

УДК 72.03 (477,63)

DOI: 10.30838/J.PMNTM.2413.270922.60.905

З ДОСВІДУ ГЕОРАДАРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ДІЛЯНЦІ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕРКВИ РІЗДВА БОГОРОДИЦІ У СЕЛІ МАЛА ПЕТРИКІВКА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

СЄДІН В. Л.¹, *докт. техн. наук, проф.*,УЛЬЯНОВ В. Ю.², *асист.*,КОВБА В. В.^{3*}, *канд. техн. наук, доц.*,ГОРЛАЧ С. М.⁴, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра інженерної геології і геотехніки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: sedin.volodymyr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

² Кафедра інженерної геології і геотехніки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: uluanov.vasiliy@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Кафедра інженерної геології і геотехніки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 588-46-71, e-mail: kovba.vladyslav@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-5140-8140

⁴ Кафедра інженерної геології і геотехніки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: horlach.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-6511-7574

Анотація. Постановка проблеми. Георадарні випробування, як складова геофізичних досліджень території, знаходять застосування і в історичній реконструкції – у нашому випадку на ділянці розташування церкви Різдва Богородиці в селищі Мала Петриківка (Дніпропетровська область). У ході досліджень проведено георадарну зйомку, якій передувала ретельний критичний аналіз історичних джерел. Вимірювання виконані за допомогою георадара МАЛА з робочими частотами 250 МГц і, обмежено, 800 МГц. **Мета статті.** Маючи за мету критичний перегляд історичного міфу, який тривалий час існував навколо цієї пам'ятки архітектури XVIII–XIX ст., необхідно було виявити підземні порожнини, а також провести пошук прихованих стародавніх конструкцій як на ділянках, прилеглих до будівлі церкви, так і безпосередньо в самій церкві. **Висновки.** У результаті проведених досліджень на георадарних профілях виявлено особливості відображення поверхневих та заглиблених будівельних конструкцій, віднесених до ділянок сухих та зволжених лесових ґрунтів даної території. На ділянках зволоженого лесового ґрунту будь-яких об'єктів на робочих глибинах при частоті 250 МГц прилад не відображав через високий ступінь згасання сигналу. Будь-яких істотних аномалій, які свідчать про наявність досить об'ємних лінійних підземних споруд, на георадарних профілях цієї ділянки не виявлено, що підтверджується обстеженням прилеглої території. Проведені дослідження можуть вважатися лише первинними і передбачають проведення подальших, більш детальних досліджень на вибраних ділянках, зокрема, й усередині самої будівлі. Оскільки відомостей про георадарні дослідження на території церкви та прилеглий площині виявити не вдалося, виконані спеціалістами ПДАБА дослідження можуть вважатися першими у своєму роді. Вони особливо цінні у світлі того, що намічено повну реставрацію храму.

Ключові слова: георадар; екрановані антени; здатність до осідання; діелектрична проникність; електромагнітні імпульси; радіохвилі

FROM THE EXPERIENCE OF THE GEORADAR SURVEY ON THE SITE LOCATION OF THE CHURCH OF THE NATIVITY OF THE VIRGIN IN THE VILLAGE MALA PETRIKIVKA, DNIPROPETROVSK REGION

SEDIN V.L.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,ULYANOV V.Yu.², *Assist.*,KOVBA V.V.^{3*}, *Ph. D., Assoc. Prof.*,HORLACH S.M.⁴, *Ph. D., Assoc. Prof.*

¹ Department of Engineering Geology and Geotechnics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: sedin.volodymyr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

² Department of Engineering Geology and Geotechnics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: uluanov.vasiliy@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Department of Engineering Geology and Geotechnics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (096) 588-46-71, e-mail: kovba.vladyslav@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-5140-8140

⁴ Department of Engineering Geology and Geotechnics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: horlach.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-6511-7574

Abstract. Problem statement. Ground-penetrating radar tests as a component of territory geophysical investigations are also used in the historical reconstruction – in our case, on the site of the Church of the Nativity of the Virgin in the village of Mala Petrikyvka (Dnipropetrovsk region). A ground-penetrating radar survey was conducted, preceded by a thorough critical analysis of historical sources. Measurements were done using MALA GPR with operating frequencies of 250 MHz and limited to 800 MHz. **The purpose of the article.** In order to critically reviewing the historical myth that existed for a long time around this architectural monument of the 18th-19th centuries, it was necessary to uncover underground cavities, as well as to conduct a search for hidden ancient structures both in the areas adjacent to the church building and directly inside the church itself. **Conclusions.** As a result of the conducted research, the features of surface and buried building structures attributed to the dry and moistened loess soils of this territory on GPR profiles were revealed. In areas of moistened loess soil, any objects at working depths at a frequency of 250 MHz were not displayed by the device – due to a high degree of signal attenuation. GPR profiles of this area did not reveal any significant anomalies, which indicate the presence of fairly voluminous linear underground structures, which is confirmed by the survey of the adjacent territory. The conducted investigations can be considered only primary and involve further, more detailed, studies on selected areas, including inside the building itself. Since it was not possible to find information about the previously performed ground-penetrating radar surveys on the territory of the church and the surrounding area, the surveys carried out by PSACEA can be considered the first of their kind. They are especially valuable in view of the fact that a complete restoration of the temple is planned.

Keywords: *ground-penetrating radar; shielded antennas; settling capacity; dielectric constant; electromagnetic pulses; radio waves*

Постановка проблеми

На початку липня 2016 року фахівці ПДАБА виконали геофізичне обстеження локатором підґрунтового зондування (георадаром) будівлі церкви Різдва Богородиці, розташованої у с. Мала Петриківка Петриківського району Дніпропетровської області.

Основним завданням досліджень було проведення інструментального обстеження приміщень храму з метою виявлення порожнеч (підвалів, склепів-криптів, вентиляційних каналів) під підлогами та в стінах, а також пошук розущільнених зон по периметру самої споруди [0]. До складу робіт входило георадарне обстеження [2–5] будівлі церкви та її прилеглої території за обраними профілями, а також візуальне та інструментальне обстеження нижньої частини будівлі церкви та маршрутне візуальне обстеження прилеглої до церкви території.

Слід особливо зазначити, що такі дослідження на подібних об'єктах зовсім не нові й досить часто зустрічаються в практиці георадарних робіт. Зокрема, відомі подібні розвідки на території національного заповідника Софії Київської, Успенського

собору Києво-Печерської лаври, Іллінської церкви – усипальні Богдана Хмельницького в Суботіві та ін. [6–11].

Церква Різдва Богородиці існує з 1812 року. Храм мав три престоли: головний – на честь Різдва Пресвятої Богородиці, другий – на честь святого апостола Андрія Первозваного, третій – на честь Святителя Миколая. Будівля церкви цегляна, оштукатурена, тридольна, з прямокутним у плані нефом, напівкруглою вівтарною частиною та виступаючим притвором. На західному, північному та південних фасадах – чотири колонні портики, завершені трикутними фронтонами (нині фрагмент портика із залишком колони зберігся лише на західному фасаді, ліворуч від входу). На початку ХХ століття стіни церкви були побілені, тому вона отримала назву «Біла церква».

