

© І.В. Чушкіна<sup>1</sup>, Н.М. Максимова<sup>2</sup>, О.В. Орлінська<sup>1</sup>, Д.С. Пікареня<sup>2</sup>, Г.В. Гапич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

<sup>2</sup> ТОВ "Технічний університет "Метінвест Політехніка", Маріуполь, Україна

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПІД ЧАС ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РЕГУЛЮЮЧОГО БАСЕЙНУ

© I. Chushkina<sup>1</sup>, N. Maksymova<sup>2</sup>, O. Orlinska<sup>1</sup>, D. Pikarenia<sup>2</sup>, H. Napich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

<sup>2</sup> Metinvest Polytechnic Technical University LLC, Mariupol, Ukraine

## ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION OF GEOPHYSICAL METHODS IN DIAGNOSIS OF TECHNICAL CONDITION OF REGULATORY POOL

**Мета.** Обґрунтувати економічну доцільність широкого впровадження в практику застосування комплексу високовартісних геофізичних методів для оцінки технічного стану гідротехнічних споруд класу відповідальності (наслідків) СС-1.

**Методика досліджень.** Аналітичними методами визначена кошторисна собівартість (питомих показників) діагностики технічного стану гідротехнічних споруд різними геофізичними методами.

**Результати досліджень.** Розрахунок економічної ефективності застосування комплексу геофізичних методів природного імпульсного електромагнітного поля Землі та вертикального електричного зондування у порівнянні з відомими рекомендованими методами за посібником до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 для дослідження площинних об'єктів показав, що кошторисна вартість діагностування технічного стану за першим з вище перелічених методів менша на 10,8% у порівнянні з другим комплексом. Така різниця вартості обґрунтовується зменшенням кількості точок спостереження методом вертикального електричного зондування, які розташовані в зонах втрати води на фільтрацію, які визначені попередньо методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі.

**Наукова новизна.** Обґрунтовано оптимальний комплекс геофізичних методів, який менш коштовний та трудовитратний, для оперативної діагностики гідротехнічних споруд класу наслідків (відповідальності) СС-1.

**Практичне значення.** Впровадження менш витратних за часом та коштами методів діагностики технічного стану гідротехнічних споруд дозволить заощадити під час інвестування у розвиток та модернізацію меліоративної інфраструктури, сприятиме підвищенню ефективності використання меліоративних систем, що відповідає основним завданням Законопроекту про розвиток водної меліорації і зрошення.

**Ключові слова:** економічна ефективність, комплекс геофізичних методів, гідротехнічні споруди, природне імпульсне електромагнітне поле Землі, вертикальне електричне зондування.

**Вступ.** Головні зрошувальні мережі в Україні були побудовані ще в радянські часи, тоді загальна довжина їх складала 59 тис. км. В теперішній час в зв'язку з розпаюванням земель у 90-ті роки минулого сторіччя частина зрошувальних

мереж порушена і розібрана, а інша без ремонтно-відновлювальних робіт знаходиться у занедбаному стані. Поступово фермерські господарства, розуміючи, що без зрошення не можна отримати сталих високих врожаїв, починають вкладати кошти у відновлення зрошувальних мереж [1].

З кожним роком росте вартість поливної води, тому її витрати лягають збитками на міжрайонні управління водного господарства.

Фінансування реконструкції зрошувальних систем тривалий період належним чином не здійснювалось, тому розробка дешевих методів діагностики технічного стану гідротехнічних споруд є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої призведе до зменшення об'ємів ремонтних робіт та оптимізації їх технології.

Для покращення водогосподарської ситуації на сьогодні розглядається законопроект № 5202-д. Він спрямований на створення об'єднання водокористувачів та стимулювання гідротехнічної меліорації земель. Це повинно призвести до збільшення інвестицій у розвиток та модернізацію меліоративної інфраструктури, а також до сприяння підвищенню ефективності використання меліоративних систем [2].

В зв'язку з цим набувають актуальності дослідження, які дозволять з оптимальним співвідношенням за витратами часу та коштів отримати дані про технічний стан зрошувальних систем та їх складових, зокрема магістральних каналів (МК) та регулюючих басейнів (РБ). В роботах [3-6] розглядалися результати польових досліджень технічного стану гідротехнічних споруд (ГТС) різного класу наслідків (відповідальності), в тому числі і СС-1, до яких як правило, відносяться регулюючі басейни та канали зрошувальних систем. Наприклад, в Інституті водних проблем і меліорації НААН України застосовувався комплекс методів мікроелектрозондування (МЕЗ), електричного профілювання (ЕП) та природного електричного поля (ПЕП) для оцінки технічного стану магістральних каналів [7-9]. В роботі [10] комплекс методів природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) та вертикального електричного зондування (ВЕЗ) добре зарекомендував себе, оскільки дозволяє швидко встановити зони обводнення і фільтрації в ґрунтових дамбах МК і РБ. Для виконання ремонтно-відновлювальних робіт це актуальна задача, так як дозволяє зосередити зусилля і кошти тільки на порушених ділянках сільськогосподарських гідротехнічних споруд.

**Метою роботи** є оцінити економічну ефективність практичного впровадження комплексу геофізичних методів на ґрунтових ГТС низького класу наслідків СС-1 на прикладі регулюючого басейну РБ-2 Солоняно-Томаківської зрошувальної системи (СТЗС).

**Постановка задачі і методика дослідження.** Діагностування технічного стану регулюючого басейну РБ-2 СТЗС комплексом геофізичних методів ПЕМПЗ і ВЕЗ було виконано раніше і детально розглянуто в роботі авторів [6]. Досліджуваний об'єкт розташований біля с. Малозахарине Солонянського району Дніпропетровської області (рис. 1).

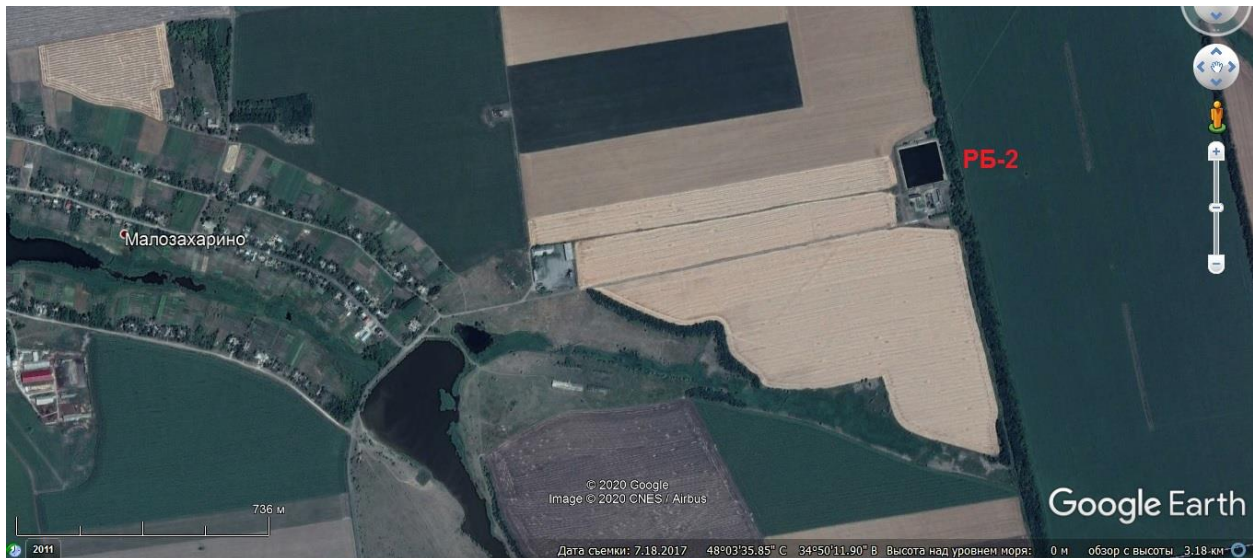


Рис. 1. Положення досліджуваного об'єкту регулюючого басейну РБ-2 СТЗС на місцевості (за даними Інтернет-порталу GoogleEarth)

Метод ПЕМПЗ дозволяє виявити зони порушення технічного стану ГТС, однак не надає кількісні параметри цих ділянок. В місцях з пониженими значеннями імпульсів ПЕМПЗ, які свідчать про ділянки надмірного зволоження та/або розуцільнення ґрунтових масивів, встановлюються точки спостереження ВЕЗ. Даний геофізичний метод дозволяє визначати глибину залягання ґрунтових вод та інші кількісні параметри геологічного профілю. Подібне поєднання двох геофізичних методів – «якісного» ПЕМПЗ та «кількісного» ВЕЗ обумовлює мінімізацію трудовитрат на проведення польових робіт.

Спостереження технічного стану РБ-2 СТЗС методом ПЕМПЗ було виконано за наступною мережею: відстань між профілями – 2 м, між точками на профілі – 2 м. Об'єми проведених польових робіт: кількість профілів ПЕМПЗ – 19, довжина одного профілю – 140 м, загальна довжина профілів – 2660 м, загальна кількість точок спостереження ПЕМПЗ – 1097 точок. Для подальших розрахунків економічної ефективності застосування комплексу геофізичних методів для діагностування технічного стану ґрунтових ГТС було взято 1100 точок. За рахунок попереднього виконання польових спостережень методом ПЕМПЗ, було знято лише 5 точок методом ВЕЗ.

Конструктивна схема регулюючого басейну РБ-2 з нанесеними точками спостережень ПЕМПЗ та ВