

УДК 550.837.6+550.379

ПІКАРЕНЯ Д.С., д.геол.н., професор  
ОРЛІНСЬКА О.В. \*, д.геол.н., професор  
ГАПІЧ Г.В., аспірант  
СОЛОМОНЧУК Д.А. \*, магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

\* Дніпропетровський державний аграрний університет

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ШТУЧНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ДОВКІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ РЕГУЛЮЮЧИХ ВОДНИХ БАСЕЙНІВ)**

**Вступ.** Ведення господарської діяльності людини в будь-якій галузі виробництва супроводжується впливом на оточуюче природне середовище. Одним з наслідків цього є велика кількість екологічно небезпечних об'єктів, таких як шламо- та хвостосховища, відстійники отруйних та небезпечних речовин, тощо. Не винятком є і водосховища на малих річках. Зазвичай для таких цілей використовують яри або балки, які перегороджують ґрунтовими греблями чи дамбами обвалування, котрі утримують певний об'єм води чи відходів. У випадку виникнення аварійних ситуацій на таких об'єктах завжди виникає загроза значних екологічних та економічних збитків.

Деякі штучні водні об'єкти збудовані не на річках і також є потенційно екологічно небезпечними. Наприклад, в сільському господарстві для цілей зрошення застосовують регулюючі басейни (РБ), збудовані безпосередньо на зрошуваних ділянках. Вони використовуються для накопичення та утримання води, що потрібна для зрошення сільськогосподарських культур. Такі басейни представляють собою квадратні або прямокутні у плані резервуари прісної води глибиною в декілька метрів, оточені з усіх боків земляними дамбами обвалування. Тривалий термін служби та недбала експлуатація таких басейнів може призводити до багатьох негативних екологічних явищ. Вода, що фільтрується з басейну, призводить до підняття рівня ґрунтових вод, поступового заболочування території, вторинного засолення ґрунтів, а також завдає значних економічних збитків, пов'язаних з роботою та наповненням басейну водою. Тому досить актуальним постає питання вивчення таких об'єктів та попередження можливих негативних екологічних наслідків. При цьому перевагу надають швидким та недорогим методам обстеження та діагностики; провідна роль належить геофізичним методам, які є доволі розповсюдженими при проведенні геологорозвідувальних робіт, але для обстеження гребель застосовуються обмежено.

В 2013 році авторами був вивчений один з таких регулюючих басейнів, що знаходиться на Калинівській зрошувальній системі в Синельниківському районі Дніпропетровської області. Зовнішні контури дамби басейну розмірами 100x100 м, а внутрішні 50x50 м, глибина 5 м, робочий об'єм 12 тис. м<sup>3</sup>. Схематичний розріз по дамбі наведено на рис.1.

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є вивчення фільтраційної властивості гідротехнічних споруд (дамби). Завдання дослідження – виявити ділянки фільтрації води з регулюючого басейну через дамбу, а також встановити глибину розповсюдження таких зон і напрямок потоку фільтрації.

Для виконання поставлених задач використано геофізичні методи природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) та вертикального електричного зондування (ВЕЗ). Розглянемо коротко підстави для застосування цих методів.

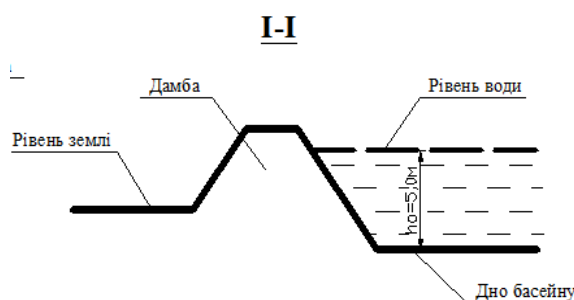


Рисунок 1 – Схематичний розріз через тіло греблі Калинівського регулюючого басейну