Після 1917 року церква неодноразово зазнавала пожеж, а також змінювала своє функціональне призначення і на момент проведення робіт перебувала у напівзруйнованому стані. Останніми роками робляться спроби часткового ремонту частин будівлі церкви, які найбільше загрожують руйнуванням.

Загальний вигляд будівлі церкви та характер її пошкоджень наведено на рисунках 1 та 2.



Рис. 1. Загальний вигляд будівлі церкви з південного заходу



Рис. 2. Внутрішня центральна частина будівлі церкви та вітвар (вид із центрального входу на західній стороні)

Інженерно-геологічні умови території. У геоморфологічному відношенні ділянка досліджень приурочена до лівої берегової тераси р. Чаплинка, що є, своєю чергою, лівою притокою р. Оріль. Рельєф ділянки рівний, з незначним ухилом у південно-західному напрямку. Абсолютні позначки у

Балтійській системі висот не визначалися. Слід звернути особливу увагу, що безпосередньо на ділянці розташування храмів інженерно-геологічні дослідження не виконувалися, за винятком проходки шурфу глибиною до 4 м біля муру будівлі храму з метою розкриття фундаментів. За 40 м від будівлі з південно-західної сторони в 2015 р. було пройдено колодязь та обладнано його занурювальним насосом – із метою водопостачання ділянки.

Мета статті

Маючи за мету критичний перегляд історичного міфу, який тривалий час існував навколо цієї пам'ятки архітектури XVIII–XIX ст., необхідно було виявити підземні порожнини, а також провести пошук прихованих стародавніх конструкцій як на ділянках, прилеглих до будівлі церкви, так і безпосередньо в самій церкві.

Постановка проблеми

За даними інженерних досліджень та робіт із шурфування, біля муру будівлі церкви на суміжних ділянках у геологічному розрізі майданчика виділено сім інженерно-геологічних елементів (ІГЕ):

- ІГЕ-1 – насипні ґрунти, що зустрічаються локально як наслідок будівельної діяльності;
- ІГЕ-2 – ґрунтово-рослинний шар: суглинок чорний з корінням рослин потужністю 0,6–0,7 м;
- ІГЕ-3 – суглинок лесовий від жовто-бурого кольору, високопористий, твердий, карбонатизований, потужністю до 4,1 м, який складає основу фундаменту будівлі храму;
- ІГЕ-4 – суглинки лесові сірувато-жовті, зеленувато-сірі та жовто-сірого кольору, високопористі, тугопластичні, карбонатизовані, потужністю 9,1–9,5 м, здатні до осідання;
- ІГЕ-5 – супісок алювіально-делювіальний, водонасичений, потужністю 2,1–3,0 м;
- ІГЕ-6, 6а – алювіальні кварцеві водонасичені піски.

Гідрогеологічні умови майданчика не складні. Під час проходження колодязя розкрито один безнапірний ґрунтовий водоносний горизонт, віднесений до алювіально-делювіальних супісків ПЕ-5 та алювіальних кварцевих пісків ПЕ-6, -6а, що підстилають породи лесового комплексу. Установлений рівень води в колодязі зафіксований на глибині 14 м від денної поверхні. Середньорічна амплітуда коливань РГВ не більше ніж 0,5 м. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та припливів із територій.

За архівними даними, ще в 1902 р. стан будівлі церкви оцінювався як «поганий». Так само вона оцінювалася за паспортом будівлі від 1974 року. Реставраційні роботи за весь період експлуатації будівлі не виконувались.

За даними візуального та інструментального обстеження, включаючи роботи з шурфування, виконані фахівцями ПДАБА в серпні 2015 р. (керівник – проф. С. І. Головка), виявилось, що фундаменти будівлі церкви – стрічкові, бутові на вапняному розчині. Використовувався бутовий камінь із вивержених порід (гранітів) М800 на легкому розчині М4. Глибина залягання підшви фундаментів від планової позначки – в середньому 1 400 мм (або 1 940 мм, рахуючи від позначки «чистої» підлоги будівлі храму) при ширині 2 100 мм.

Фундаменти виконані в траншеях з укладанням буту «в розпір». Основа – незмінений ґрунт природного складання. Стіни будівлі церкви з глиняної цегли пластичного формування М50 на вапняному розчині М10. Товщина стін 1 200 мм. У технічному звіті за результатами робіт будь-яких відомостей про наявність приміщень під підлогою, як і про вентиляційні отвори і канали у стінах, не наведено [0].

Полюві дослідження виконувалися з використанням георадара «MALA ProEx» шведського виробництва – світового лідера з розроблення та виробництва георадарного

обладнання [12]. Під час зйомки покази радара та інша інформація відображаються на XV-моніторі або на екрані комп'ютера. Після початку збирання даних можна змінювати параметри екрана, кольори дисплея, налаштовувати посилення, не впливаючи на параметри запуску або запису системи. Ці функції полегшують редагування полів приміток та коментарів. Для створення та прийому радіохвиль використовують наземні екрановані антени з центральною частотою 250 та 800 МГц.

Георадарні дослідження [12–16], як вказано, проводились у будівлі церкви та за її периметром на прилеглий території.

На території навколо самої церкви розвідки виконували за системою поздовжніх і поперечних профілів, орієнтованих за периметром храму. Зважаючи на відсутність будь-яких даних з інженерно-геологічної будови ділянки досліджень і з метою більш точного виділення опорних шарів геоелектричного розрізу, профілі виконувалися по черзі, двома типами блоків антен із центральною частотою 250 і 800 МГц і з глибиною досліджень до 6–8 м и 2,5 м відповідно. За необхідністю на окремих профілях проводилося багаторазове повторення досліджень у прямому та зворотному напрямках, а паралельні профілі на ділянках виявлених аномалій згущувалися.

Довжини поздовжніх профілів, як правило, не перевищували 40 м, поперечних – 28 м. На ділянці виявленої лінійної аномалії з метою точного визначення її просторової орієнтації закладалися короткі паралельні профілі завдовжки не більше ніж 10 м із відстанями між ними до 2 м. Розбивку та прив'язку профілів виконували інструментальним способом.

Усередині храму дослідження проводилися так само за системою подовжених та вкорочених поздовжніх та поперечних профілів, розташованих відповідно до експлікації приміщень. Подовжені поздовжні профілі центрального залу були орієнтовані по основній осі храму (ПдЗх – ПнСх) і мали довжини до 22 м, а вкорочені розташовувалися в орієнтованих

на північну сторону суміжних приміщеннях і мали довжини до 10 м.

Суміжні з храмом приміщення з південної сторони від його центрального залу через захаращення будівельними матеріалами, обладнанням та церковним інструментом дослідженню не підлягали. Проте саме в одному з них, праворуч від вівтаря, за спогадами очевидців, нібито і містився вхід до підвальних приміщень під будівлею церкви.

Виходячи з цього, вкорочені поперечні профілі довжиною до 8 м проводили через центральну частину будівлі церкви. Як і на території навколо церкви, всередині будівлі також виконували неодноразове дублювання профілів в обох напрямках із використанням різних блоків антен.

Покази приладу записувалися та зберігалися у внутрішній пам'яті блока обробки та візуалізації даних георадара. Посилення, параметри фільтрації та обробки радіохвильових імпульсів обиралися таким чином, щоб забезпечити максимальне збільшення корисного сигналу порівняно з фоном та враховуючи різні перешкоди в умовах даної території.

Камеральні роботи з дешифрування георадарних профілів проводились із застосуванням стандартного програмного комплексу обробки даних георадіолокації GROUND VISION (версії 1 та 2) [12]. Обробку георадіолокаційного зондування здійснювали за стандартним графом, однотипно для всіх профілів (мета обробки – перетворення георадіолокаційних даних і відображення їх у розрізі, з усіма геологічними та техногенними об'єктами, котрі розташовані в досліджуваному середовищі). Для цього за допомогою різноманітних прийомів перешкоди та шуми послаблюються, а корисний сигнал наголошується. Так на розрізах виділяють аномальні області, притаманні локальним неоднорідностям у ґрунті.

Якщо відкриті порожнини під підлогою будівлі церкви видимим чином не відбиваються на радарограмах, то, враховуючи особливості фундаменту будівлі церкви, а саме – його ширину та

конфігурацію траншеї для забутування природним каменем під стіни, геологічну будову верхньої частини ґрунтової товщі (відсутність у межах досліджуваної площини до глибини 8 м, тобто до глибини реагування блока антен 250 МГц, глинистих ґрунтів, що містять вологу), основним критерієм наявності порожнин під підлогою будівлі може бути тільки різка відмінність положення опорних маркувальних горизонтів геоелектричного розрізу зовні й всередині будівлі. За відсутності таких відмінностей наявність порожнин під будівлею храму вважатиметься не доведеною.

Наявність розущільнених зон, пов'язаних із лінійними підземними спорудами невеликого перетину, також може відображатися присутністю на радарограмах чітко фіксованих куполоподібних (гіперболоїдних) структур.

Ще одним свідченням наявності підвальних приміщень під будовою церкви стала присутність майже на всіх радарограмах подібного типу так званого відбивного горизонту, котрий утворюється у випадку відбивання хвиль від стелі підвального приміщення, що виділяється горизонтальною безперервною прямою лінією.

Результати досліджень

Схема розташування георадарних профілів по периметру будівлі церкви та їх прив'язка наведені на рисунку 3.

Базові профілі периметра АВСД були закріплені біля будівлі кованими чотиригранними металевими штирями із закріпленням їх видимими в траві орієнтирами. Усього пройдено 10 георадарних профілів багаторазової повторюваності (загальною довжиною 1 084 пог. м).

Нижче подається характеристика профілів за типами.

Базові профілі АВ/ВА. Довжина профілю складає в середньому 39 м. Профілі пройдені за напрямком ПдЗх – ПнСх у прямому (на малюнку АВ) та зворотному (ВА) напрямках блоком антен 250 МГц.

Типовий георадарний розріз за профілем АВ наведений на рисунку 4. Маркувальні горизонти до глибини 3,9 м відображають лише особливості геологічної будови тришарової (фрагментарно малопотужний насипний ґрунт – ґрунтовий шар – лесоподібний суглинок) ґрунтової товщі. На радарограмі АВ на відстані 3,5 м від початку профілю на глибині 1,0 м фіксується об'ємна локальна аномалія, яка за характером відбивної поверхні подібна до предмета круглого перерізу (можливо, до фрагмента труби).

В інтервалі 15,5–24 м виявлено лінійну аномальну зону потужністю до 0,6 м (інтервал глибин 0,5–1,1 м), імовірно пов'язану з розуцільненням ґрунтів. В інтервалах 18–19 м, 23,7–24,7 м виявлено точкові аномалії на глибинах до 0,3 м. Радарограма за базовим профілем АВ / ВА з блоком антен 800 МГц до глибини 2,5 м в цілому аналогічна радарограмі з блоком 250 МГц. Дублюючі профілі АВ (1) / ВА (1) (блоки антен 250 та 800 МГц) завдовжки 38,8 м пройдені на відстані 1,5 м від профілю АВ / ВА.

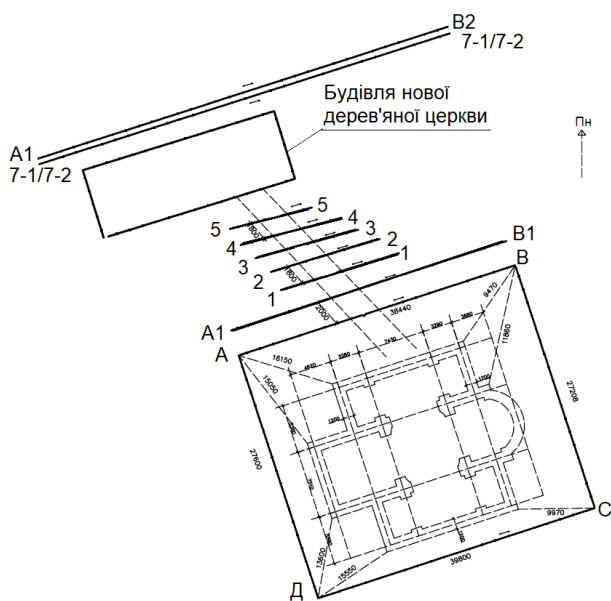


Рис. 3. Схема розташування георадарних профілів по периметру будівлі церкви та їх прив'язка (вказані початок, кінець та номери георадарних профілів, напрямок руху вказано стрілкою)

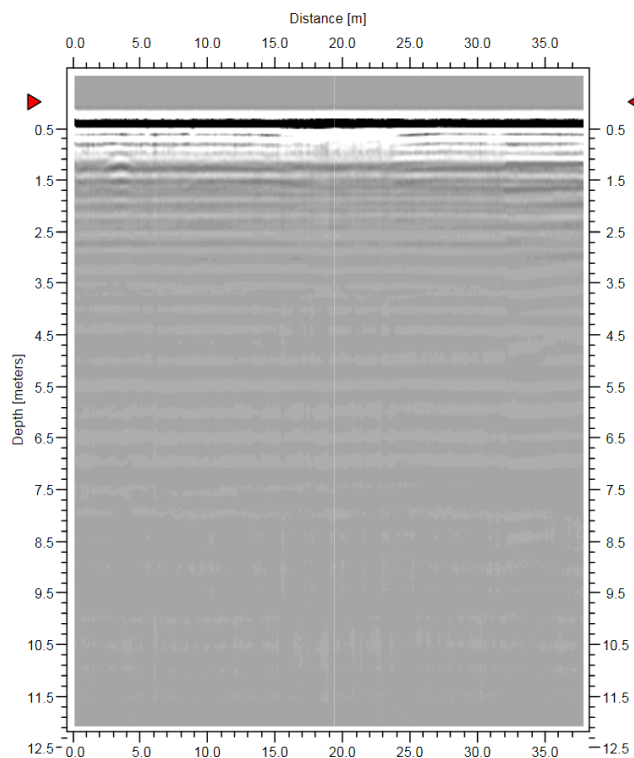


Рис. 4. Приклад відображення ґрунтового розрізу та виявлених аномалій на георадарному профілі АВ за допомогою блока антен 250 МГц у новій версії програми

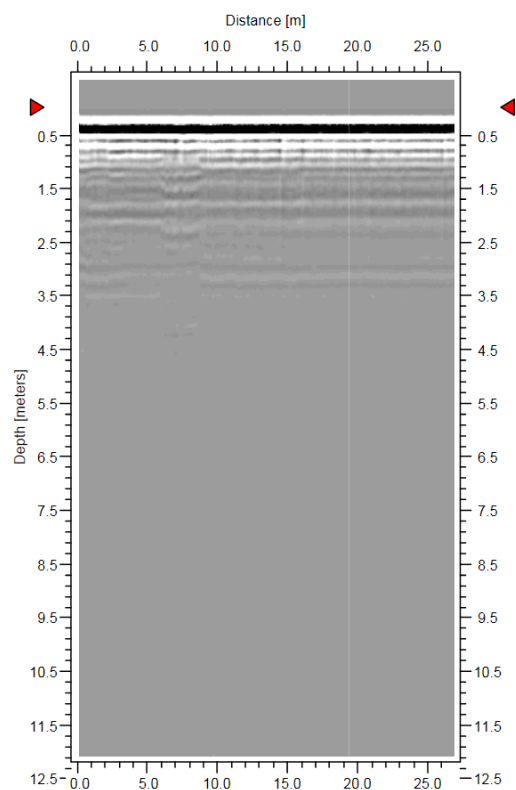


Рис. 5. Приклад відображення ґрунтового розрізу та виявлених аномалій на георадарному профілі ВС (виконано антенним блоком 250 МГц у новій версії програми)

Додаткові дублюючі профілі АВ(2) / ВА(2), 7-1 / 7-1, 7-2 / 7-2 завдовжки по 38,8 м пройдені за будівлею нової дерев'яної церкви в тому ж напрямку. Короткі 10 м завірювальні профілі 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5 пройдено на відстані 1,8 м один від одного паралельно до профілів АВ / ВА. Профілі АВ(1) / ВА(1) принципових змін геоелектричного розрізу також не виявили.

Базові профілі ВС / СВ. Довжини профілів складають у середньому 27 м. Профілі пройдені за напрямом ПнЗх – ПдСх у прямому та зворотному напрямках антенними блоками 250 МГц та 800 МГц з використанням обох версій програми обробки даних. Типовий георадарний розріз профілю ВС показаний на рисунку 5.

Геоелектричний розріз по всіх профілях ВС / СВ відображає особливості геологічної будови тришарової ґрунтової товщі. На радарограмі чітко відображується межі розділу між насипними ґрунтами, ґрунтами та лесовими суглинками, причому межа розділу між шарами ІГЕ-2 та ІГЕ-3 фіксується на глибинах 0,9–1,1 м, між ІГЕ-3 та ІГЕ-4 на глибинах 3,3 м. На розрізах, пройдених антенними блоками 250 МГц, в обох версіях програми на відстані від 6 до 8 м від точки В чітко фіксується об'ємна аномалія в інтервалі глибин 0,8–2,3 м, причому порожнеча на ділянці фіксується в інтервалі глибин 0,8–1,3 м повторними дублюючими профілями ВС (2), на яких простежується горизонтальне зміщення горизонтів, що відбиваються на відстані 6 м від точки В з амплітудою більше 0,2 м.

Судячи з характеру та форми аномалії, вона імовірно може бути пов'язана з давнім похованням або іншим порушенням, пов'язаним із розуцільненням ґрунтів. Інших змін у нижній товщі ґрунтів не виявлено. Виходячи з цього, потрібні перевірочні роботи.

Базові профілі СД / ДС. Довжини профілів складають у середньому 39 м. Профілі пройдені за напрямком ПдЗх – ПнСх у прямому та зворотному напрямках антенними блоками 250 та

800 МГц за старою та новою версіями програми. Геоелектричний розріз спокійний. Маркувальні горизонти до глибини 3,4 м відображають лише особливості геологічної будови тришарової (фрагментарно малопотужний насипний ґрунт – ґрунтовий шар – лесоподібний суглинок) ґрунтової товщі.

На радарограмі ЦД у лінійному інтервалі 24,8–34,0 м, рахуючи від початку профілю в точці С фіксується об'ємна малоглибинна (до 0,3 м) ділянкова аномалія, за характером відбивної поверхні подібна до межі розділення між насипними ґрунтами та ґрунтовим шаром. На відстані 10 і 15 м від точки Д на глибині 0,5 м виявлено точкові аномалії, пов'язані з металевими предметами. Змін у нижній товщі ґрунтів не виявлено.

Базові профілі ДА / АД. Довжини профілів складають у середньому 27 м. Профілі пройдено за напрямом ПнЗх – ПдСх у прямому напрямку блоком антени 800 МГц з використанням обох версій програми обробки даних. Геоелектричний розріз спокійний. На відстані 1,5 і 4,5 м від точки Д на глибині 0,2 м виявлено точкові аномалії, пов'язані з металевими предметами поблизу денної поверхні. Змін у нижній товщі ґрунтів не виявлено.



Рис. 6. Польові роботи на додаткових коротких георадарних профілях ділянки профілю АВ

Характер та особливості технології проведення польових робіт на профілях навколо будівлі церкви відображені на фото

(рис. 6). Спочатку місце передбачуваної даними польових робіт аномальної зони на ділянці між будівлями нової та старої церкви було попередньо закріплено металевими штирями. Однак під час обробки та аналізу радарограм на ділянці АВ / ВА її знаходження у зазначеному місці не підтвердилося.

Роботами з шурфування, виконаними в одній точці після 2016 р., виявити будь-які аномалії, зокрема, лінійні порожні об'єкти, також не вдалося. Інших земляних робіт на вказаному об'єкті не проводили.

У будівлі храму. Схему розташування профілів у будівлі церкви наведено на рисунку 7. Усього антеними блоками 250 та 800 МГц було пройдено 5 подвійних георадарних профілів загальною довжиною 200 м.

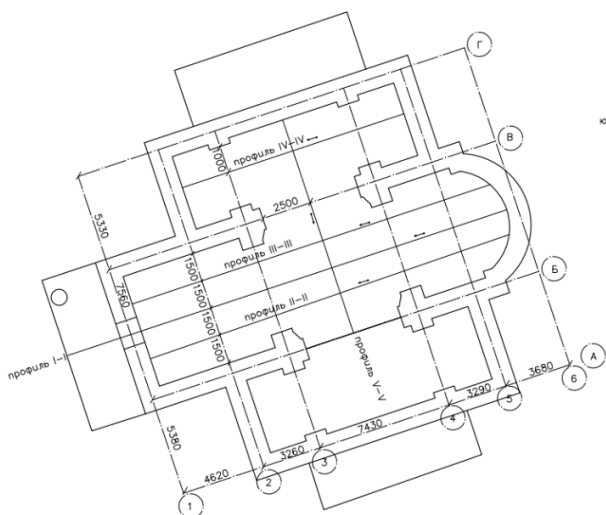


Рис. 7. Схема розташування профілів у будівлі церкви

Найдовший профіль I-I, (22 м) пройдено вздовж центральної осі будівлі за напрямком ПдЗх – ПнСх, рахуючи від початку ганку із західного боку до вітаря у східній частині будівлі. На радарограмі, обробленій за старою версією програми (рис. 8), під багат шаровим покриттям підлоги чітко видно контур котловану під фундаменти західного ганку і самої будівлі по осі 1–1 (т. 1, рис. 8) на позначці –1,3 м або –1,9 м, якщо рахувати від позначки чистої підлоги 1-го поверху, а також контур котловану під фундаменти стін в осях 2–2 та 3–3.

Фундаменти внутрішніх стін видно менш чітко, але вони простежуються по зміщенню відбивних горизонтів в інтервалі 7,5–14,0 м із видимою амплітудою до 0,2 м (т. 2, 3, рис. 8). На зображенні в лінійному інтервалі 14,0–16,0 м від початку профілю на ганку будівлі чітко проглядається об'ємна аномалія в інтервалі глибин 1,3–1,9 м (т. 5, рис. 8), подібна за характером відбивної поверхні до фрагмента фундаменту. Перед цією аномалією в інтервалі 11,5–13,5 м простежується в інтервалі глибин 1,1–1,5 м (т. 4, рис. 8) пустотна аномалія.

Слід зазначити, що по ширині аномалія, виявлена в інтервалі 14–16 м, удвічі ширша за аномалію, що відповідає фундаменту будівлі по осі 1–1 (1,2 м). За вказаною аномалією фрагментарно простежується аномальна зона, що відповідає за своїм станом фундаменту будівлі по осі 4–4 (т. 6, рис. 8). При цьому фундамент будівлі по осі 5–5 на радарограмі практично не фіксується.

На радарограмі, обробленій за новою версією програми, початок котловану під фундаменти та фундамент самої будівлі по осі 1–1 також простежується дуже чітко.

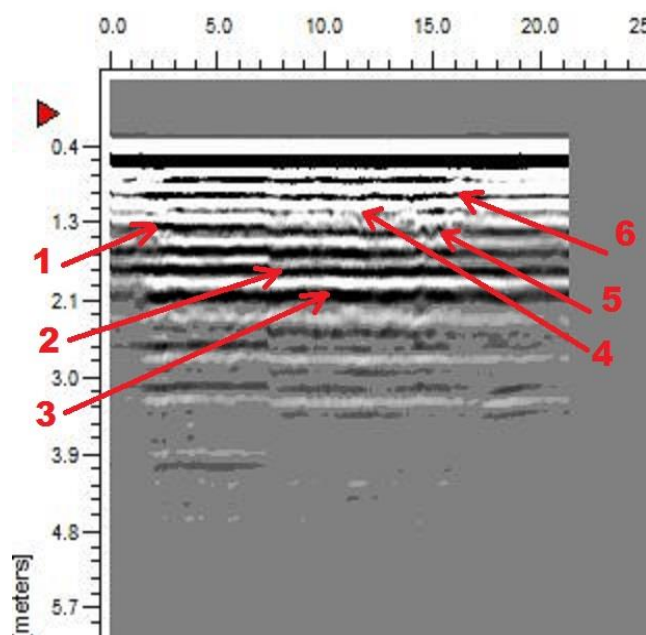


Рис. 8. Профіль I-I усередині храму, з орієнтацією ПдЗх – ПнСх, виявлений антенним блоком 250 МГц за старою версією програми

На самому профілі виділена за старою версією програми непроектна аномалія проглядається вже в лінійному інтервалі 15,0–16,5 м і в меншому інтервалі глибин (0,9–1,4 м). Характер відбивної поверхні аномалії подібний до фрагмента фундаменту або будь-якого іншого конструктивного елемента будівлі, що має, мабуть, непроектний характер. Порожнина, виділена за старою версією програми, під час обробки нової версії в інтервалі 11,5–13,5 м на радарограмі практично не фіксується. Межа між шарами ПЕ-3 та ПЕ-4 простежується на глибині 3,9–4,1 м.

Профілі II–II, III–III, IV–IV, V–V пройдені всередині будівлі церкви, причому профілі II–II, III–III є поздовжніми, паралельними профілю II–II, та коротші за нього на 3,0 м. Профіль IV–IV довжиною 10 м пройдено в приміщенні з північно-західної сторони. Профіль V–V довжиною 8 м поперечний, і проходить через геометричний центр будівлі. Профілі II–II, III–III в цілому подібні до профілю I–I, але, оскільки вони пройдені всередині будівлі, то відсутні аномалії від фундаментів стін по осі I–I. Профіль IV–IV довжиною 10 м пройдено у приміщенні з північно-західної сторони антенним блоком 800 МГц. Повністю пройти профіль неможливо, тому що ця частина будівлі храму виявилася також захищеною різними будівельними матеріалами, металевими та дерев'яними конструкціями.

На радарограмі під багатошаровим покриттям підлоги чітко простежуються аномалії, викликані, мабуть, відображеннями від стіни будівлі по осі V–V (ліворуч) і фундаментом стіни будівлі по осі III–III (праворуч). У центральній частині простежується локальна малоглибинна (до 0,4 м) аномалія.

Найбільший інтерес викликає поперечний профіль V–V, що проходить через геометричний центр головної зали

церкви між осями III–III та IV–IV (рис. 9). Зліва та справа видно відображення від фундаментів внутрішніх стін будівлі в осях Б та В. У центрі профілю, в інтервалі 2,5–3,5 м, чітко фіксується об'ємна непроектна аномалія до глибини дослідження.

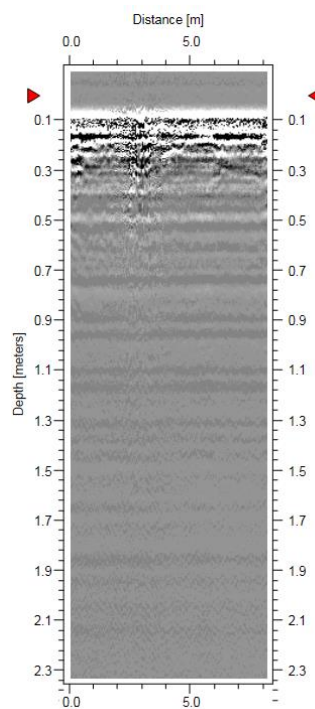
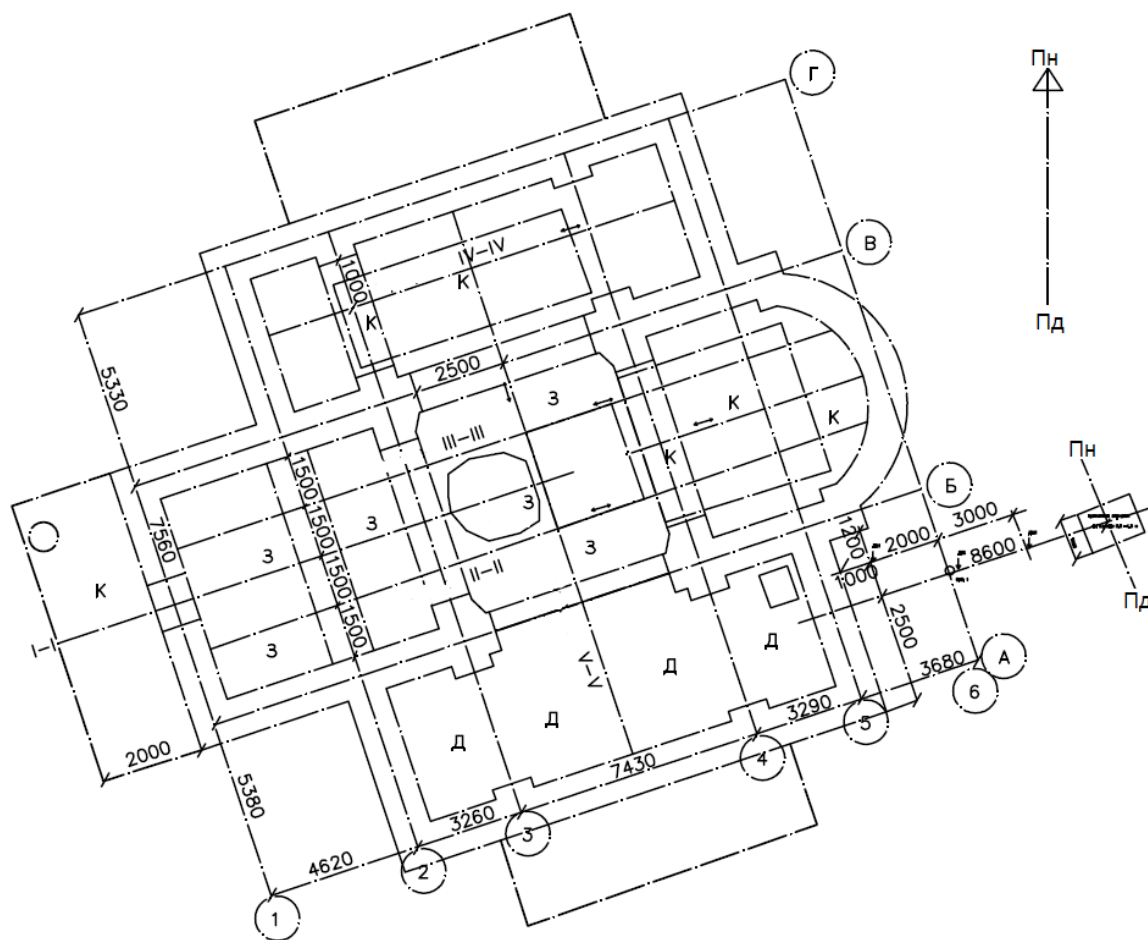


Рис. 9. Профіль V–V всередині будівлі церкви, з орієнтацією ПдСх – ПнЗх (виміряно антенним блоком 800 МГц за новою версією програми)

Ураховуючи, що одне зі свідчень наявності підвальних приміщень під церквою – присутність на радарограмах відбивного горизонту, що утворюється відображенням хвиль від стелі підвального приміщення і віддзеркалюється чіткою горизонтальною безперервною прямою лінією, зауважимо, що такого горизонту не було виявлено на радарограмах за профілями I–I, II–II, III–III, IV–IV, V–V. Схему виявлених імовірно аномальних зон навколо та всередині будівлі храму наведено на рисунку 10.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:


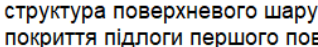






- | | | | |
|---|--|--|---|
|  | контури виявлених аномалій всередині будівлі церкви (імовірно контури фундаментів внутрішніх стін) |  | структура поверхневого шару покриття підлоги першого поверху: |
|  | контури інших об'єктів всередині і зовні | з – ґрунт | |
|  | імовірні контури пустотних аномалій у просторі будівлі церкви під підлогою | К – бетон | |
|  | імовірно місце входу до підпілля будівлі церкви | Д – дерев'яний настил | |
|  | свердловини ручного завірювального буріння |  | зони сейсмопрозвучування простору під підлогою |
|  | точки ручного динамічного зондування | | |

Рис. 10. Схема виявлених імовірно аномальних зон навколо та всередині будівлі храму

Результати додаткових обстежень будівлі храму та прилеглої території. Візуальні та інструментальні обстеження будівлі храму на обмеженій кількості ділянок виконувалися з метою пошуку порожнеч, вентиляційних ходів та димоходів на зовнішніх та внутрішніх стінах акустичним (простукуванням молотком) та термічним способами. Зважаючи на крайній і нерівномірний ступінь вивітрілості матеріалу цегляної

кладки 200-річної давності, виявити у такий спосіб порожнечі в стінах храму неможливо. Спроби виявити рух повітря в непроектованих отворах і нішах стін термічним способом також не дали результатів. Ознаки наявності нехай і зруйнованих отворів вентиляційного підвалу зовні будівлі теж не виявлено.

Очевидно, це пов'язано з тим, що обстежуваний храм належить до так званих «холодних» храмів, в яких відсутнє пічне опалення, що традиційно влаштовувалося в

підвальних приміщеннях, як наприклад, у Свято-Преображенському соборі (м. Дніпро) та у Свято-Вознесенській церкві (с. Семенівка Криничанського району). Це підтверджується й обмежено вибірково мікросейсмічним обстеженням окремих ділянок підлоги храму в центральній частині (біля вівтаря) та з північної сторони (з боку спочатку виявленої георадаром зовнішньої аномалії лінійного типу).

За необхідності для деталізації результатів обстеження рекомендується виконати додаткові дослідження виявлених акустично неоднорідних ділянок стін неруйнівними методами, у тому числі і тепловізійними.

Візуальне обстеження поверхні ділянки території храму виконано з метою виявлення провалів та вирв від осідання ґрунтових мас над підземними спорудами. На обстежуваній території поверхневі явища подібного генезису не виявлені, окрім ділянки існуючих поховань зі східної сторони церкви. Незначне осідання поверхні ґрунту площею до 1 м² було виявлене біля південно-східної стіни храму, ймовірно, на місці робіт із шурфування колишніх років, проведених для розкриття фундаментів. Видимих ознак засипання входів у підвальну частину будівлі храму зовні, у тому числі із західної сторони, де вони зазвичай розташовувалися, не виявлено.

Обстеження ділянки берегового укосу, що примикає до території церкви, над заплавою р. Чаплинка з метою пошуків нібито існуючого підземного ходу від церкви до річки результатів не дало. Імовірною причиною цього були постійні зсувні та обвальні процеси в берегових укосах, які складені з лесових ґрунтів. Укоси, на даній ділянці крутістю від 45 до 75°, можуть приховувати будь-які штучні порожнини малого перерізу, не обладнані зовнішніми захисними спорудами (кам'яними порталами).

