



UDK: 550.3(575.1)

*Nargizaxon TILLABOYEVA,*  
*O'zbekiston Milliy universiteti magistranti*  
*E-mail: nargizatillabaeva1810@gmail.com*  
*Abdulla KUSHAKOV,*  
*O'zbekiston Milliy universiteti professori, g.-m.f.d*

*PhD A.To'xtasinov taqrizi asosida*

### MAGNETOMETRY AND GROUND-PENETRATING RADAR INVESTIGATIONS AT THE DALVARZINTEPA ARCHAEOLOGICAL SITE (IN ENGLISH)

Annotation

This paper presents the results of magnetometry and Ground Penetrating Radar (GPR) investigations carried out at the Dalvarzintepa archaeological site in the Surkhandarya region. The main objective of the study is to identify subsurface architectural remains without excavation and to clarify the spatial organization of the site based on geophysical data. Field measurements revealed localized variations in magnetic field intensity, enabling the delineation of anomalous zones. GPR profiling provided subsurface sections at depths of 0.5–2.5 m and allowed the detection of reflective boundaries and structural discontinuities. Comparative analysis of the two methods demonstrated spatial correlation between magnetic and radar anomalies, suggesting the presence of buried wall remnants and construction elements. The integrated geophysical approach enhances the reliability of archaeological interpretation and provides a scientific basis for targeted excavation planning and heritage preservation.

**Keywords:** Archaeogeophysics, magnetometry, ground penetrating radar, Dalvarzintepa, subsurface anomalies, spatial layout, non-invasive investigation, architectural remains.

### МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГЕОРАДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКОМ ПАМЯТНИКЕ ДАЛЬВАРЗИНТЕПА (НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ)

Аннотация

В статье рассматриваются результаты магнитометрических и георадарных исследований, проведённых на археологическом памятнике Дальварзинтепа в Сурхандарьинской области. Основной целью работы является выявление подземных архитектурных структур без проведения раскопок и уточнение планиграфической структуры памятника на основе геофизических данных. В ходе полевых работ были зафиксированы локальные изменения интенсивности магнитного поля, пространственное распределение которых позволило выделить аномальные зоны. Георадарное зондирование обеспечило получение разрезов на глубине 0,5–2,5 м и выявление отражающих границ и структурных неоднородностей. Сопоставление результатов двух методов показало пространственную корреляцию аномалий, что свидетельствует о вероятном наличии остатков стен и строительных элементов. Комплексный подход позволил повысить информативность исследований и создать научную основу для последующего планирования археологических раскопок и сохранения объекта.

**Ключевые слова:** Археогеофизика, магнитометрия, георадар, Дальварзинтепа, подземные аномалии, планиграфия, неинвазивные исследования, архитектурные остатки.

### DALVARZINTEPA YODGORLIGIDA MAGNITOMETRIYA VA GEORADAR TADQIQOTLARI (O'ZBEK TILIDA)

Annotatsiy

Mazkur maqolada Surxondaryo viloyatida joylashgan Dalvarzintepa arxeologik yodgorligida olib borilgan magnitometriya va georadar tadqiqotlari natijalari tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi yer ostida saqlanib qolgan arxitektura elementlarini qazish ishlarisiz aniqlash hamda yodgorlikning ichki planigrafik tuzilishini geofizik ma'lumotlar asosida baholashdan iborat. Dala ishlari davomida magnit maydon intensivligidagi lokal o'zgarishlar qayd etilib, ularning fazoviy tarqalishi xaritalashtirildi. Georadar usuli yordamida esa 0,5–2,5 metr chuqurlik oralig'ida joylashgan qatlamlararo chegaralar va strukturaviy buzilish zonalarini aniqlashtirildi. Olingan natijalar magnit va radar ma'lumotlarining o'zaro mosligini ko'rsatib, aniqlangan anomalialar ehtimoliy devor qoldiqlari va inshoot elementlariga tegishli ekanini tasdiqlaydi. Kompleks yondashuv Dalvarzintepa hududida qadimiy shahar tuzilmasini rekonstruksiya qilish, qazish ishlarini maqsadli rejalashtirish hamda arxeologik obyektini saqlash choralarini belgilash uchun ilmiy asos yaratadi.

**Kalit so'zlar:** Arxeoгеофизика, magnitometriya, georadar, Dalvarzintepa, yer osti anomalialari, planigrafiya, noinvaziv tadqiqot, arxitektura qoldiqlari.

**Kirish.** So'nggi yillarda arxeologik yodgorliklarni o'rganishda noinvaziv geofizik usullarni qo'llash ilmiy tadqiqotlarning muhim yo'nalishiga aylandi[2]. An'anaviy qazish ishlari katta moddiy va vaqt resurslarini talab qilishi bilan birga, ayrim hollarda madaniy qatlamlarning buzilishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli magnitometriya va georadar (Ground Penetrating Radar – GPR) kabi zamonaviy usullar arxeologik obyektlarning yer osti tuzilishini aniqlashda samarali vosita sifatida keng qo'llanilmoqda.



1-rasm – O'zbekiston hududida ish joyining umumiy joylashuv xaritasi

Surxondaryo viloyatida joylashgan Dalvarzintepa yodgorligi Kushon davriga oid yirik urbanistik markazlardan biri hisoblanadi[3]. Yodgorlik hududida olib borilgan arxeologik tadqiqotlar uning murakkab planigrafik tuzilishga ega ekanligini ko'rsatadi. Biroq yer ostida saqlanib qolgan konstruktiv elementlarning fazoviy joylashuvi to'liq aniqlanmagan. Ayniqsa, mudofaa devorlari, ichki kommunikatsion yo'laklar va xo'jalik inshootlariga oid strukturalarning tarqalishi haqida geofizik asoslangan ma'lumotlarga ehtiyoj mavjud.

Magnitometriya usuli yer magnit maydonidagi lokal o'zgarishlarni qayd etish orqali antropogen obyektlarni aniqlash imkonini beradi[6]. Georadar esa elektromagnit impulslar yordamida qatlamlararo chegaralar va struktural buzilishlarni aniqlaydi[9]. Ushbu ikki usulning kompleks qo'llanilishi aniqlik darajasini oshirib, natijalarning o'zaro tekshirilishini ta'minlaydi. Mazkur tadqiqotning maqsadi Dalvarzintepa yodgorligida magnitometriya va georadar usullarini qo'llash orqali yer osti arxitektura elementlarini aniqlash hamda obyektning ichki makoniy tuzilishini ilmiy asosda talqin qilishdan iborat.

**Mavzuga oid adabiyotlar tahlili.** Dalvarzintepa yodgorligini o'rganishda tarixiy va geofizik manbalar muhim ahamiyatga ega. Abdullayev (1987) va Muhammadiyev (2001) asarlarida yodgorlikning tarixiy-urbanistik tuzilishi yoritilgan bo'lib, ular geofizik natijalarni talqin qilish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

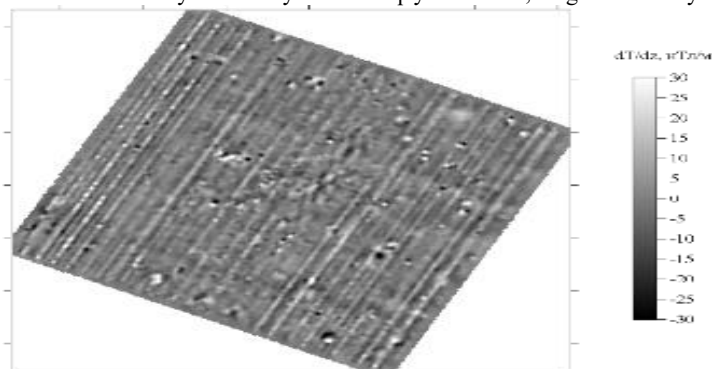
Tadqiqotning asosiy metodik manbasi - Zakirov A.Sh. va hammualliflar (2024) tomonidan yaratilgan "Неинвазивные методы геофизики в археологии Южного Узбекистана." asaridir. Unda magnitometriya va georadar usullarini qo'llash, ma'lumotlarni qayta ishlash hamda natijalarni kompleks talqin qilish tamoyillari bayon etilgan. Mazkur ish Dalvarzintepada olib borilgan tadqiqotlarning ilmiy-uslubiy asosini tashkil etadi[2].

**Tadqiqot metodologiyasi.** Dalvarzintepa yodgorligida geofizik tadqiqotlar kompleks yondashuv asosida olib borildi. Tadqiqot jarayonida magnitometriya va georadar usullari qo'llanildi. Magnit tadqiqotlar GSM-19 tipidagi protonli magnitometr yordamida amalga oshirildi. O'lchovlar parallel profillar tizimida olib borildi. Profil oralig'i va nuqta qadami bir xil saqlanib, dala sharoitida magnit maydon intensivligi nT birlikda qayd etildi[2].



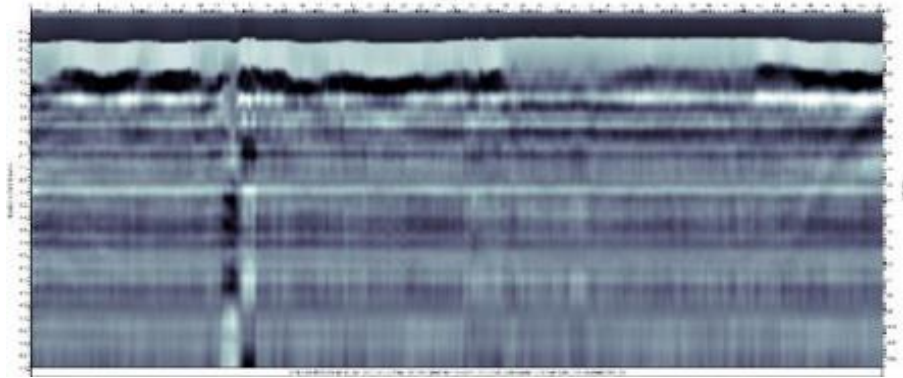
2-rasm. Dalvarzintepa aholi punkti hududidagi magnitorazvedka PL-2 uchastkasining joylashuvi[2].

O'lchovlar davomida tashqi geomagnit fon tebranishlarini hisobga olish maqsadida bazaviy kuzatuvlar ham amalga oshirildi. Olingan ma'lumotlar maxsus dasturiy ta'minot yordamida qayta ishlanib, magnit anomalialar xaritasi tuzildi.



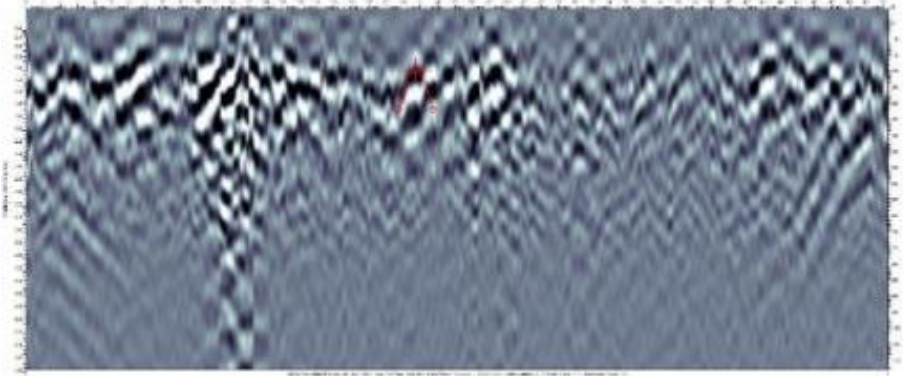
3-rasm - Magnit anomalialarning vertikal hosilasi xaritasi[2].

Georadar tadqiqotlari MALA ProEx turidagi GPR kompleksi yordamida bajarildi. 250 MHz va 400 MHz chastotali antennalardan foydalanildi. Zondlash chuqurligi o'rtacha 2,5–3 metrni tashkil etdi. Radarogrammlar dala sharoitida qayd etilib, keyinchalik filtratsiya, signalni kuchaytirish va vaqt–chuqurlik konvertatsiyasi amallari bajarildi. Amplituda kesimlari va gorizontal slicelar asosida strukturaviy elementlar ajratildi[2].



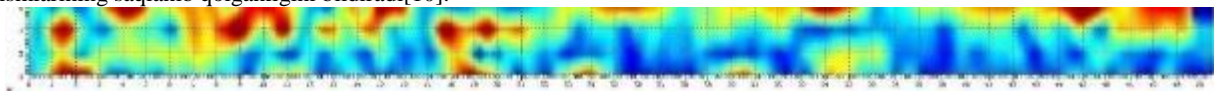
4-rasm. Georadar tadqiqot natijalari va PL-2 uchastkasi uchun radarogrammalar[2].

Har ikkala usul natijalari GIS muhitida integratsiya qilinib, fazoviy korrelyatsiya amalga oshirildi. Anomaliyalar shakli, yo'nalishi va intensivligi asosida ehtimoliy arxitektura elementlari talqin qilindi[4].