Метод ПЕМПЗ має широке застосування при пошуках води, рудних корисних копалин, зон підвищеної фільтрації та тріщинуватості і добре зарекомендував себе на багатьох геологічних та інженерно-технічних об'єктах [1]. Його фізичний зміст заснований на генерації електромагнітного поля гірськими породами або крихкими штучними матеріалами, що перебувають під впливом механічних сил стискування або розтягування. При зміні механічної напруги (навантаження) стрибкоподібно змінюється кількість електромагнітних імпульсів (ЕМІ): збільшення навантаження призводить до збільшення кількості ЕМІ, а у момент руйнування суцільності породи і утворення тріщин сколювання або відриву кількість імпульсів різко зменшується і надалі залишається дуже малим [2]. У разі заповнення тріщин водою відбувається ще більше поглинання ЕМІ. За аналізом схем кількості імпульсів ПЕМПЗ в тілі гідротехнічної споруди і прилеглих ділянках можливо виділяти зони різнонапруженого стану, прогнозувати області обводнення, замочування, фільтрації води і розвиток небезпечних інженерно-гідрогеологічних процесів [3]. Інакше кажучи, в обводнених зонах та зонах розущільнення відбувається поглинання електромагнітних імпульсів, що відображується зменшенням щільності потоку імпульсів магнітної складової ПЕМПЗ. Достоїнством методу ПЕМПЗ є також висока продуктивність і мала вартість робіт.

Метод вертикального електричного зондування (ВЕЗ) є одним із старих методів електророзвідки. Порівняльна простота і наочність ВЕЗ призвела до його широкого поширення і розвитку у всьому світі. Однією з основних вимог до застосування цього методу є контрастність за фізичними властивостями об'єкту вивчення відносно вміщуючого середовища. Для електророзвідки методами опорів, до яких відноситься ВЕЗ, це означає, що об'єкт (тіло, шар, пласт та ін.), що вивчається, повинен помітно (бажано у декілька разів) відрізнятися за питомим електричним опором від вміщуючих порід. Питомий електричний опір (ПЕО) гірських порід є параметром речовини, що характеризує її здатність пропускати електричний струм при виникненні електричного поля та вимірюється в омметрах. Він, в основному, залежить від питомого електричного опору породоутворюючих мінералів, пористості (тріщинуватості), вологонасиченості, питомого електричного опору порової вологи (безпосередньо пов'язано з солоністю підземних вод і температурою), глинистості тощо. Зв'язок ПЕО гірських порід з коефіцієнтом пористості (тріщинуватості), коефіцієнтом вологонасиченості і електричним опором порової вологи очевидний: чим більше води в породі (тобто чим більше пористість і вологонасиченість) і чим нижчий ПЕО води, тим нижчий і ПЕО гірських порід.

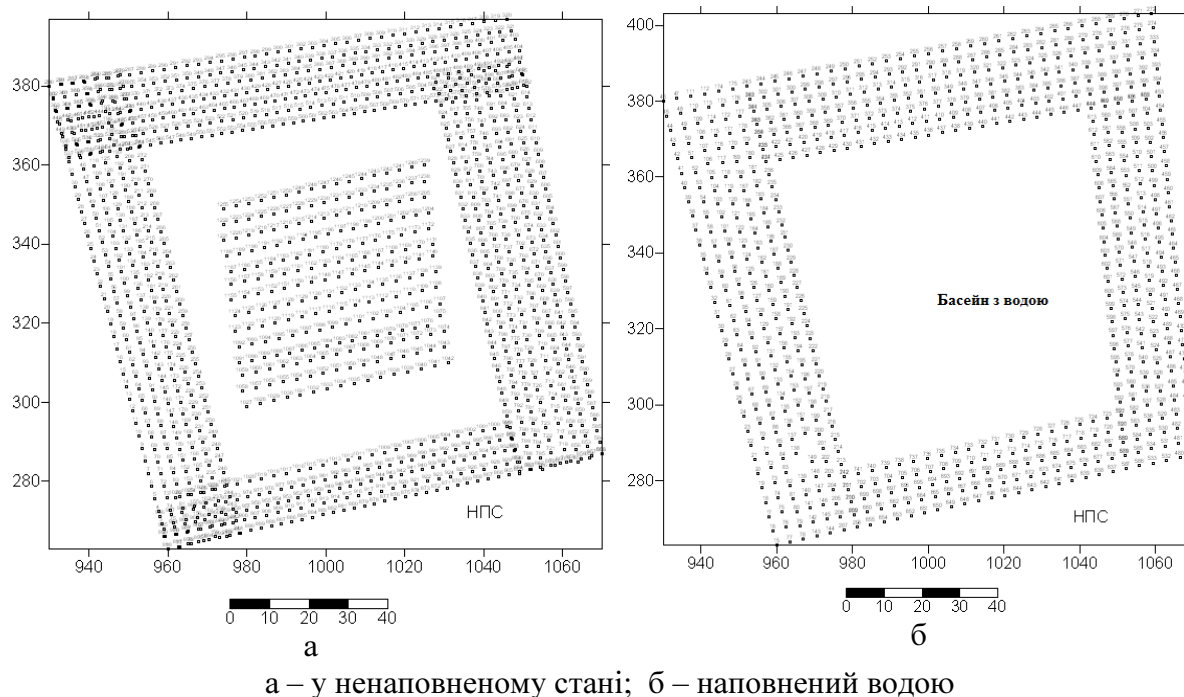
Проведення досліджень методом ВЕЗ відбувається зазвичай таким чином: на поверхні землі збирають електророзвідувальну установку, яка складається з двох живля-

чих електродів і двох приймальних. Це металеві штирі, які забиваються в землю та позначаються буквами А і В (живлячі) та М і N (приймаючі). До живлячих електродів підключають джерело струму, у землі виникає електричне поле і, відповідно, електричний струм. Силу струму в живлячій лінії ( $I_{AB}$ ) вимірюють за допомогою амперметра. На приймальних електродах М і N виникає різниця електричних потенціалів ( $\Delta U_{MN}$ ), яка вимірюється за допомогою вольтметра.

За результатами вимірів розраховується показник уявного електричного опору  $\rho_k$ , за яким можна судити про електричні властивості гірських порід на глибинах проникнення струму в землю. Глибина «занурення струму» залежить, в основному, від відстані між живлячими електродами А і В. Для зручного представлення результатів будують графік залежності  $\rho_k$  (в Ом·м) від рознесення (в м); він називається кривою ВЕЗ.

Методика робіт на регулюючому басейні складається з декількох етапів. Спочатку за допомогою ПЕМПЗ були визначені потенційно небезпечні зони та зони підвищеної фільтрації в плані. Потім за допомогою ВЕЗ на цих ділянках були встановлені глибини та напрямки фільтраційних потоків.

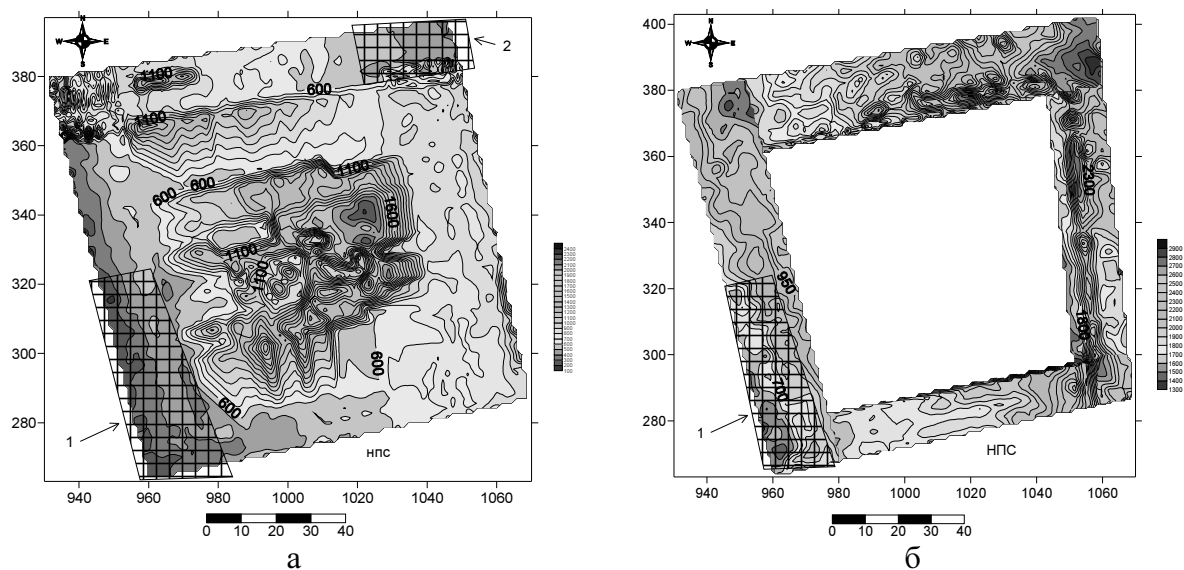
**Результати роботи.** Роботи ПЕМПЗ проводилися у два етапи. Спочатку було обстежено незаповнений водою басейн (сухий), а потім з робочим об'ємом води. Зйомка ПЕМПЗ проводилася в профільно-площовому варіанті з відстанню між профілями 3 м, між точками спостереження на профілі 3 м. Довжина профілів складає 110 м. Загальна кількість профілів та точок спостереження становить: незаповнений – 40 профілів 1255 точок (за рахунок обстеження дна басейну), заповнений водою – 24 і 724 відповідно. Профілі розташовуються згідно з розташуванням бортів басейну. Виміри проводяться в умовах світлового дня при ясній, жаркій погоді і слабкому вітрі. Спостереження ПЕМПЗ виконуються за допомогою приладу МИЕМП-14/4 (серія «СІМЕІЗ») з одночасним використанням трьох антен, орієнтованих за азимутами північ-південь, захід-схід і вертикально вниз на відстані 15-20 см від поверхні землі. Карта розташування точок спостереження наведена на рис.2.



а – у ненаповненому стані; б – наповнений водою

Рисунок 2 – Карта розташування точок спостереження щільності потоку магнітної складової природного імпульсного електромагнітного поля Землі Калинівського регулюючого басейну. По осях координат відкладені відстані в метрах. НПС – насосна станція підкачки

За результатами зйомки були побудовані карти щільності потоку магнітної складової ПЕМПЗ. Найбільш інформативною є карта, отримана для антени Захід-Схід (рис.3). На картах, побудованих для порожнього басейну (рис.3, а), чітко виділяються дві зони поглинання сигналу ПЕМПЗ. Одна з них (№1) розташована на східному борту басейна, ближче до насосної станції, друга – в північно-східному зчленуванні бортів. Судячи з рисунку поля ПЕМПЗ, дно басейна знаходиться в задовільному стані. Після заповнення басейну водою проведено додаткові дослідження ПЕМПЗ по його бортах. На побудованих картах-схемах ПЕМПЗ (рис.3, б) видно, що зона поглинання сигналу №1 співпадає з виділеною раніше, а друга зона на виділяється зовсім. Таким чином можна вважати, що зона поглинання сигналу ПЕМПЗ №1 є чітко встановленою та відповідає зоні фільтрації води крізь борт басейну.



а – порожній басейн; б – наповнений водою

Рисунок 3 – Карта-схема щільності потоку магнітної складової імпульсного електромагнітного поля Землі Калинівського регулюючого басейну. Антена схід-захід. По осях координат відкладені відстані в метрах. НПС – насосна станція підкачки. Штриховкою показано положення зон поглинання сигналу та наведені їх номери. Градаційна шкала характеризує щільність потоку магнітної складової в імпульс/сек.

Для визначення розповсюдження фільтрації води на глибину в межах виділених за допомогою методу ПЕМПЗ ділянок були проведені роботи методом вертикального електричного зондування. Роботи методом ВЕЗ проводилися у точковому варіанті, при цьому точки розташовувались як на борту греблі, так і у підніжжя (рис.4). Всього відпрацьовано 10 точок з використанням апаратури ШЕРС-5М з наступними параметрами: розноси АВ – 3, 4,5, 6, 9, 15 м, розноси MN – 1 м.

За результатами вимірювань були побудовані геоелектричні розрізи уявного електричного опору  $\rho_k$ . Аналіз розрізів показав, що їх можна згрупувати у 2 типи: 1-й тип (точки № 3, 4, 6, 7) характеризує нормальний стан ґрунтової дамби без суттєвої фільтрації. Полога частина кривої електричного опору відповідає природній вологості ґрунтів, а крута, майже вертикальна, характеризує наявність регіонального водотриву. На розрізах 2-го типу (точки № 2, 5, 7, 8) також виділяється дуже полого частина кривої  $\rho_k$  та крута вертикальна. Перша характеризує зону обводнення ґрунтів та тіла дамби, а її перегин – наявність регіонального водотриву. В точках № 9, 10 результати некоректні

із-за наявності в цій частині тіла дамби залізних труб, що сполучають РБ з насосною станцією. Приклади геоелектричних розрізів наведені на рис.5.

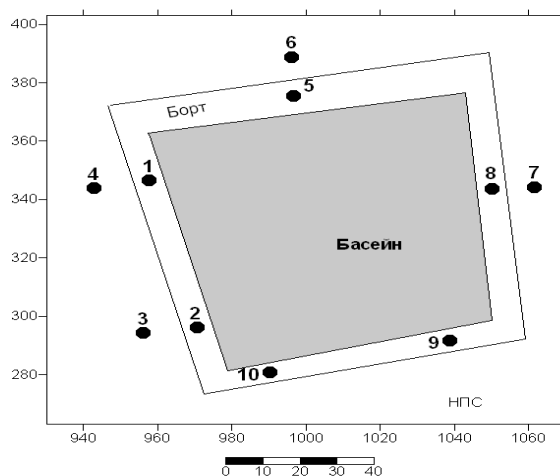
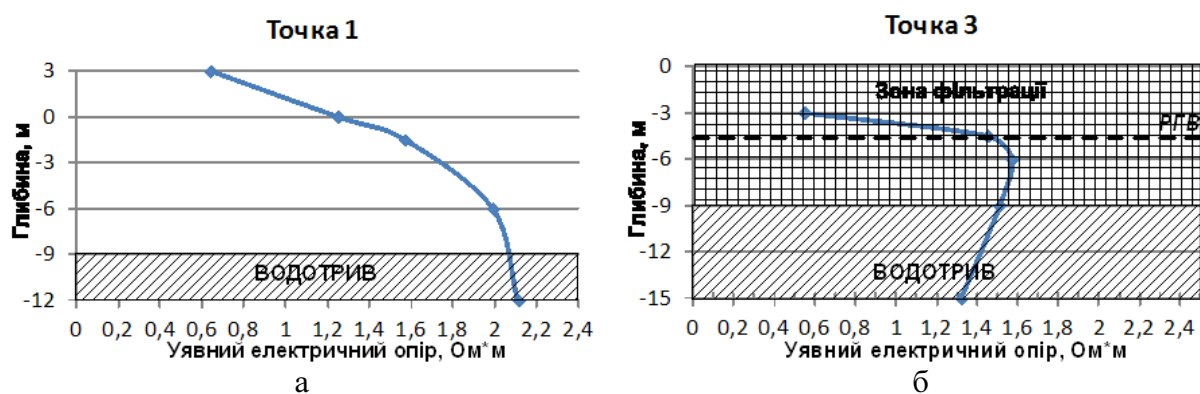


Рисунок 4 – Карта розташування точок вертикального електричного зондування на Калинівському регулюючому басейні



а – перший тип, без обводнених зон; б – другий тип, з наявною зоною фільтрації

Рисунок 5 – Приклади геоелектричних розрізів

Аналіз результатів зміни опору по розрізах дозволяє зробити наступні висновки:

1. Всі геоелектричні розрізи окрім точок спостереження 2, 9, 10 мають двошарову структуру. Перший від поверхні шар представлений слабообводненими суглинками, другий – глинами, які є водотривом для ґрунтових вод. Потужність суглинок на відкосах, враховуючи захисний шар, складає 9-12 м, а під відкосами – 6-9 м. Покрівля водотриву розташована на глибинах від 9 м, в середньому – на 10,5 м.

2. Дані по точці спостереження №2 свідчать про повне обводнення суглинок у відкосі і в низовій точці спостережень №3 (рис.3, б). Водотрив від обводнених суглинок за електричним опором не відрізняється. Все це відповідає зоні фільтрації навколо точки спостереження №2 з регулюючого басейну.

Підводячи підсумки результатів інтерпретації, можна вказати на деякі можливі причини появи зони фільтрації біля точки спостереження №2, яка також виділяється і за результатами спостереження ПЕМПЗ. Тут розташована підвідна труба (рис.6, а), яка може бути деформована і пропускати воду, за рахунок чого йде обводнення західного відкосу. Також треба звернути увагу на зону зчленування північного та східного відко-

сів та в районі точок спостереження № 7, 8 (рис.6, б), де починають проявлятися ті ж процеси.



Рисунок 6 – Підвідна труба (а) та зона зчленування північного і східного бортів (б) Калинівського регулюючого басейна

Для ліквідації можливих наслідків та зменшення фільтраційних витрат води з басейну необхідно провести ремонтно-профілактичні роботи: замінити підвідні трубу та ущільнити ґрунтову насип дамби. Також слід забезпечити герметичність стиків між залізобетонними плитами, якими вкритий внутрішній відкос басейну. Завдяки цьому можна суттєво зменшити втрати води з регулюючого басейну, що не дозволить розвиватися небезпечним екологічним явищам, таким як підтоплення, вторинне засолення ґрунтів та заболочування прилеглої території.

**Висновки.** Результати дослідно-методичних робіт комплексом методів ПЕМПЗ і ВЕЗ показали, що він є оптимальним та доцільним для виявлення зон фільтрації води з штучно створених басейнів. За допомогою ПЕМПЗ можна виділити сухі та обводнені зони у плані, вивчати їх розповсюдження та встановлювати напрямок току рідини. Вертикальне електричне зондування дозволяє встановити глибину проникнення фільтраційного потоку та разом з ПЕМПЗ оцінити об'ємну картину фільтрації. Простота та оперативність досліджень дозволяють розповсюдити цей досвід на інші об'єкти, у тому числі техногенно навантажені (шламо-, хвостосховища, відстійники, тощо). Це дозволить запобігти негативному впливу подібних джерел забруднення на довкілля, зокрема на підземну гідросферу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пикареня Д.С. Опыт применения метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для решения инженерно-геологических и геологических задач / Д.С.Пикареня, О.В.Орлинская. – Днепропетровск: СВИДЛЕР, 2009. – 120с.
2. О влиянии электромагнитных полей на образование гидротермально-метасоматических рудных формаций / О.В.Орлинская, Д.С.Пикареня, Г.М.Стовас, М.М.Довбнич // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2007. – №2. – С.98-104.
3. Оцінка міцнісних властивостей ґрунтових дамб методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі / О.В.Орлінська, Д.С.Пікарень, Н.М.Максимова [та ін.] // Зб. наук. праць НГУ. – 2012. – №37. – С.17–23.

Надійшла до редколегії 25.06.2013.