https://doi.org/10.48368/bgs-2021.1.N11

Geophysical study of Tumulus 39, Tumulus 33 and the near inter-mound space from the Eastern necropolis in Sboryanovo reserve

Christian Tzankov[1]

[1]-University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Department of Applied Geophysics, e-mail: ch.tzankov@gmail.com

Keywords: applied geophysics, archaeo-geophysics, magnetometry, magnetic gradiometry, aerial photography, orthophotomap, Sboryanovo reserve

Abstract:
The geophysical study presented, including magnetic gradiometry and aerial photography, was carried out in connection with a regular archaeological survey of Tumulus 39 (presumed Celtic sanctuary), Tumulus 33 and the near inter-mound space of the Eastern necropolis in Sboryanovo reserve. The ground geomagnetic measurements were undertaken as continuation of former surveys (2014) in the area of the sanctuary.
The geomagnetic measurements were performed on profile lines with a total length of 11,825 m, covering an area of 1.15 hectares. The obtained data was analysed, processed and interpreted. The created geomagnetic maps showed several anomalous magnetic zones of various nature and origin, which are suitable for guiding of future archaeological activities in the area of the Celtic sanctuary. Some of the magnetic anomalies were checked during subsequent archaeological excavations and various trenches and pits were discovered and reported, which supplement the information about the structure of the ritual complex.
The main conclusion, which is confirmed, is that in the area of Sboryanovo reserve the magnetic method provides very good and guiding results, which is facilitated by the properties of the subsurface environment and the characteristics of the archaeological objects and facilities under study.

Геофизично изследване на Могила 39, Могила 33 и близкото междумогилно пространство от Източния некропол в ИАР „Сборяново"

Християн Цанков[1]

[1]-Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", Катедра „Приложна геофизика", e-mail: ch.tzankov@gmail.com

Ключови думи: приложна геофизика, археогеофизика, магнитометрия, магнитна градиентометрия, аерофотография, ортофотокарта, ИАР Сборяново

Въведение

Историко-археологически резерват (ИАР) „Сборяново" обхваща територия от 800 хектара и е разположен в Североизточна България, на около 10 km от гр. Исперих, югозападно от с. Свещари (фиг. 1). Резерватът се отличава с изключителния характер на регистрираните археологически и културни паметници, които надхвърлят 140, обхващайки период от палеолита до края на Средновековието (Гергова 2004). Те включват древни селища, светилища и некрополи изградени и използвани от траки-езичници, българи-християни и хетеродоксни мюсюлмани, някои от които функционират и до наши дни.
Най-интересните открития и находки в ИАР „Сборяново" се датират I в. пр. Хр. и са свързани с културата и цивилизацията на Траките. Те свидетелстват за съществуването на важен политически, икономически и религиозен център, който най-вероятно е тракийският град Хелис – столица на Гетското царство (Anastassov et al., 2019).

Използването на широк спектър интердисциплинарни изследвания, в частност геофизичните методи, традиционно съпътстват редовно провежданите в рамките на резервата археологически проучвания (Gergova, 1992). От 1973 г. до 1975 г. прилагането на геофизични методи в района на резервата придобива систематичен характер, като в редица случаи геофизичните изследвания имат водеща роля при насочването на изкопните археоложки работи (Ставрев и Цанков, 2015). Най-известният обект, за откриването на който съществен принос имат проведените през този период геофизични изследвания (Радков и др. 1973, 1975), е Свещарската царска гробница с кариатиди, включена в списъка на световното културно и природно наследство на ЮНЕСКО.

В последните 15 години геофизичните изследвания в района на резерват Сборяново се извършват с помощта на модерна техника и усъвършенствана методика от различни изследователи, сред които инж. Илиян Катевски (Гергова и др., 2010), инж. д-р Никола Тонков (Тонков и Катевски, 2007), арх. Петър Зидаров (Зидаров и др., 2017; Зидаров, 2021), инж. д-р Християн Цанков (Цанков и др., 2015), инж. д-р Атанас Кисьов и др.

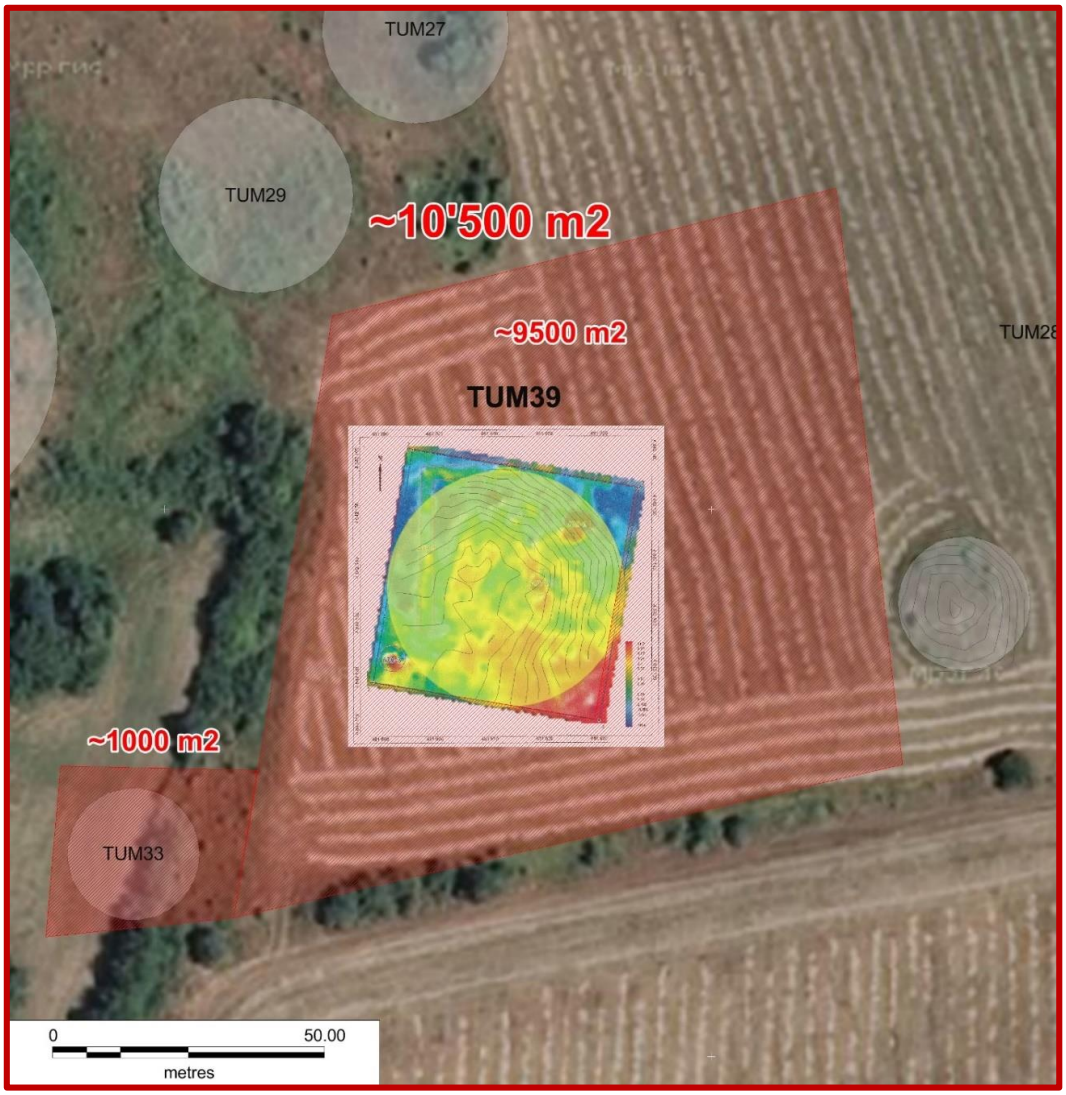
Представеното по-долу геофизично изследване, включващо магнитна градиентометрия и заснемане с дрон, е извършено във връзка с провеждане на редовно археологическо проучване в участък от ИАР „Сборяново“, интерпретиран като келтско светилище (Гергова и др., 2018, 2019, 2020), включващ Могила 39 (М39), Могила 33 (М33) и близкото междумогилно пространство, под ръководството на Проф. Диана Гергова и д-р Йордан Анастасов. Магнитометричните измервания се явяват своеобразно продължение на изследванията на М39, проведени с участие на членове на настоящия екип, работили в района през 2014 г. (Цанков и др., 2015, Гергова и др., 2017). Полевите геофизични работи са осъществени през 2018 г. на два етапа. Първият етап е в средата на месец септември в участъка около М39, а вторият – в края на първата половина на месец ноември в участъка около М33. Геофизичните измервания са реализирани от геофизик гл. ас. д-р Християн Цанков и геофизик гл. ас. д-р Атанас Кисьов от катедра „Приложна геофизика“ на МГУ „Св. Иван Рилски“.



Фигура 1. Обзорен Google Earth изглед към района на изследвания обект (червеният полигон)

Използвана апаратура

Геомагнитните проучвания са извършени с помощта на два протонни магнитометъра на канадския производител GEM Systems, Inc. Единият е двуканален протонен магнитометър модел GSM-19TGW, използван за определяне на вертикалния градиент на геомагнитното поле по проектните профилни линии. GSM-19TGW е подходящ за решаването на широка гама задачи свързани с измерване на тоталния вектор на геомагнитното поле и неговия вертикален градиент при провеждане на разнообразни геофизични, геоложки, геотехнически или археоложки проучвания, както и за продължителни мониторингови наблюдения в магнитни обсерватории, вулканоложки, сеизмологични изследвания и др. Другият магнитометър, модел GSM-19 (Overhauser), е използван за регистрация на денонощната вариация на геомагнитното поле. Високата разделителна способност на този уред го прави подходящ при решаване на редица задачи свързани с търсене и проучване на минерални находища; екологични и инженерни проблеми; картиране тръбопроводни трасета; локализиране на невзривени амуниции; археология и др.
Въздушното заснемане на обекта и околното пространство са заснети с дистанционно управляемо летателно средство (ДУЛС) – модел DJI Phantom 3 Pro. Квадрокоптерът Phantom 3 Professional на DJI е безпилотен дистанционно управляван летателен апарат – дрон, от среден клас. Гъвкавостта на управление, стабилността му във въздуха и вградената камера с висока резолюция окачена на триосна жироскопична стойка за стабилизация в реално време го правят изключително подходящ за разнообразни мисии свързани със заснемане, следене и картографиране.



Фигура 2. Обзор на района на изследванията с очертана проектна площ за изследване в червено с наложени резултати от геомагнитните измервания на М39 от 2014 г. (Цанков и др. 2015)

Предварителна подготовка

Съгласно предварителния план, проектната площ за изследване възлиза на около 10,5 дка. и обхваща пространството около М39, достигайки на изток до Могила 28 (М28), а на запад обхваща М33 и околностите й (фиг. 2).
Преди началото на измервателните работи е извършен предварителен оглед с цел оценка актуалното състояние на терена и условията за провеждане на геофизични изследвания. Екип от археолози и местни работници разчистиха част от терена от растителност и др. препятствия, затрудняващи нормалното провеждане на геофизични работи в проектната площ. В участъка около М39, с приблизителна площ 9,5 дка., който бе проучен през септември 2018 г., бе развита план-квадратна мрежа с размери 50 x 50 m, а в участъка около М33, проучен през ноември 2018, мрежата е с размери 25 x 10 m. На терена геодезически бяха отложени дървени колчета, очертаващи площите, в която са извършени последвалите геофизични проучвания (фиг. 2).

Техника и методика на геомагнитните измервания

Измерванията са извършени на два етапа. По време на първия е изследван източният участък около М39, а при втория – западният участък, в който попада М33. В първия участък, геомагнитните профили имат ориентация приблизително север-юг, а във втория изток-запад (фиг. 3). Изследванията са осъществени по успоредни профили отстоящи на 1 m един от друг. Измерването на геомагнитното поле е извършено чрез зигзагообразно обхождане по профилите. Хомогенното покритие на профилите с данни е постигнато при равномерен ход на оператора на магнитометър.



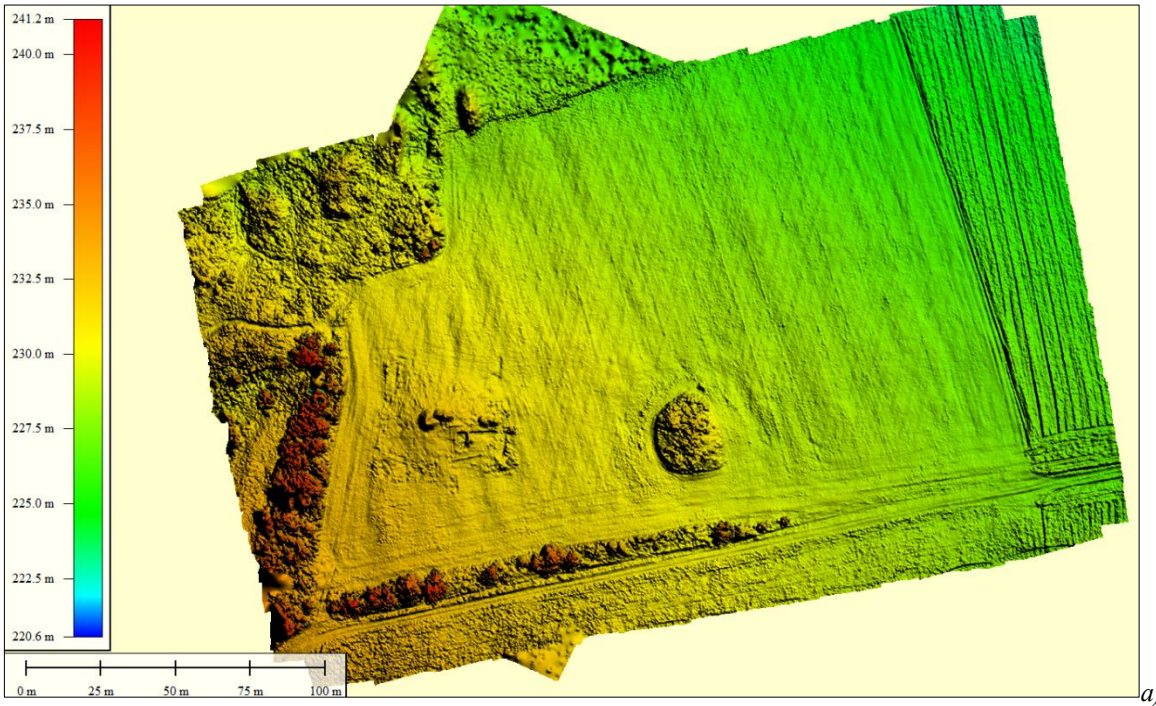
Фигура 3. Разположение на двата участъка върху ортофото карта с наложени измервателните точки от геомагнитните проучвания

Геомагнитните проучвания са реализирани с два магнитометъра. С първия е работено в режим „градиентометър с непрекъснат запис“ като измерването е извършено едновременно на две разположени вертикално на 135 cm едно над друго нива. По този начин, освен големината на интензитета на геомагнитното поле е определен и неговия вертикален градиент. Записът на данните за полето е осъществен при интервал от 0,5 s (2 Hz). Вторият магнитометър е използван като базова

станция. Поставен е в точка с незначителни стойности на хоризонталния и вертикалния геомагнитен градиент. Стойностите на денонощната вариация на магнитното поле в базовата точка (ВТ) са регистрирани на всеки 3 s (0,33 Hz).

В средата на източния участък, поради провеждане на археологически разкопки и струпване на земна маса е пропуснат правоъгълен участък с размери 37 x 25 m (фиг. 3). Също така, тази площ е проучена при геофизичните работи проведени през 2014 г. в резервата (фиг. 2).

Геомагнитните измервания в източния участък са извършени по 127 профилни линии с обща дължина 10 275 m, като покритата с измервателни точки площ възлиза на 10 дка. В западния участък профилите са 31 с обща дължина 1550 m върху площ от 1,5 дка. Общата дължина на измервателните геомагнитни профили за двете площи е 11 825 m, а изследваната площ е 11,5 дка.



а)



б)

Фигура 4. Цифров височинен модел на терена на района на укреплението (а) и ортофото мозайка (б) създадени по данни от втората летателна мисия (10 m височина)

Заснемане с дрон

Ортофото заснемането на терена е осъществено чрез две летателни мисии. Снимките са направени с максимална резолюция 12 Mpix и наклон на камерата -90°. Височината на полета при изпълнение на първата мисия бе 20 m над терена, а при втората – 10 m. Въз основа на получените изображения е създаден цифров височинен модел (фиг. 4а), който е използван за генерирането на ортофото мозайка (фиг. 4б). Получените резултати са използвани при анализа и интерпретацията на данните.
Общият брой изображения използвани за създаване на ортофото мозайките е 750. Заснетата площ е с размери 261 x 160 m, като покритието на модела възлиза на 41,76 дка.

Обработка на геофизичните данни и резултати

След края на полевия ден геомагнитните измервания са коригирани за денонощна вариация със стойностите от базовата станция (БТ) при референтно ниво T_{PH} = 48 250 nT по формулата:

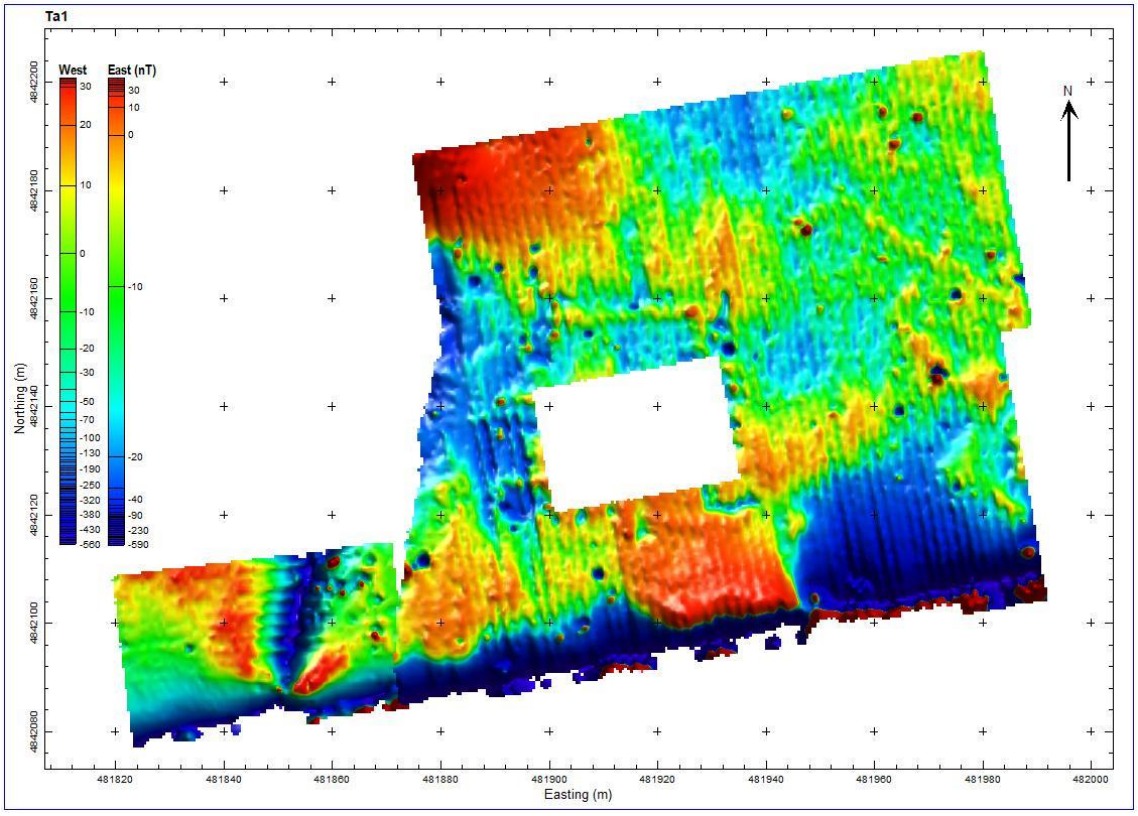
(1) $$T_{\text{кор}} = T_{\text{изм}} - T_{\text{БТ}} + T_{PH} .$$

След това данните от двата магнитометъра са прехвърлени на преносим компютър за по-нататъшна обработка. Допълнително е направена справка за характера на денонощната вариация и на геомагнитната активност в базата данни на Геомагнитна обсерватория Панагюрище (PAG).
Коригираните стойности на геомагнитното поле $T_{\text{кор}}$ спрямо базовата точка, както и стойностите на вертикалния градиент $\partial T/\partial z$ са въведени в таблица по колонки със съответните координати и коти. Координатите по X и Y са въведени в проекционна координатна система UTM-35N, както и в географски координати (WGS84). Котите са в Балтийска височинна система. Изчислено е и аномалното геомагнитно поле T_a към епоха 2018.5 съгласно модела на Международното геомагнитно референтно поле, епоха 2015 (IGRF-12).
Въз основа на обработените първични данни и с помощта на софтуер за генериране на гридове са създадени правоъгълни мрежи с гъстота на точките 0,5 x 0,5 m. Генерирани са следните базови цифрови модели на геомагнитното поле в КС UTM-35N:

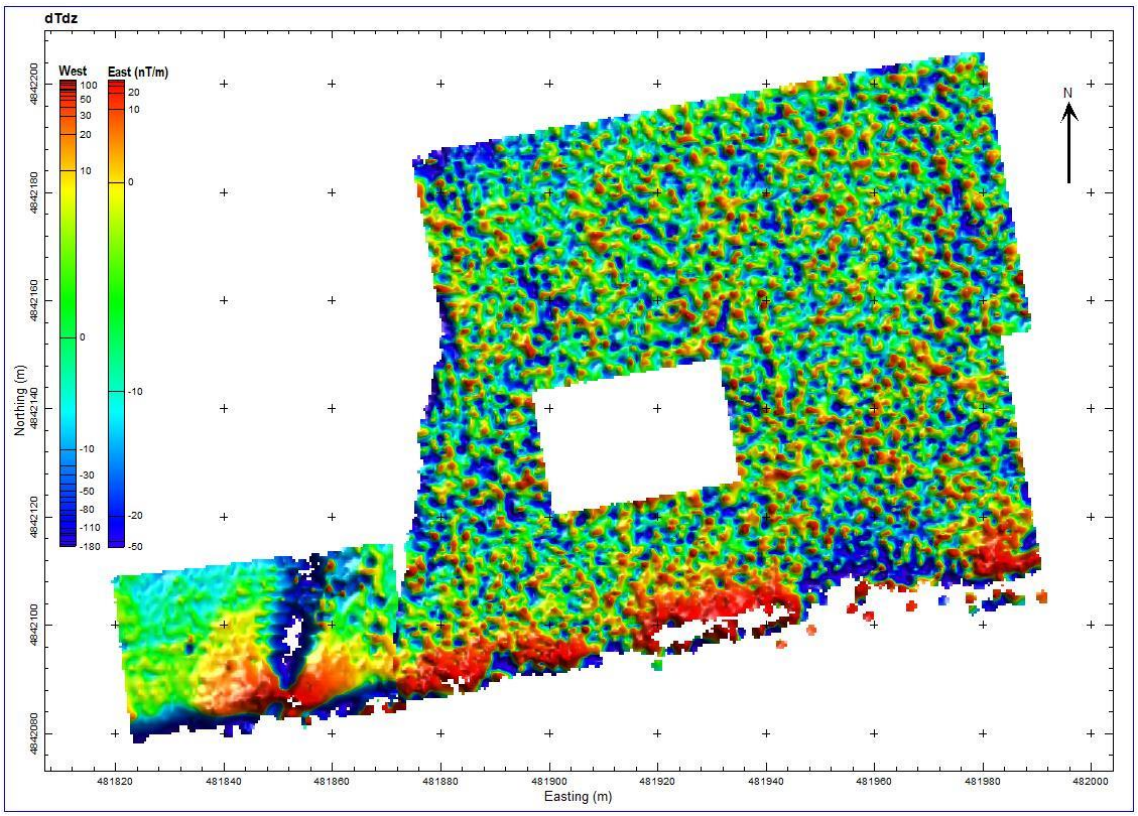
- Карта на аномалните стойности на тоталния вектор на геомагнитното поле за първото ниво (фиг. 5);
- Карта на вертикалния градиент на геомагнитното поле (фиг. 6).

Тези базови модели послужиха като основа за допълнителни трансформации на измереното геомагнитно поле, както и за последващите анализ и интерпретация.
За нуждите на интерпретацията, картата на аномалното геомагнитно поле T_{a1} за долното ниво на измерване е коригирана за отместването на данните по срещуположните профили – ефект, който се наблюдава при провеждане на геомагнитни профили по зигзагообразна схема, дължащ се на азимутната грешка на измервателната апаратура, както и на собственото магнитно поле на оператора. За това е подходящо прилагане не филтрация известна под названието микронивелиране (microleveling), която е използвана стандартно при обработката на геомагнитни данни за целите на археологията и аеромагнитните изследвания (фиг. 7).
Всички по-нататъшни трансформации на полето са приложени върху микронивелираните данни за долното ниво на измерване, тъй като те се характеризират с по-висок информационен потенциал за интерпретация за археологически цели. Направени са следните стандартни преобразувания, като са получени и съответните карти:

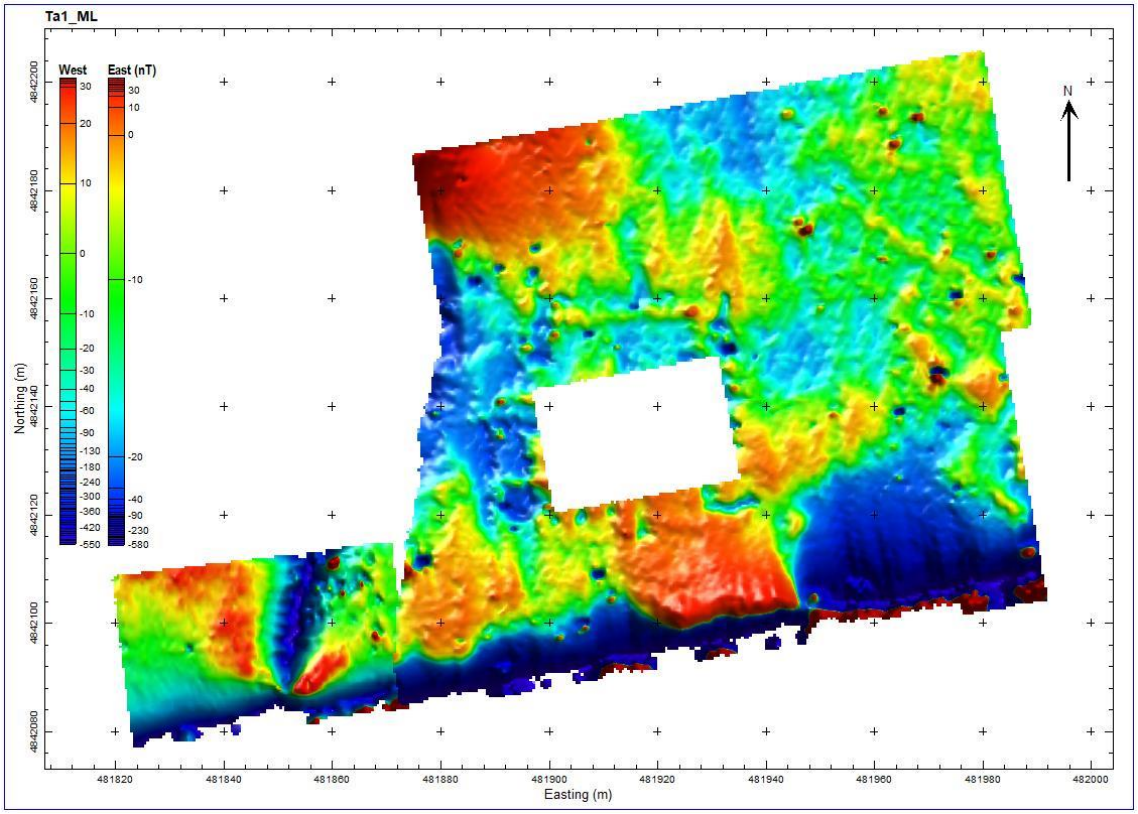
- Редукция към полюс /RTP/;
- Определяне на една съставяща на полето от друга /*Hx, Hy, Z*/;
- Определяне на хоризонталния магнитен градиент /*H*/;
- Аналитичен сигнал /AS/;
- Високочестотна филтрация при различни размери на филтрираните аномалии /HP10, HP20/.



Фигура 5. Карта на аномалното геомагнитно поле T_{a1} за долното ниво на измерване



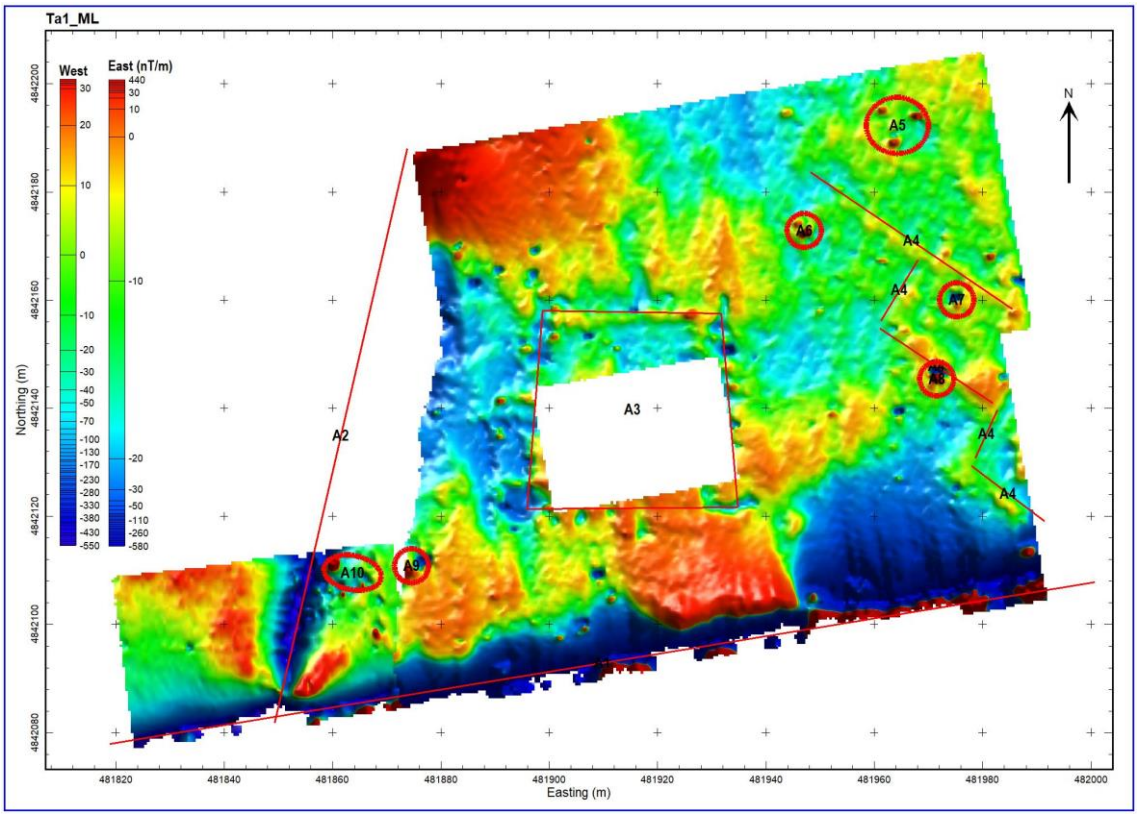
Фигура 6. Карта на вертикалния геомагнитен градиент *dT/dz*



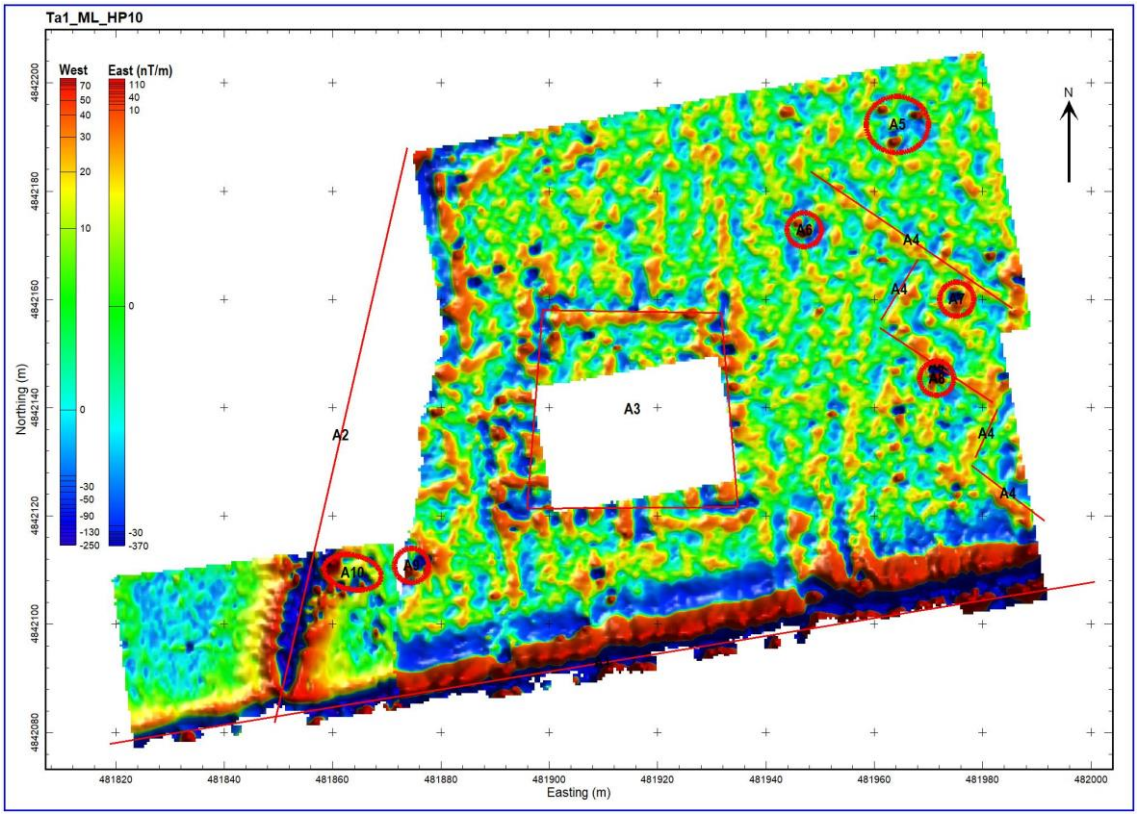
Фигура 7. Карта за първо ниво T_{a1} на измерване с приложено микронивелиране на данните

Анализ и интерпретация на геомагнитните карти

Събраните геофизични данни са обработени и интерпретирани.
Измереното геомагнитно поле се характеризира със сравнително постоянни стойности в по-голямата част от площта. Големи аномални стойности се регистрират по южната граница на магнитната карта, както и през централната част на М33 (фиг. 8 и 9). Най-вероятното това се дължи на наличието на метален водопровод свързан с намиращата се в непосредствена близост водна кула (аномалии А1 и А2).
Около проучения от археолозите участък от М39, т.нар. централен сектор от светилището, се очертава трапецовиден контур обозначен като аномалия А3 (фиг. 8 и 9). По форма той съвпада с резултатите от направените до този момент археологически проучвания (Гергова и др., 2018, 2019, 2020), които показват наличието на запълнено рововo ограждане около М39 и дублиращ ров извън заградената площ (фиг. 10).
В източния сектор от проучената площ се регистрират няколко слаби линейни аномалии, които оформят стъпаловидна форма, която е възможно да бъде свързана с неизвестна досега антропогенна структура. На фигурите тя е обозначена като аномалия А4 (фиг. 8 и 9). През 2019 г. този участък е проучен от археолозите чрез отваряне на шест сондажни изкопа (Гергова и др., 2020). Документирани са пет участъка от ров, както и две големи правоъгълни ями, съвпадащи с линеаментите на А4. За сравнение тук са представени план и профил на яма Fo199 локализирана при геофизичното проучване (фиг. 11).
В района на регистрация на аномалия А4 са локализирани и няколко малки изометрични аномалии очертани с кръгове (фиг. 8 и 9). Аномалия А5 се състои от 3 силни точкови аномалии – вероятни метални предмети. Аномалии А6, А7 и А8 също се очаква да са свързани с плитки метални (железни) предмети. Не е изключено тези аномалии да имат съвременен характер.