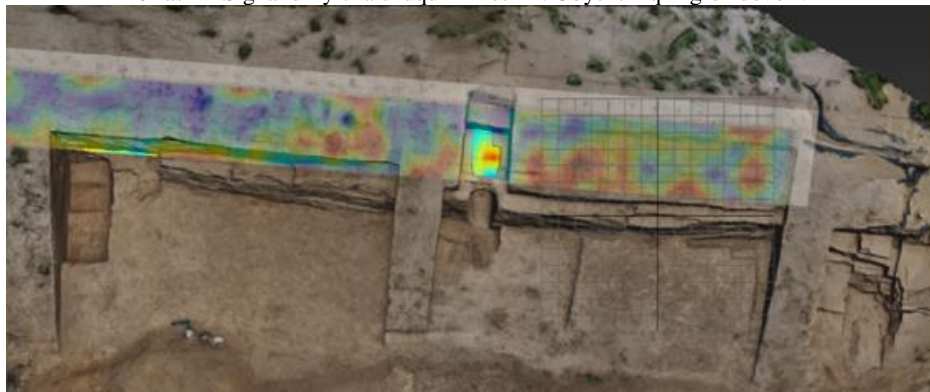


5-rasm. Qayta ishlash jarayonlarini qo'llashda difraksiyon to'lqinlar tezliklarni tahlil qilish jarayoni[2].

**Tahlil va natijalar.** Dalvarzintepa hududida o'tkazilgan magnitometriya tadqiqotlari natijasida yer magnit maydonining lokal o'zgarishlari aniqlanib, ular xaritalashtirildi. Magnit anomaliyalar to'g'ri chiziqli va burchakli shakllarda namoyon bo'lib, ayrim zonalarida intensivlikning sezilarli oshishi kuzatildi. Anomaliyalar fazoviy jihatdan bir-biriga parallel joylashgan bo'lib, ularning yo'nalishi yodgorlikning umumiy urbanistik tuzilishi bilan mos keladi. Bu holat mazkur zonalarida konstruktiv elementlar - ehtimoliy devor qoldiqlari yoki zich qurilish materiallari mavjudligini ko'rsatadi. Georadar kesimlari 0,5–2,5 m chuqurlik oralig'ida aks sado chegaralarini qayd etdi. Radarogrammalarda qatlamlararo uzilishlar, yuqori amplitudali reflektorlar va gorizontalar strukturaviy elementlar aniqlandi. Ayrim hududlarda radar signallarining kuchli qaytishi kuzatilib, bu yer osti arxitektura qismlarining saqlanib qolganligini bildiradi[10].



6-rasm - Signal bo'yicha chuqurlik kesimi. Obyekt – qo'rg'on devori.



7-rasm – Ma'lumotlarni murakkab talqin qilish natijalari. Qo'rg'on devori bo'yicha olib borilgan integrallashgan tadqiqotlar natijasida Georadardan olingan ma'lumotlar birlashtirilib, 3D modellar shaklida taqdim etildi. Georadar (GPR) ma'lumotlariga yondashuv orqali devor strukturasiidagi aks ettirilgan to'lqinlar va signallarni hudud relyefi bilan bog'lash imkoniyati yaratildi[2].

Magnit qidiruvda yetarlicha ma'lumotlar olinmagan bo'lsada zero radar ma'lumotlarini o'zaro solishtirish natijasida anomaliyalar moslashdi va bir xil zonalarida qayd etilgani aniqlandi. Bu esa aniqlangan obyektlarning antropogen xarakterga ega ekanligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar Dalvarzintepa hududida markaziy inshootlar va kommunikatsion elementlarning joylashuvini geografik asosda aniqlash imkonini berdi[3].

**Xulosa va takliflar.** Dalvarzintepa yodgorligida o'tkazilgan magnitometriya tadqiqotlari yer magnit maydonining lokal o'zgarishlarini aniqlash imkonini berib, ehtimoliy arxitektura elementlariga mos keluvchi anomalialarni ajratishga xizmat qildi. Georadar kuzatuvlari 0,5–2,5 m chuqurlik oralig'ida qatlamlararo chegaralar va reflektor zonalari aniqlab, yer osti konstruktiv elementlarining saqlanib qolgan qismlarini ko'rsatdi. Magnit va radar ma'lumotlarining fazoviy mosligi aniqlangan anomalialar antropogen xarakterga ega ekanligini tasdiqladi hamda ularning planigrafik tuzilish bilan bog'liqligini ko'rsatdi.

Kompleks geofizik yondashuv Dalvarzintepa hududida qadimiy shahar tuzilishini qazish ishlari olib bormasdan ilmiy asosda talqin qilish imkonini berdi. Tadqiqot natijalari kelgusidagi arxeologik izlanishlar uchun ustuvor uchastkalarini belgilash, qazish ishlarini optimallashtirish va yodgorlikni saqlash choralari ishlab chiqishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Dalvarzintepa hududida qayd etilgan magnit va radar anomalialarining fazoviy mosligi tadqiqot natijalarining ishonchligini oshiradi[8]. Magnitometriya asosan yuqori kontrastli obyektlarni aniqlashda samarali bo'lib, pishgan g'isht, paxsa yoki zich qurilish materiallari mavjud hududlarda aniq signal beradi. Shu bilan birga, tuproq tarkibi va namlik darajasi magnit maydon intensivligiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin. Dalvarzintepa joylashgan hududning to'rtlamchi davr allyuvial va lyoss yotqiziqlari magnit fonning nisbatan barqaror bo'lishini ta'minlagan, bu esa antropogen anomalialarni ajratib ko'rsatishni osonlashtirgan[5].

Georadar tadqiqotlari esa qatlamlarning vertikal tuzilishini aniqlash imkonini berdi. Ayrim joylarda signalning so'nishi yoki buzilishi tuproq namligining ortishi yoki qatlamlararo aralashuv bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shunga qaramay, radar kesimlari orqali aniqlangan strukturalar magnit anomalialar bilan mos kelgani ularning real arxitektura obyektlariga tegishli ekanligini tasdiqlaydi[7].

Kompleks yondashuvning ustunligi shundaki, bir usul bilan aniqlangan natijalar ikkinchi usul orqali tekshirildi. Bu esa noto'g'ri talqin ehtimolini kamaytiradi. Magnitometriya planigrafik ko'rinishni aniqlashda samarali bo'lsa, georadar chuqurlik bo'yicha aniqlik beradi. Shu bois Dalvarzintepa kabi ko'p qatlamli urbanistik yodgorliklarda usullarni birgalikda qo'llash ilmiy jihatdan asosli hisoblanadi. Olingan natijalar Dalvarzintepa hududining ichki tuzilishini qazish ishlari olib bormasdan baholash imkonini berdi hamda kelgusidagi arxeologik ekspeditsiyalar uchun ustuvor zonalarni belgilashga yordam beradi.

#### ADABIYOTLAR

1. Абдуллаев С.Н. Археологические памятники Южного Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1987.
2. Закиров А.Ш., Янбукhtин И.Р., Мамаразиков Т.У., Мусаев У.Т., Отажонова Ш.Х. Неинвазивные методы геофизики в археологии Южного Узбекистана. – Ташкент: Центр передовых технологий, 2024.
3. Мухаммадиев А. Далварзинтепа: археологическое наследие кушанской эпохи в Средней Азии. – Ташкент: Фан, 2001.
4. Новиков В.В., Каинов С.Ю., Власов Д.А., Сергеев К.С., Горин А.Д. Результаты электроразведочных и археологических исследований Лесной курганной группы Гнёздовского археологического комплекса // Геофизика. – 2018. – №6. – С. 82–90.
5. Мавлянов Г.А. Четвертичные отложения Средней Азии. – Ташкент: Издательство АН УзССР, 1958.
6. Смекалова, Т. Н., Voss, O., Мельников, А. В. (2007). Магнитные исследования в археологии. Санкт-Петербург.
7. Янбукhtин, И. Р., Закиров, А. Ш. (2023). Опыт применения неинвазивных методов геофизики при решении задач археологии. Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки, 42(1), 223–238. <https://doi.org/10.26117/2079-6641-2023-42-21-1-223-23>
8. Zakirov, A., Yanbukhtin, I., Mamrozikov, T., Ilyasov, D. (2023). Results of geophysical methods in the study of the ancient settlement Dalvarzintepa (Uzbekistan). In *Advances in On- and Offshore Archaeological Prospection: Proceedings of the 15th International Conference on Archaeological Prospection* (pp. 311–313). Universitätsverlag Kiel.
9. Conyers, L. B. (2004). *Ground-Penetrating Radar for Archaeology*. Walnut Creek: AltaMira Press.
10. Conyers, L. B. (2013). *Ground-Penetrating Radar for Archaeology*. Lanham: