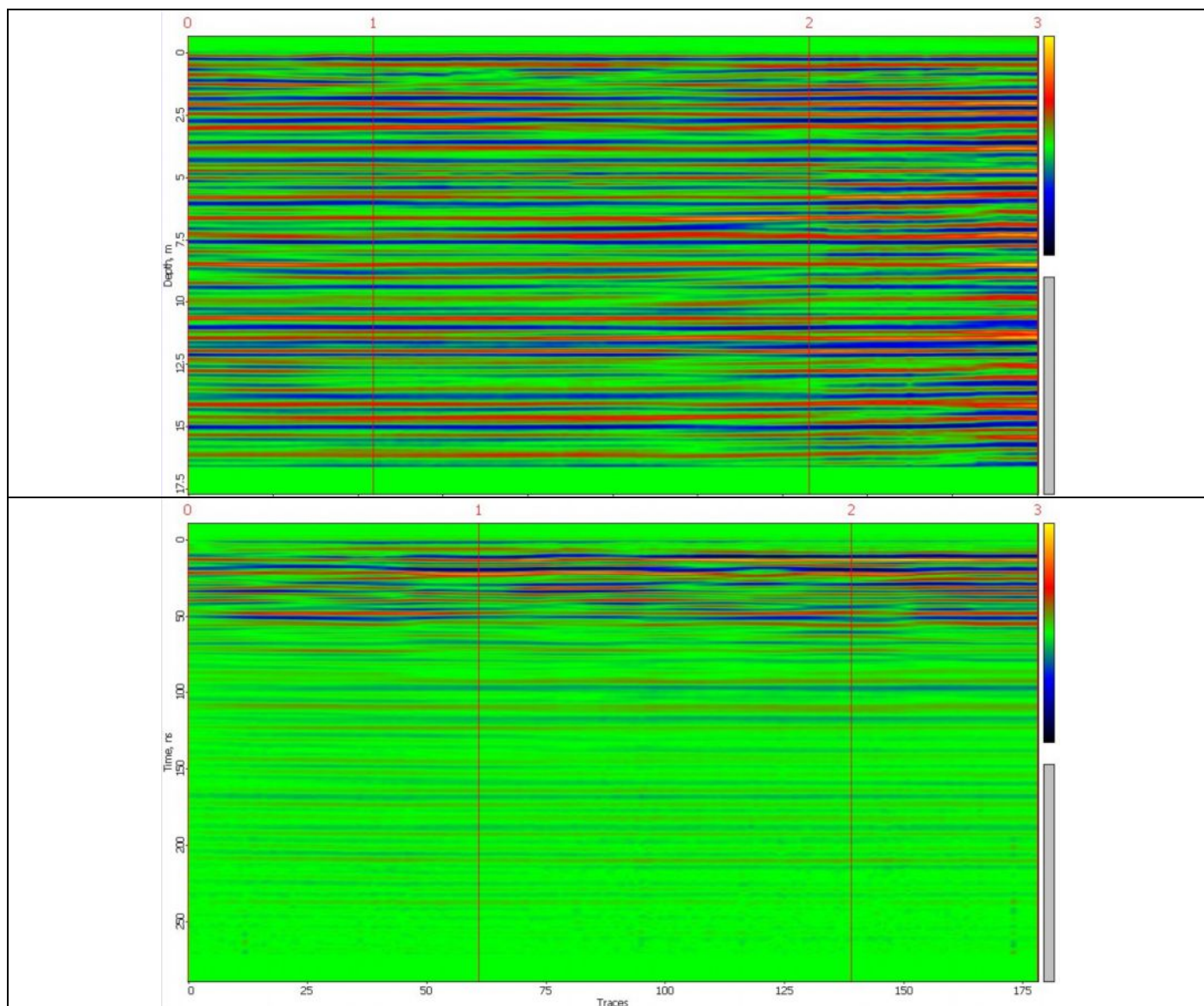
Първите успешни измервания на археологически обект с георадар у нас бяха извършени на 24 и 25 Ноември 2007 г. в гробницата в м. "Голямата Косматка". С него бяха измерени 60 скана на стените и пода на гробницата в м. "Голямата Косматка". Всеки скан се състои от по 92 до 691 (средно по 392) измервания на различните трасета на проникване на радарното лъчение в дълбочина, т.е. направени са измервания на около 23500 трасета. Разделителната способност на получените сканове в посоката на сканиране (т.е. разстоянието между измерените трасета) варира от 1,3 до 1,7 см.

Методиката на работа е следната:

Единият от операторите плъзга антената на георадара (която е монтирана фабрично на шейна) върху изследваният обект и съобщава на втория оператор кога антената минава покрай марките за разстояние.

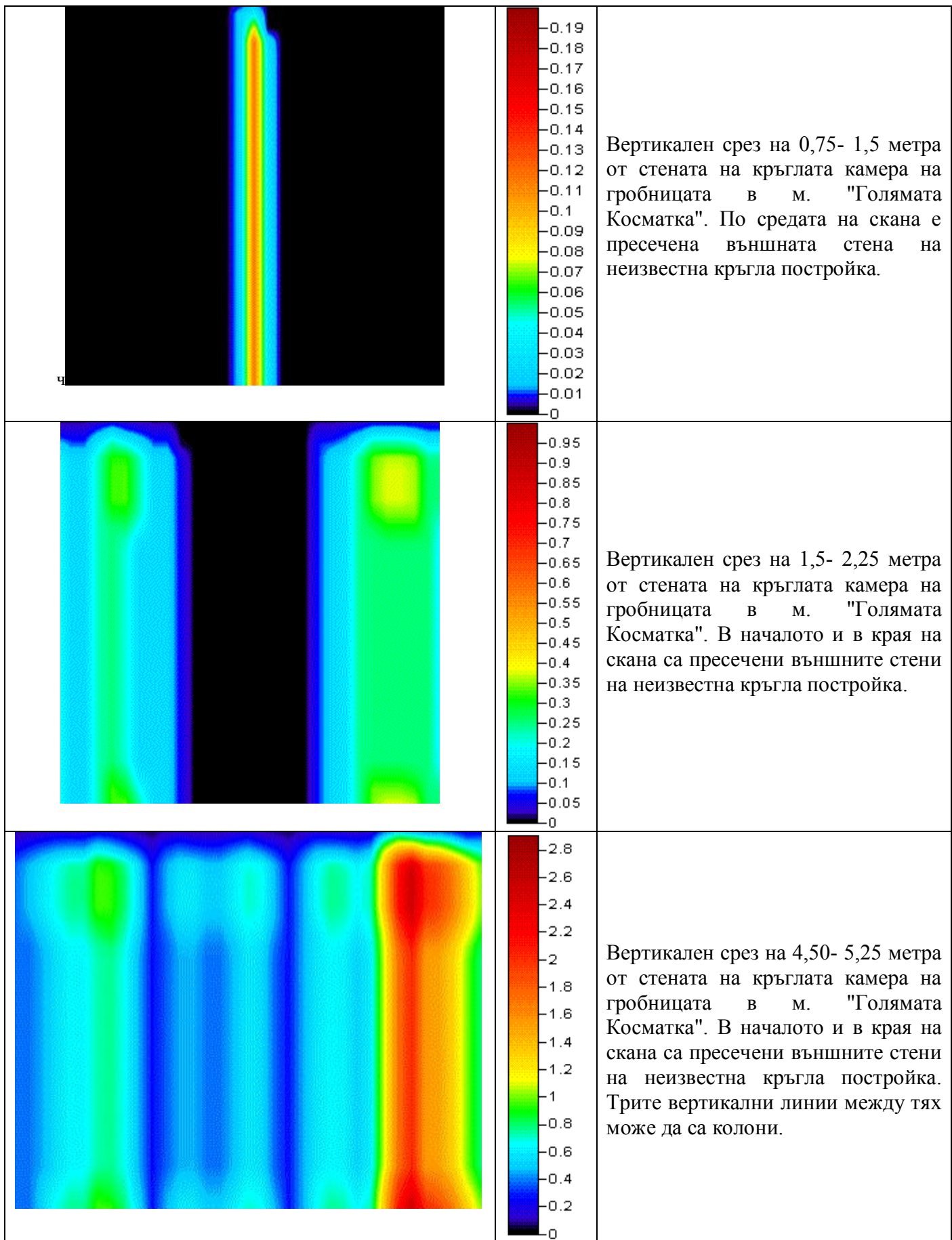
Вторият оператор въвежда марките (маркерите) в скана, който през това време се набира и визуализира в компютъра на георадара. При сканирането на пода за марки бяха използвани маркери нанесени върху рулетка. При сканирането на стените за марки бяха използвани маркери от хартиена лепенка за оптика (която не оставя следи по обекта върху който се залепва). Те бяха предварително нанесени с помощта на лазерен нивелир.

Стените на предверието, камерата и саркофага предварително бяха маркирани с точки, разположени във вертикални и хоризонтални редове, наподобяващи план - квадратна мрежа, за да може по хоризонталните редове да се плъзга антената на георадара.



Фиг.3. А. (горе) Радарграма (скан) на стената на предверието от 0- 50 см над пода. Тя показва, че радарното лъчение се разпространява в гранит поне до 16 метра западно от него. Б. (долу) Радарграма на стената на предверието от 2- 2,50 м над пода. Тя показва, че радарното лъчение се разпространява през каменната стена (горе) в хомогенната почва (долу) извън нея (могилния насип).

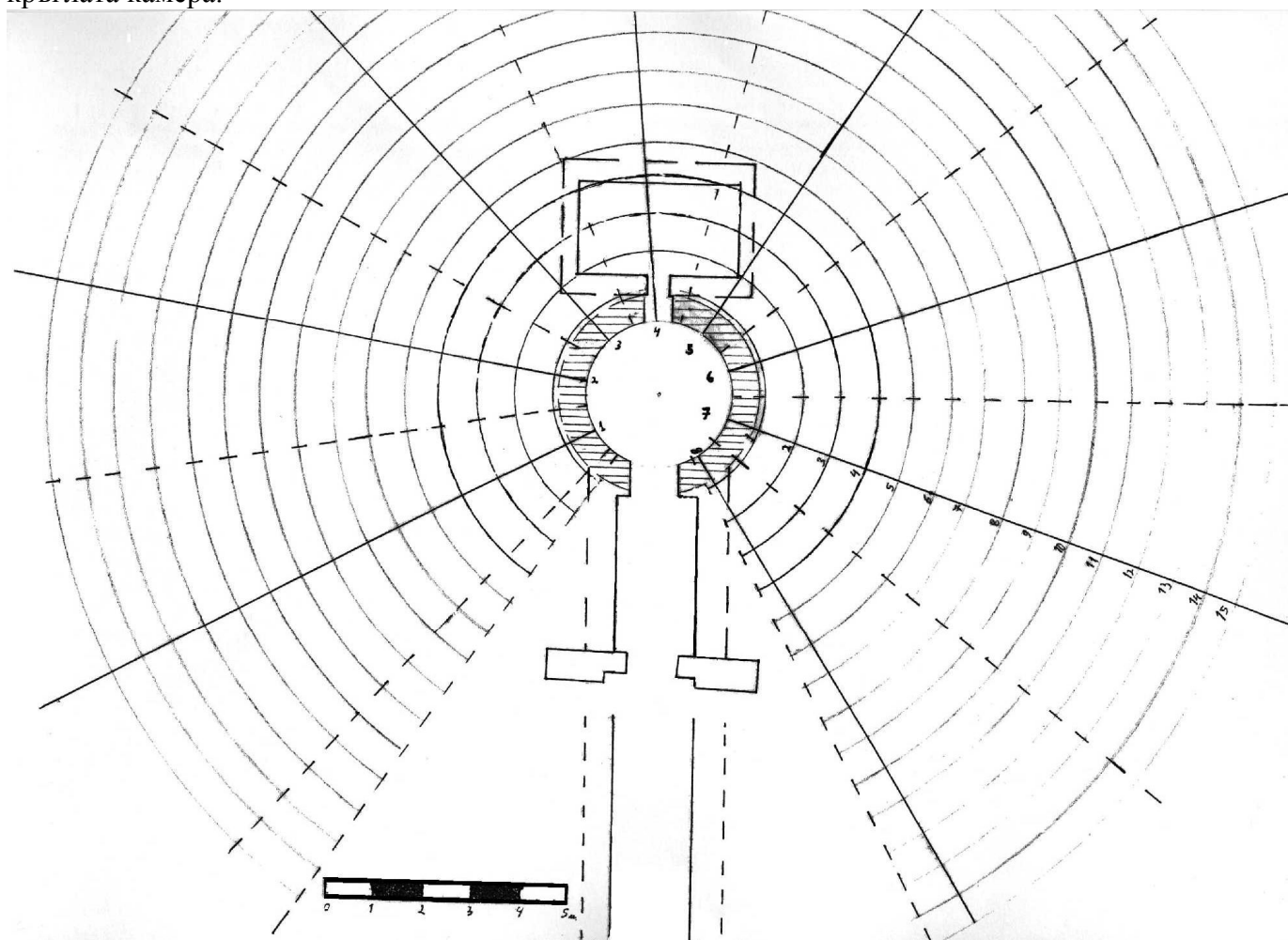
Обработката на данните от георадара е изключително бавен и сложен процес ако се цели извличане на пълната информация от тях. Информацията, която може да се получи експресно от оглед на суровите сканове е незначителна в сравнение с тази, която може да се получи чрез сложни и времеемки компютърни обработки на резултатите. Информацията която може да се извлече за сега е следната:



фиг.4 Вертикални срезове на интензитета на радарното лъчение отразено от обекти около гробницата в м. "Голямата Косматка" измерен през стената на кръглата камера на гробницата. Нулевият интензитет е даден с черен цвят, слабият с тъмно син, средният с небесно- син, силният с зелен, много силният с жълт, а най- силният е представен с червен цвят

1. Скановите на стените на гробницата в долният им край показват, че радарното лъчение се разпространява в еднороден материал (фиг.3.А) поне до 16 метра във всички посоки. Материалът на стените е гранит. От тук следва, че гробницата е вкопана на около 50 сантиметра дълбочина в гранитна площадка с диаметър поне 35 метра. На височина над 50 сантиметра от пода се регистрира могилният насип от почва през гранитната стена на гробницата (фиг.3.Б). Това не означава, че площадката е кръгла. Тя може да продължава във всички посоки, но радарното лъчение не достига до краищата ѝ.

2. Георадарът е единственият метод позволяващ създаване на двумерни карти (срезове) на подземни обекти на различни дълбочини под земната повърхност без разкопаването им. Ние използваме тази уникална възможност, като за целта сканирахме 4 групи от по 5 успоредни скана на височина от 0 до 250 см:- две групи сканове в предверието, една хоризонтална и една вертикална в кръглата камера.



Фиг 5. Схема на гробницата и 15-те среза (с дебелина по 75 см) на радарния сигнал получен при сканирането ѝ.

Методиката на обработката е следната:

Петте успоредни скана се сумират в една тримерна база данни. След това тя се нарязва на 15 среза (фиг.4) през 20 наносекунди (съответстващи на дебелина от 75 см при преминаване на сигнала през почва до 3 м.- през въздух). Срезове са с разделителна способност 0.1 м. по X и 0.5 м по Y-оста. Тъй като сканираната камера е кръгла и получените срезове са кръгли сегменти (фиг 5). Двумерните карти, които се получават от тях имат вид на отпечатаци от цилиндрични печати (фиг. 4)

Получените двумерни карти (фиг. 4) показват, че от западната стена на кръглата камера се намира втора неразкопана кръгла камера. Вероятно в нея има вътрешни колонии. Неразкопаната кръгла камера е по- голяма от тази в отворената гробница.

На 25 Ноември 2007 г., за да се потвърдят и допълнят данните от георадара бе извършено вертикално електрическо сондиране на дълбочина от 1 до 14 метра над мястото на засеченият

неизвестен обект. Установено беше, че обекта започва на дълбочина 6.50 метра под повърхността на могилата и достига до около 12 метра под нея (до предполагаемото ниво на местния терен).

При разкопките на гробницата от д-р Китов през 2004 година са намерени елементи от сграда от бял варовик, а гробницата на Севт-III е изцяло от гранит. Те вероятно са взети от друга съседна сграда и са използвани за зазидване на гробницата. Не е изключено тези елементи да са били от засечената с георадара сграда.

Публикации в пресата за това изследване:

.Суперрадар откри в прочутата могила тайна стая с нещо в Косматката. Георги Милков, *в. 24 Часа*, 15 декември 2007 г., стр.: 1, 13-15

.Георадар на НАСА показва неразкопана сграда в Голяма Косматка Археолозите очакват да намерят бронзовата статуя на тракийския цар Севт III. **Петър Марчев**, 02.02.2008-

<http://www.slovesa.net/%d0%b3%d0%b5%d0%be%d1%80%d0%b0%d0%b4%d0%b0%d1%80-%d0%bd%d0%b0-%d0%bd%d0%b0%d1%81%d0%b0-%d0%bf%d0%be%d0%ba%d0%b0%d0%b7%d0%b0-%d0%bd%d0%b5%d1%80%d0%b0%d0%b7%d0%ba%d0%be%d0%bf%d0%b0%d0%bd%d0%b0-%d1%81%d0/>

.Георги Китов: Могилата Голяма Косматка крие още тайни. Деляна Бобева, 28 януари 2008

http://dariknews.bg/view_article.php?article_id=219721

.Могилата Голяма Косматка крие още тайни 2008-02-01

<http://www.touristsales.com/news.php?&ntype=1&year=2008&month=2&news=27514&page=3>

+ още около 60 различни интернет страници.

Георадарни геофизични измервания на археологическия обект до с. Ябълково

С георадар бяха сканирани 211 вертикални профила по около 500 измервания всеки (фиг.6). Разделителната им способност варира от 2 до 6 сантиметра. Те покриват 21 правоъгълни полигона. Регистрираните аномалии бяха нанесени на план- квадратната мрежа на обекта.

Вертикалните сканове на всички профили покриващи два полигона (които бяха сканирани в успоредни трасета на всеки 50 сантиметра) бяха обединени в тримерни бази данни. След това те бяха нарязани на двумерни хоризонтални срезове на различни дълбочини. Така бяха изчислени 35 хоризонтални среза на два полигона на различни дълбочини с дебелина от 20 и от 40 сантиметра, които покриват дълбочините от повърхността до 6 метра дълбочина. Получените двумерни карти на аномалиите на различни дълбочини визуализират местоположението на търсените археологически обекти под повърхността.

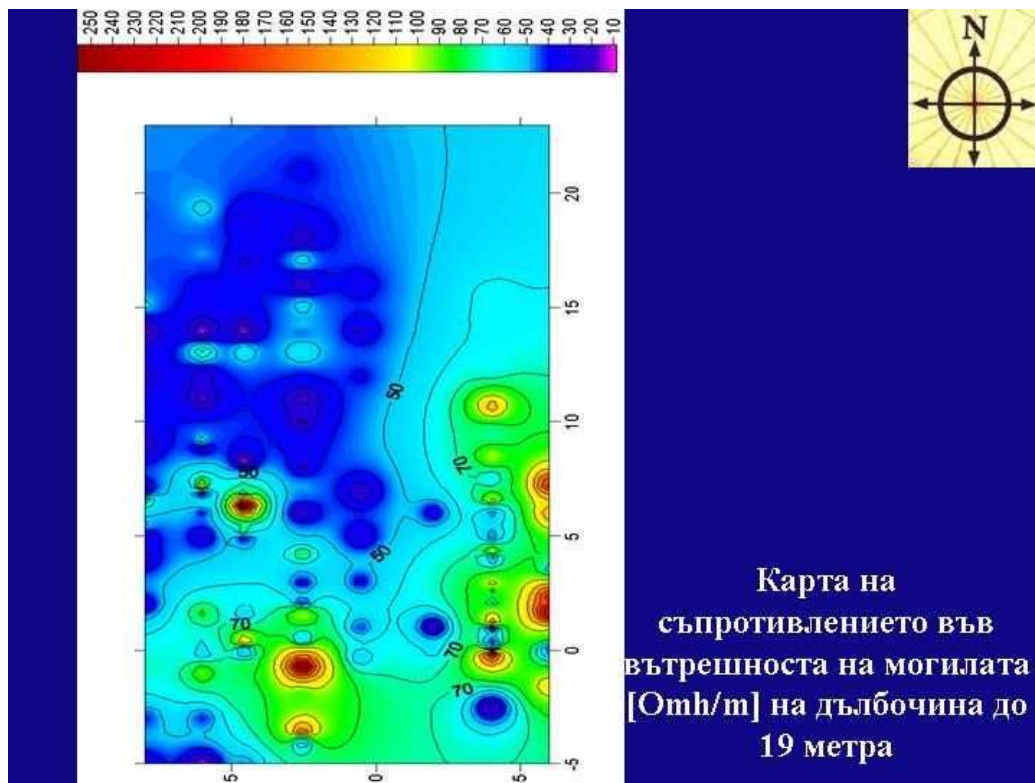


Фиг. 6. Сканиране на профили от един полигон на неолитен археологически обект до с. Ябълково с георадар

II. Електросъпротивителни методи

2. Електропрофилиране чрез измерване на профили на привидното електрическо съпротивление. Използва четири електрически сонди (електрода). Максималната постигана у нас дълбочина на изследване на археологически обект с геофизически измервания е 19 м. (Шопов, 2007)

и е постигната с този метод. Дълбочина на работа на наличната апаратура е до 40 метра. Използва се за търсене на подземни гробници, пещери, тунели, кладенци, бункери, рудни находища, вода и др. С него могат да се откриват и големи метални предмети и съоръжения, подземни кабели и др.



Фиг. 7 Двумерна карта на съпротивлението на Омуртаговата могила

3. Вертикално електрическо сондиране (ВЕС)- Използва се за определяне на точната дълбочина на залягане на аномалиите на същите обекти както електропрофилирането.

4. Електротомография (непрекъснато електрическо профилиране)- позволява визуализация на аномалиите на привидно електрическо съпротивление и на обектите които ги създават (фиг.7-8).

Областите на приложение на Електропрофилирането, Вертикалното електрическо сондиране и Електротомографията в археологията са:

Недеструктивно локализиране и картиране на:

- гробници и гробове, тунели, катакомби и канали, пещери, бункери, каверни и карстови образувания

Предимства:

а. Изключителна дълбочина на измерванията.

б. Реално това е единственият ефикасен метод за локализиране на дълбоки обекти като гробници, храмове и гробове в големи могили

в. Позволява създаването на интегрални двумерни карти на подземните аномалии (фиг.7, 8):

г. Позволява създаването на приблизителни тримерни реконструкции на очертанията на подземните аномалии (Шопов, 2007)

д. Вертикалното електрическо сондиране позволява определяне на дълбочината на залягане на аномалиите

Недостатъци:

а. Изключително бавно, трудоемко и скъпо сканиране.

б. Не може да работи на терени покрити с бетон, асфалт и плътна каменна настилка

в. Изисква интрузивен контакт (забиване на електроди в пръста над обекта)

г. Използва точково измерване;

д. Чувствителен към интерференции от близки метални обекти;

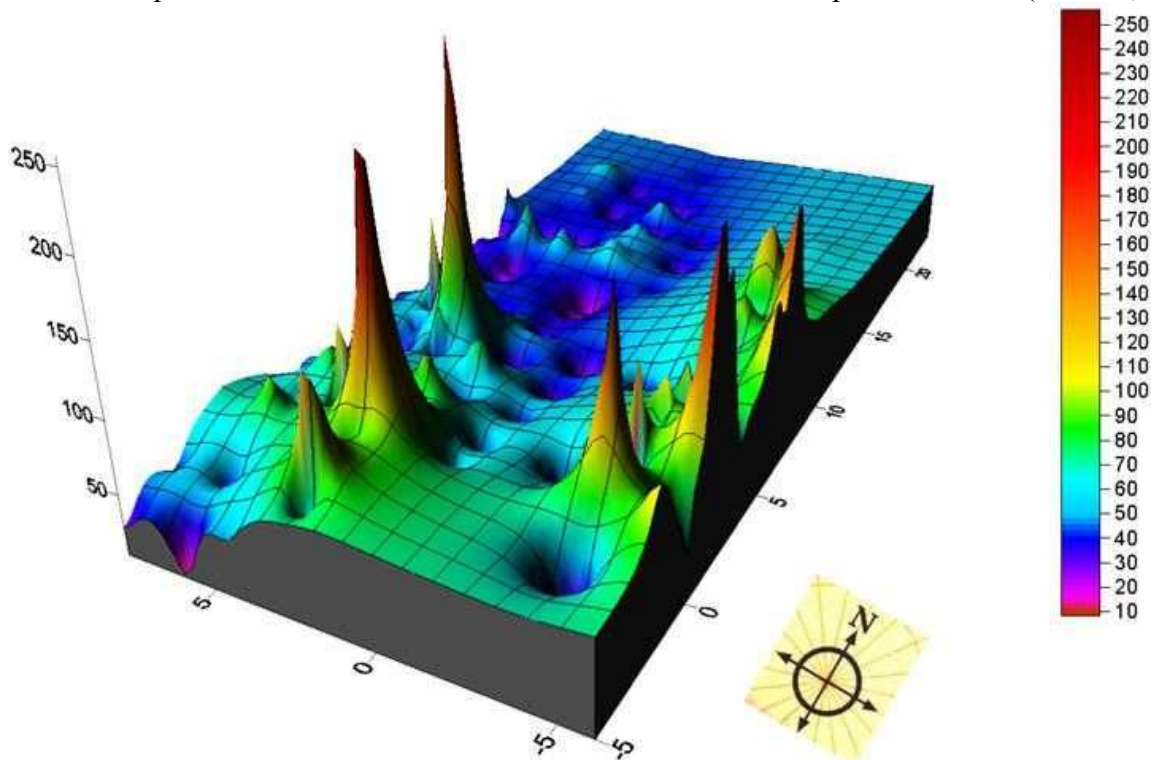
е. Не може да се използва върху асфалт, бетон или монолитна скала;

ж. Ефективността му намалява при ниски стойности на съпротивлението на средата

Електропрофилиране на Омуртаговата могила

Измерени бяха 8 профила на привидното електрическо съпротивление и 8 вертикални електрически сондириания на Омуртаговата могила до с. Свещари на дълбочина до 19 метра. Получените резултати са представени на 3-мерни графики (фиг.14) и карти. Установено бе, че насипа на цялата могила съдържа слой от пясък и чакъл, който има стойности на привидното електрическо съпротивление като тези на археологически обекти. Той заляга на дълбочина от 5 метра под върха на могилата до дълбочина 4 метра към северозападния и' край и до дълбочина 1.8 метра в североизточния край на могилата. Той изтънява от центъра към краищата на насипа от около 2 метра до 20-30 сантиметра. Наличието на този слой е потвърдено при разкопки в могилата от Д. Гергова от Археологическия институт и музей на БАН.

Предишното електропрофилиране на могилата направено от Ил. Катевски не е засекло намерените от нас аномалии, защото дълбочината му на измерване е едва 5 метра, а аномалиите регистрирани от нас са разположени значително по-дълбоко- на 7-16 метра дълбочина (Шопов, 2007).



Фиг. 8 Тримерна карта на съпротивлението на Омуртаговата могила. Дългата ос е оста S-N. Вертикалната ос е в Ohm/m. По Шопов (2007)

Публикации в пресата за това изследване:

.Български археолози ще търсят гроба на първия владетел на тракийското племе гети. Вести, 14 април 2007

.Търсят гроба на първия владетел на тракийското племе гети - Пловдив култура, 15.04.2007

http://plovdiv.mconet.biz/index.php?action=fullnews&id=306582&category=1761&category_name=%D0%B0%20%D0%B0%D0%9B%D0%B0%D0%9E%D0%B0%D0%92%D0%B0%D0%94%D0%B0%D0%98%D0%B0%D0%92

III. Индукционни методи- използват военни технологии за търсене на мини

5. Импулсна индукция- Позволява локализация на големи метални предмети на дълбочина до 6 метра. Работи и през камъни и зидове. При този метод се излъчват мощни електромагнитни импулси и между тях се мери индукцирания в обекта ток (Aittoniemi et al., 1986).

Предимства:

- Работи и през камъни и зидове.
- Бързо сканиране
- Висока точност на локализиране на аномалиите

Недостатъци:

- Относително плитка дълбочина на работа, която в зависимост от размера на металния обект варира от 2 до 6 метра.
- Регистрирания сигнал не се поддава на компютърна обработка
- Не позволява точно определяне на дълбочината на залягане на аномалиите

г. Подземни кабели, арматура или метални мрежи маскират обекта и не позволяват използването на метода

д. Не позволява определяне на вида на метала

б. Електромагнитна индукция- Позволява локализиране на малки метални предмети и определяне на метала от който са изградени те, по неговата проводимост (Gardiner, 1967).

Излъчва се електромагнитно поле и се мери индукцирания в обекта ток когато обекта попадне в периметъра на регистриращата bobина. Позволява локализиране на малки метални предмети и определяне на метала от който са изградени те.

Предимства:

а. Позволява локализиране на малки метални предмети

б. Позволява определяне на метала от който е изграден обекта

в. Голяма точност на локализиране на аномалиите

Недостатъци:

а. Много плитка дълбочина на работа, която в зависимост от размера на металния обект варира от 0.3 до 1 метър.

б. Регистрирания сигнал не се поддава на компютърна обработка

в. Не позволява точно определяне на дълбочината на залягане на аномалиите

г. Подземни кабели, арматура или метални мрежи маскират обекта и не позволяват използването на метода

IV.Електростатични методи

7. Лабораторията разработва и използва един нов архео-геофизичен метод, наречен **метод на остатъчния заряд.**

Ние създаваме тримерни реконструкции на формата на подземните обекти и измерваме двумерни карти (срезове) през 5 сантиметра дълбочина от тях, чрез измерване на мрежа от сканове на терена с георадар. За сега това е най- информативният метод за недеструктивно изследване на археологически обекти. Ние разполагаме с нужната апаратура и инструменти за теренни измервания с методите 1-7 на археологически и други обекти.

В някои случаи еднозначното решение на задачата изисква употребата на два или повече уреда поради ограниченията в приложимостта на всеки от методите.

Специфика на измерванията

Документирането на измерванията и локализирането на подземните аномалии върху карти на повърхността на терена или чертежи на сгради е сложна и трудоемка работа. Локализирането на подземните аномалии върху повърхността на терена изисква измерване на позицията на детектора спрямо репери на терена по време на самите измервания. За това в измерванията трябва да участват един геофизик, които прави самите измервания и двама сътрудници, които да регистрират мястото на детектора и неговото движение. В последствие тези измервания се нанасят на карта на терена. Така се получава карта на разположението на регистрираната аномалия.

Всички геофизични проучвания са недеструктивни и безвредни за археологическите обекти за разлика от сондирането, което може да ги повреди.

Изисквания за предварителна подготовка на терена

1. За използване на метод 1 (георадар) изследваният терен трябва да е предварително изсечен, окосен и почистен от камъни, дървета и храсти така, че над повърхността на терена да не стърчат обекти на повече от 5 см. Това се налага, защото антената се плъзга по изследваната повърхност и е необходимо да се осигури плътен контакт с повърхността на терена. Плътният допир с повърхността повишава дълбочината на работа до 2,5 пъти.

2. За използване на методи 2- 7 изследваният терен трябва да е предварително изсечен и почистен от храсти и видими метални предмети така, че да се осигури свободно движение на детектора и оператора над всяка точка от изследваният терен.

3. За използване на всички методи е необходимо да се осигури карта или точна схема на изследваният терен с разделителна способност поне 1 метър.

4. За използване на всички методи е необходимо да се осигури репер на изследваният терен спрямо който да се ориентират и нанасят измерванията.

Използвана апаратура

Най-подходящият геофизичен метод за решаването на повечето археологически задачи е земният радар (георадар, наричан още земен “скенер”). Преди създаването на георадара подземни обекти от пластмаса, теракота, бетон и асфалт се смятаха за неоткриваеми. Георадара стана основният метод за локализиране и картиране на непроедащи, неметални и немагнитни обекти.

Георадар (Земен радар)

Георадарът е цифров портативен уред за подповърхностно сканиране предназначен за работа по широк спектър от геотехнически, геологически, екологически, инженерни и други задачи, при които е необходимо подповърхностно наблюдение. По време на сканирането операторът вижда радиолокационната картина на дисплея на компютъра в реално време. Данните се записват на твърдата памет на компютъра за цифрова обработка, разпечатка и интерпретация на резултатите. На екрана на компютъра обаче не се виждат директно обектите, т.к. образа на обекта в скана (и на екрана) е хипербола. Това драстично усложнява интерпретацията на данните.

Принципът на действие на апаратурата за подповърхностно радиолокационно сондиране (георадар) се основава на излъчването на свръхширококолентови (наносекундни) импулси от метровия, дециметровия и сантиметровия диапазон на радиовълните и приемане на сигналите, отразени от границите на изследваната среда, имащи различни електрофизични свойства. Такива граници в изследваните среди се явяват контактът между сухи и влагонаситени почви- ниво на подпочвените води, контактите между скали с различни свойства, границите камък- въздух, почва- метал и т.н.

Георадарът открива метални обекти, тунели, гробници, кладенци, бункери и всичко, което се отличава от обкръжаващата среда. Този високо технологичен радар изследва обширни области с голяма прецизност. Хиляди квадратни метра площ може да бъде изследвана за един ден.

Използваният от нас георадар работи на дълбочина максимално до 25 метра (Лаб. Археогеофизика, 2007) с разделителна способност от 1- 15 сантиметра, като сканира и визуализира обекта в реално време (по време на изследването). Георадара не изисква интрузивен контакт. Той не поврежда изследваните обекти.

Позволява създаване на двумерни карти (срезове) на подземните обекти на различни дълбочини под земната повърхност чрез допълнителна компютърна обработка. Позволява създаване на тримерни реконструкции (3D образ) на точната форма и дълбочина на подземните обекти

Наличният георадар може да се използва и за изследване под вода в сладководни басейни (фиг. I.12.; Лаб. Археогеофизика, 2007).

Апаратура за Електропрофилиране, Вертикално електрическо сондиране и Електротомография

Ние прилагаме тези методи използвайки уред за измерване на привидното електрическо съпротивление, който е аналогичен на модела Accumeter Pro VI на Accurate locators.

Дълбочината му на работа е до 40 метра.

Това е точен резистивитиметричен геофизичен уред, измерващ съпротивлението на обектите в земята за откриване на рудни находища, пещери (кухини), тунели, гробници, вода или големи метални обекти. Подходящ е за търсене и локализиране на минерали, метали, опасни отпадъци, разливи, кухини и др. Приложим е за инженерни, геотехнически, еколожки и археоложки изследвания.

Електропрофилирането се извършва чрез пропускане на ток в земята и измерване на резултатното напрежение на повърхността. Дълбочината на изследването зависи от разстоянието между електродите. Мери се големината на съпротивлението, което зависи от вида на почвата, скалата, влажността, порестостта, влагата и особено от наличието на кухини. Прилага се за локализиране на аномалии в геоложките условия, детектиране и картиране на замърсявания, разливи, опасни отпадъци, минерали и др.

Вертикалното електрическо сондиране се използва основно за вертикално профилиране и определяне дълбочинността и дебелината на геоложките слоеве и аномалиите.

Изисквания за работа на археологически обекти!

Съобразно законите на Република България за работа на археологически обекти се изискват:

1. Копие от валиден открит лист за теренни геофизически измервания на археологически обекти издаден от Теренния съвет за археологически проучвания, който съдържа имената на членовете на лабораторията, които ще извършват измерванията или

2. Копие от валиден открит лист за археологически разкопки на обекта, издаден от Теренния съвет за археологически проучвания + възлагателно писмо на името на членовете на лабораторията, които ще извършват измерванията + осигуряване на присъствието на един от титулярите на открития лист през цялото време на теренните измервания.

Изключения от тези изисквания не се допускат при никакви обстоятелства!

Литература

- .Aittoniemi et al. (1986) US Patent 4,605,898, 7p.
- .Conyers L. B. (2004) Ground- penetrating radar for archaeology. Altamira press. Oxford, 201p.
- .Dermendjiev V., Shopov Y. Y., Buyukliev G. N. (1996) High- Precision Method of Cave Deposits Dating and an Implication for Archeometric Study. - Physical and Chemical Techniques (PACT) Journal 45, IV.7, pp. 307-312
- .Gardiner F. G. (1967) US Patent 3, 355,658, 4p.
- .Индустриални (технически) приложения на геофизичните методи (2015). Лаборатория по Археогеофизика- интернет страница: www.phys.uni-sofia.bg/bul/departments/ucsrt/agpl/index.html
- .Китов Г., М. Първин, Я. Шопов (2008) Проучване с георадар на могилата, Голямата косматка“ до с.Шипка. Археологически открития и разкопки през 2007 г. стр. 291-292
- .Лаб. Археогеофизика (2007). Лаборатория по Археогеофизика- интернет страница: www.phys.uni-sofia.bg/bul/departments/ucsrt/agpl/index.html
- .Шопов Я.Й., Дерменджиев Вл., Буюклиев Г. (1993) Нов метод за датиране на природни материали с периодична макроструктура. Авторско свидетелство за изобретение 51012, Бюлетин на ИНРА т.8, 1, с.20-21
- .Шопов Я. Й. (2007) Електропрофилиране на Омуртаговата могила- сп. Авангардни изследвания на древните българи, т.1, стр. 57-58; Отчети на Археологическия институт и музей на БАН, 2006 г.
- .Шопов Я.И. (2008) Възможности и ограничения на археогеофизичните методи.- в: “По пътя на миналото”- Сборник научни статии по повод 65- годишнината на д-р Георги Китов, ТЕМП, ИК Арос, София, стр. 204-209
- .Shopov Y., Diana Stoykova, Antoniya Petrova, Valentin Vasilev, Ludmil Tsankov (2008) Potential and limitations of the archaeo-geophysical techniques.- Geoarchaeology and Archaeomineralogy (Eds. R. I. Kostov, B. Gaydarska, M. Gurova). Proceedings of the International Conference, 29-30 October 2008 Sofia, Publishing House “St. Ivan Rilski”, Sofia, pp. 320-324.
- .Шопов Я. Й. (2009) Тайната на успехите на д-р Георги Китов - *Ави-Тохол (Авитохол)*, **31**, стр. 3-4