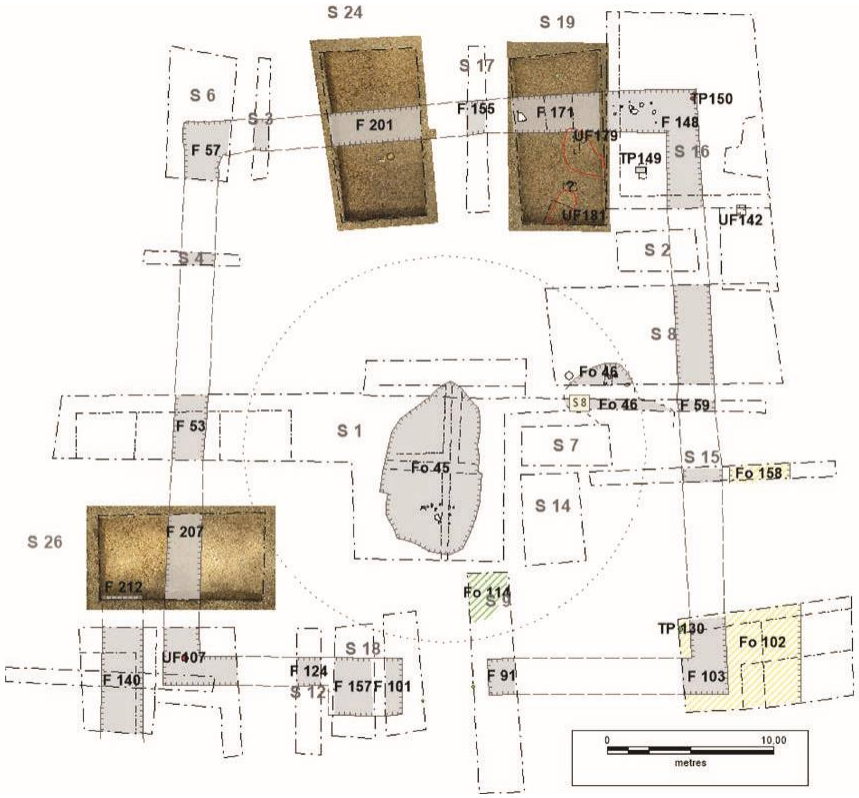


Фигура 8. Интерпретация на резултатите от геофизичните изследвания наложена върху аномалното геомагнитното поле за първо ниво T_{a1} с приложено микронивелиране на данните

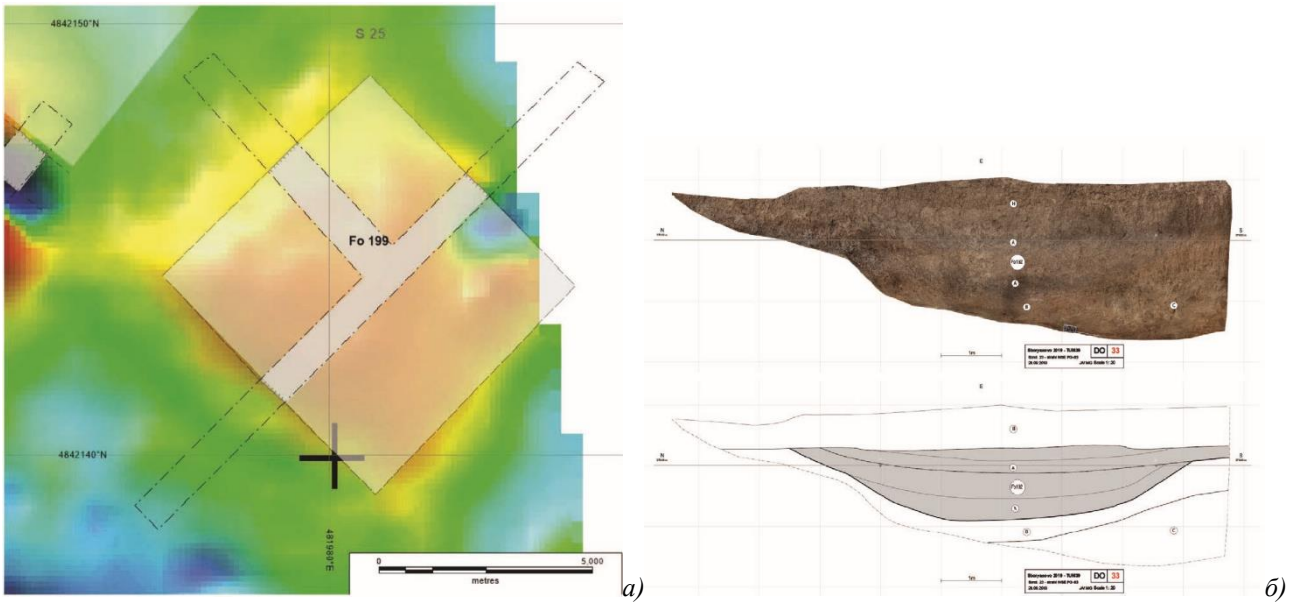


Фигура 9. Интерпретация на резултатите от геофизичните изследвания наложена върху аномалното геомагнитното поле за първо ниво T_{a1} с приложен високочестотен филтър за аномалиите с размер над 10 m

В участъка около М33 е регистриран силен смутител, вероятно метална тръба, която е обозначена като аномалия А2. Въпреки това са регистрирани две по-малки аномалии очертани с елипси – А9 и А10. Възможно е те да са свързани, но поради това, че са регистрирани при различни измервания и настройки на апаратурата са отбелязани поотделно. Според характера на аномалиите те могат да бъдат причинени от струпване на малки обекти с повишени феромагнитни свойства. Не е изключено да става въпрос за съвременни предмети – отпадъци.



Фигура 10. Общ план на проучените от археолозите площи в централния сектор на предполагаемото келтско светилище (цветните изкопи са разкрити и документирани от Гергова и др., 2020) с разположение на Могила 39 (кръгът в централната част на фигурата)



а) *б)*

Фигура 11. Част от магнитна аномалия А4 и сондажен изкоп S20 с план (а) и профил (б) на яма Fo199, намиращи се в източния сектор на предполагаемото келтско светилище (по Гергова и др., 2020)

Заключение

Във връзка с проведените през 2018 г. геофизични изследвания в района на Могила 39 и Могила 33 от ИАР „Сборяново“ в землището на с. Свещари, общ. Исперих, обл. Разград, могат да бъдат направени следните изводи и заключения:

- Обектът е изследван на два етапа, като са извършени геомагнитни изследвания с цел локализиране на гробни или други структури в рамките на могилните съоръжения и околомогилното пространство.
- Геомагнитните измервания са извършени по профилни линии с обща дължина 11 825 m, покривайки площ от 11,5 дка.
- Събраните геофизични данни са обработени и интерпретирани.
- Създадени са цифров височинен модел и ортофото карта на изследвания участък.
- В площта са набелязани разнообразни по характер и произход аномални магнитни зони, които са подходящи за насочване на бъдещи археоложки дейности в изследвания участък интерпретиран от археолозите като келтско светилище.
- Част от магнитните аномалии са проверени при последващи археологически разкопки, при което са разкрити и документирани различни ровове и ями, които допълват информацията за устройството на комплекса.

Основното заключение, което се затвърждава от гореизложеното е, че в района на ИАР „Сборяново“ магнитният метод дава много добри и насочващи резултати, за което способстват свойствата на вместващата земна среда и характеристиките на археоложките обекти, предмет на изследване.

В тази връзка, едно систематично проучване на по-големи територии от междумогилното пространство в района интерпретиран като келтско светилище, както и северно и източно от него, следва да хвърли нова светлина върху наличието и разпределението на структури и съоръжения в междумогилното пространство на резервата.

С цел повишаване скоростта и качеството на геомагнитите изследвания е подходящо внедряването на многоканални магнитни системи монтирани на ръчна количка или високопроходим автомобил (Зидаров и др., 2017).

Би било интересно да бъдат извършени тестови измервания и с други геофизични методи, като напр. георадар (Цанков и Янкова, 2013), електропрофилиране (Тонков, 2013; Цветков и Кисьов, 2016, Кисьов и др., 2020) или ЕМ, с цел оценка възможностите за разработване на съвременна рационална методика за провеждане на комплексни геофизични изследвания в района на ИАР „Сборяново“ и околностите.

Литература

Гергова, Д. Сборяново. Свещената земя на гетите. Изд. Български бестселър - Национален музей на българската книга и полиграфия ЕООД, София, 84 стр, 2004.

Гергова, Д., И. Катевски, М. Кузманов, К. Константинов, П. Стоянов. Проучвания на елинистическия некропол на гетския култов и политически център в резервата „Сборяново“. Археологически открития и разкопки през 2009 г., Изд. Авангард, София, стр. 212 – 214, 2010.

Гергова, Д., Й. Анастасов, Ж. Дезидери, М. Джос, Ф. Брус, К. Фехер, Х. Цанков, Ц. Попова, Г. Котас, Д. Жирарде, Г. Радославова. Редовно археологическо проучване на могила 39 от Източния некропол на ИАР „Сборяново“. Археологически открития и разкопки през 2016 г., Изд. Булгед ООД, София, стр. 215 – 217, 2017.

Гергова, Д., Й. Анастасов, Ж. Дезидери, М. Джос. Редовно археологическо проучване на келтското светилище (могила 39) от Източния некропол в ИАР „Сборяново“. Археологически открития и разкопки през 2017 г., Изд. Булгед ООД, София, стр. 124 – 126, 2018.

Гергова, Д., Й. Анастасов, П. Мениел, Ф. Брус, Х. Цанков, Ц. Попова, Г. Радославова, М. Джос, Ж. Дезидери. Редовно археологическо проучване на келтското светилище (Могила 39) от Източния некропол на ИАР „Сборяново“. Археологически открития и разкопки през 2018 г., Изд. Булгед ООД, София, стр. 157 – 159, 2019.

Гергова, Д., Й. Анастасов, Ж. Дезидери. Проучване на келтското светилище (Могила 39) от елинистическата епоха от Източния некропол в ИАР „Сборяново“. Археологически открития и разкопки през 2019 г., Кн. I, Изд. Булгед ООД, София, стр. 499 – 503, 2020.

Зидаров, П. В подножието на Свещарските могили или за ползите от магнитният метод в проучването на околомогилните пространства. 10-та Национална конференция по геофизика, 4 Юни 2021, София, 2021. (on CD).

Зидаров, П., Б. Матева, М. Николаева, К. Димитров, И. Петри. Магнитно картиране в подножието на гробницата с кариатидите в Свещари. Археологически открития и разкопки през 2016 г., Изд. Булгед ООД, София, стр. 732–734, 2017.

Кисьов, К., Ат. Кисьов, С. Христева. Геофизични проучвания на обект „Тракийски селищен център от V в. пр. Хр.“ до с. Васил Левски, общ. Карлово, обл. Пловдив. Археологически открития и разкопки през 2019 г., Кн. I, Изд. Булгед ООД, София, стр. 450 – 454, 2020.

Радков Р., И. Лозенски, П. Ставрев, Ч. Гюров. Разработване на рационална методика за провеждане на комплексни геофизични изследвания на археологични обекти в Исперихски район. Фонд НИС ВМГИ, Договор № 412, София. 1973.

Радков Р., И. Лозенски, П. Ставрев, Ч. Гюров. Геофизични изследвания на надгробни могили в Разградско. Фонд НИС ВМГИ, Дог. № 446, София, 1975.

Ставрев, П., Х. Цанков. Едно забележително откритие на приложната геофизика в археологията – Царската гробница с кариатиди край село Свещари. Сборник доклади от 7-ма Национална конференция по геофизика с международно участие „Геофизика 2015” – 25 години Българско Геофизично Дружество, 20-23 Май 2015, София, 2015. (on CD).

Тонков, Н. Геофизични методи в археологията оптимизиране на методиката за проучване на надгробни могили. Българско е-Списание за Археология, т. 2, Изд. Асоциацията на българските археолози, София, 403 стр., 2013.

Тонков, Н., И. Катевски. Геофизични изследвания за определяне дебелината на културния слой в района на обект „Водната централа” в археологическия резерват Сборяново. Stefanovich M., C. Angelova (eds.) PRAE, In Honorem Henrieta Todorova, Publ. Faber Ltd., Sofia, pp 333-336, 2007.

Цанков, Хр., Янкова, М. Георадарът навлиза широко в полевата геофизиката. Минно дело и геология, т. 5/6, стр. 31-35, 2013.

Цанков, Х., Р. Радичев, М. Янкова, А. Кисьов, Н. Кирилов. Геофизични изследвания за целите на археологията в археоложки резерват „Сборяново“. Сборник доклади от 7-ма Национална конференция по геофизика с международно участие „Геофизика 2015” – 25 години Българско Геофизично Дружество, 20-23 Май 2015, София, 2015. (on CD).

Цветков, А., Ат. Кисьов. Ръководство за упражнения по електрични методи в геофизиката. Издателска къща „Св. Иван Рилски”, София, 268 стр., 2016.

Anastassov, J., D. Gergova, F. Broes, P. Méniel, C. Tsankov, G. Radoslavova, M. Gios, J. Desideri. Sboryanovo (Bulgarie) – Nécropoles et territoire : bilan de la mission bulgaro-suisse en 2018. Swiss-Liechtenstein Foundation for Archaeological Research Abroad (SLSA) (Ed.). SLSA Annual Rapport annuel 2018. Zurich: Tamedia, pp 163-184, 2019.

Gergova, D. Helis II: Sboryanovo – Studies and Prospects. Proceedings of the Conference in Isperih, 8th December 1988. Sofia, IK Paraf, pp 9-22, 1992.