Висновки

У результаті георадіолокаційного дослідження всередині будівлі церкви та на

прилеглий їй території можна стверджувати таке:

- за профілями АВСД по периметру будівлі в інтервалі глибин до 4 м якихось об'ємних аномалій, які можуть свідчити про наявність лінійних підземних споруд, не виявлено. Виняток становить лише ділянка профілю ВС, ймовірно, подібна за характером відбивних поверхонь зі старовинним похованням, але для підтвердження необхідні перевірочні роботи іншими способами;

- на профілях усередині будівлі церкви виразно фіксуються зовнішні та внутрішні, а також поздовжні та поперечні до головної осі будівлі (ПдЗх – ПнСх) фундаменти будівельних осей I–I, II–II, III–III, IV–IV, Б–Б, В–В в інтервалі 14–16,5 м по головній осі будівлі та в інтервалі глибин 0,9–1,9 м фіксується непроєктна малооб'ємна аномалія, підтверджена обробкою вихідних даних за старою та новою версіями програми;

- у випадку продовження робіт із генеральної реконструкції церкви, ділянки виявлених георадарним обстеженням аномалій усередині будівлі повинні бути додатково обстежені георадаром, а також засвідчувальним бурінням або динамічним зондуванням (останнє тільки на території церкви). Буріння свердловин може бути здійснене малогабаритними ручними або механізованими (з приводом від двигуна внутрішнього згоряння) буровими комплектами. Динамічне зондування може бути виконане ручними малогабаритними зондами, наприклад, зондом розробки ПДАБА.

Слід особливо наголосити, що через аварійний стан будівлі храму і крайнього ступеня вивітреності його стін, подібні роботи всередині будівлі церкви потребують суворого дотримання правил техніки безпеки.

Зауважимо, що хоча за результатами візуальних та інструментальних робіт порожнечі (димарі, вентиляційні короби) у стінах храму застосовуваними методами не виявлено, за необхідності для деталізації результатів обстеження рекомендовано

виконати додаткові дослідження виявлених акустично неоднорідних ділянок стін тепловізором.

Мікросейсмічним методом порожнечі під підлогою у приалтарній частині центрального залу церкви та з його північного боку не виявлені.

Аналіз наявної технічної інформації показує, що через відносно невелику глибину закладання фундаментів (–1,4 м від планової позначки), підтверджену шурфувальними роботами, незначні лінійні розміри (ширину) фундаментів, їх відносно малу висоту та відстань між ними та при невеликих загальних габаритах самої будівлі, розміщення функціонально значущих підвальных приміщень під будівлею храму в межах досліджуваних ділянок малоімовірне. Тим більше, що, за сучасними історичними даними, позначки закладання фундаментів існуючих храмів так званого «теплого типу» (тобто з пічним опаленням у підвальной частині) зазвичай містяться на глибині не менше ніж 2,5–2,8 м від денної поверхні. Це, однак, не виключає наявності поодиноких порожнин або розущільнень невеликого обсягу (наприклад, склепів тощо).

Також не виявлені явні ділянкові та лінійні форми провалу у рельєфі на безпосередньо прилеглий до будівлі храму території, за винятком невеликої ділянки

біля стіни будівлі з південно-східної сторони, імовірно, на місці робіт із шурфування колишніх років, а також пустотні аномалії на профілі ЗС з південно-східної сторони будівлі.

Обстеження ділянки берегового укосу, що примикає до території церкви, над заплавою р. Чаплинка з метою пошуків виходу з підземного ходу із зазначеної території до річки результатів не дають. Не виключено, що нібито існуючий, за розповідями місцевих жителів, підземний хід насправді міг би бути звичайним виходом дренажної системи, яка розташована на території церкви. А відсутність видимих елементів системи на радарограмах – це наслідок заповнення дренажних галерей піском, який звичайно вживається у практиці будівництва таких споруд (як, наприклад, на острові Валаам).

Слід особливо зазначити, що георадарне дослідження будови верхньої частини геологічного розрізу на вказаній території виконувалося вперше. Отримані матеріали, незважаючи на те, що мають достатньою мірою, попередній характер, перевірені багаторазово на дублюючих польових профілях і надалі можуть бути основою оцінювання стану ґрунтового масиву під будівлею церкви, представленої до масштабної реконструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт за результатами інструментального обстеження собору «Різдва Пресвятої Богородиці» у с. Мала Петриківка Петриківського району Дніпропетровської області. Дніпро : ПДАБА, 2015.
2. Денисов Р. Р., Капустин В. В. Обработка георадарных данных в автоматическом режиме. *Геофизика*. 2010. № 4. С. 76–80.
3. Капустин В. В. Дополнительные возможности компьютерной обработки георадарных и сейсмических данных. *Разведка и охрана недр*. 2005. № 12. С. 26–30.
4. Набатов В. В., Морозов П. А., Семенихин А. Н. Выявление подземных коммуникаций на площадке строительства с помощью георадаров с резистивно-нагруженными антеннами. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2012. № 10. С. 120–134.
5. Шилин А. А., Кириленко А. М., Знайченко П. А. Результаты интерпретации георадиолокационных исследований грунтовых массивов в городских условиях. *Транспортное строительство*. 2015. № 6. С. 19–23.
6. Бондар К. М., Бобровський Т. А., Цюпа І. В. Вивчення ефективності георадарних досліджень на території національного заповідника «Софія Київська» для вирішення археологічних завдань. *Геоінформатика*. 2016. № 4 (60). С. 75–80.
7. Старостенко В. И., Рыбин В. Ф., Звольский С. Т., Корчагин И. Н., Левашов С. П., Черевко И. А., Черный Г. И., Куцыба В. А., Кетов А. Ю. Памятники Киево-Печерской лавры : геолого-геофизические наблюдения и использование их результатов для сохранения заповедника. *Геофизический журнал*. 2006. Т. 28, № 6. С. 3–28.
8. Старостенко В. И., Рыбин В. Ф., Джепо С. П., Звольский С. Т., Кендзера А. В., Кожан Е. А., Корчагин И. Н., Кулик В. В., Левашов С. П., Омельченко В. Д., Скальский А. С., Черный Г. И.,

Бондаренко М. С., Ситникова В. А. Национальный заповедник «София Киевская» : геолого-геофизический мониторинг и его результаты. *Геофизический журнал*. 2005. Т. 27, № 3. С. 335–368.

9. Бондарь К. М., Хоменко Р. В., Чернов А. П., Кукса Н. В. Результаты георадарного обследования Ильинской церкви – усыпальницы Богдана Хмельницкого в Субботове. *Геофизический журнал*. № 3, т. 42. 2020. С. 175–194.

10. Борисов А. А. и др. Исследование подземных объектов и сооружений на внешней и внутренней территории Успенского собора Киево-Печерской лавры методом дистанционного электромагнитного зондирования : отчет по НИР. Киев : НИП Диаскарб, 1998. 154 с.

11. Левашов С. П. Геофізичні дослідження на території Звіринських печер м. Київ. *Геоінформатика*. 2004. № 2. С. 75–77.

12. Сєдін В. Л., Бауск Э. А., Ковба В. В., Ульянов В. Ю., Ієвлев С. В., Фролов М. О. Досвід перших георадарних досліджень на території Палацу студентів ДНУ центрального парку культури ім. Т. Г. Шевченка у м. Дніпро. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 4 (004). С. 85–97.

13. Goodman D., Piro S. GPR Remote Sensing in Archaeology. Heidelberg, London, New York : Springer, 2013. 233 p.

14. Conyers L. B. Ground-penetrating Radar. In: A. Gilbert (Ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Heidelberg, London, New York : Springer, 2017. Pp. 367–379.

15. Barilaro D., Branca C., Gresta S., Imposa S., Leone A., Majolino D. Case study. Ground penetrating radar (G.P.R.) surveys applied to the research of crypts in San Sebastiano's church in Catania (Sicily). *Journal of Cultural Heritage*. 2007. № 8 (1). Pp. 73–76.

16. Chernov A., Dziubacki D., Cogoni M., Bădescu A. First conclusions about results of GPR investigations in the Church of the Assumption of the Blessed Virgin Mary in Kłodzko, Poland. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*. 2018. № 7 (1). Pp. 123–128.

REFERENCES

1. *Zvit za rezul'tatamy instrumental'noho obstezhennya soboru "Rizdva Presvyatoyi Bohorodytsi" u s. Mala Petrykivka Petrykivs'koho rayonu Dnipropetrovs'koyi oblasti* [Conclusion based on the results of an instrumental examination of the Cathedral of the Nativity of the Blessed Virgin Mary in the village. Malaya Petrikovka, Petrikovsky district, Dnepropetrovsk region]. Dnipro : PSACEA, 2015. (in Ukrainian).

2. Denisov R.R. and Kapustin V.V. *Obrabotka georadarnykh dannykh v avtomaticheskoy rezhime* [Processing of GPR data in automatic mode]. *Geofizika* [Geophysics]. 2010, no. 4, pp.76–80. (in Russian).

3. Kapustin V.V. *Dopolnitel'nyye vozmozhnosti kompyuternoy obrabotki georadarnykh i seismicheskikh dannykh* [Additional possibilities of computer processing of georadar and seismic data]. *Razvedka i okhrana neдр* [Exploration and Protection of Mineral Resources]. 2005, no. 12, pp. 26–30. (in Russian).

4. Nabatov V.V., Morozov P.A. and Semenikhin A.N. *Vyavleniye podzemnykh kommunikatsiy na ploshchadke stroitel'stva s pomoshch'yu georadarov s rezistivno-nagruzhenymi antennami* [Revealing underground utilities at the construction site using georadars with resistive-loaded antennas]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining Information and Analytical Bulletin]. 2012, no. 10, pp. 120–134. (in Russian).

5. Shilin A.A., Kirilenko A.M. and Znaichenko P.A. *Rezultaty interpretatsii georadiolokatsionnykh issledovaniy gruntovykh massivov v gorodskikh usloviyakh* [The results of the interpretation of ground-penetrating radar studies of soil massifs in urban conditions]. *Transportnoye stroitel'stvo* [Transport Construction]. 2015, no. 06, pp. 19–23. (in Russian).

6. Bondar K., Bobrovskiy T. and Tsiupa I. *Vyvchennya efektyvnosti heoradarnykh doslidzhen' na terytoriyi natsional'noho zapovidnyka "Sofiya Kyiv's'ka" dlya vyrishennya arkhеологichnykh zavdan'* [Efficiency of GPR survey for archaeological targets detection in the National conservation area of "ST. SOPHIA OF KYIV"]. *Heoinformatyka* [Geoinformatics]. 2016, no. 4 (60), pp. 75–82. (in Ukrainian).

7. Starostenko V.I., Rybin V.F., Zvol'skiy S.T., Korchagin I.N., Levashov S.P., Cherevko I.A., Chernyi G.I., Kutsyba V.A. and Ketov A.Yu. *Pamyatniki Kiyеvo-Pecherskoy lavry : geologo-geofizicheskiye nablyudeniya i ispol'zovaniye ikh rezul'tatov dlya sokhraneniya zapovednika* [Memorials of the Kiev-Pechersk Lavra : geological-geophysical observations and application of their results for preservation of the reserve]. *Geofizicheskiy zhurnal* [Geophysical Journal]. 2006, vol. 28, no. 6, pp. 3–28. (in Russian).

8. Starostenko V.I., Rybin V.F., Dzhepo S.P., Zvol'skiy S.T., Kendzera A.V., Kozhan E.A., Korchagin I.N., Kulik V.V., Levashov S.P., Omelchenko V.D., Skalskiy A.S., Chernyi G.I., Bondarenko M.S. and Sitnikova V.A. *Natsional'nyy zapovednik "Sofiya Kiyevskaya" : geologo-geofizicheskiy monitoring i yego rezul'taty* [Sophia Kyiv National Reserve : geological and geophysical monitoring and its results]. *Geofizicheskiy zhurnal* [Geophysical Journal]. 2005, vol. 27, no. 3, pp. 335–368. (in Russian).

9. Bondar K.M., Khomenko R.V., Chernov A.P. and Kuskа N.V. *Rezultaty georadarnogo obsledovaniya Il'inskoy tserkvi – usypal'nitsy Bogdana Khmel'nitskogo v Subbotove* [Results of the ground penetrating radar survey in the church of St. Elias – Bohdan Khmelnytsky burial vault in Subotiv]. *Geofizicheskiy zhurnal* [Geophysical Journal]. 2020, no. 3, vol. 42, pp. 175–194. (in Russian).

10. Borisov A.A. and oth. *Issledovanie podzemnykh ob'ektov i sooruzheniy na vneshney i vnutrenney territorii Uspenskogo sobora Kievo-Pecherskoy lavry metodom distantsionnogo elektromagnitnogo zondirovaniya : otchet po NIR* [Study of underground objects and structures on the outer and inner territory of the Assumption Cathedral of the Kiev-Pechersk Lavra by remote electromagnetic sensing : research report]. Kyiv : NIP Diaskarb, 1998, 154 p. (in Russian).
11. Levashov S.P. *Heofizychni doslidzhennia na terytorii Zvirynetskykh pecher m. Kyiv* [Geophysical research on the territory of the Zvirynetsky Caves of Kyiv]. *Geoinformatika* [Geoinformatics]. 2004, iss. 2, pp. 75–77. (in Ukrainian).
12. Sedin V.L., Bausk E.A., Kovba V.V., Ulyanov V. Yu., Ievlev S.V. and Frolov M.O. *Dosvid first georadar data on the territory Palace of Students in DNU Central Park of Culture im. T. G. Shevchenko near the Dnipro metro station* [The experience of the first ground-penetrating radar surveys on the territory of the Palace of Students of DNU of the Central Park of Culture named after T. G. Shevchenko in Dnipro]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Life and Architecture]. 2021, no. 4 (004), pp. 85–97. (in Ukrainian).
13. Goodman D. and Piro S. *GPR Remote Sensing in Archaeology*. Heidelberg, London, New York : Springer, 2013, 233 p.
14. Conyers L.B. Ground-penetrating Radar. In: A. Gilbert (Ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Heidelberg, London, New York : Springer., 2017, pp. 367–379.
15. Barilaro D., Branca C., Gresta S., Imposa S., Leone A. and Majolino D. Case study. Ground penetrating radar (G.P.R.) surveys applied to the research of crypts in San Sebastiano's church in Catania (Sicily). *Journal of Cultural Heritage*. 2007, no. 8 (1), pp. 73–76.
16. Chernov A., Dziubacki D., Cogoni M. and Bădescu A. First conclusions about results of GPR investigations in the Church of the Assumption of the Blessed Virgin Mary in Kłodzko, Poland. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*. 2018, no. 7 (1), pp. 123–128.

Надійшла до редакції: 05.08.2022.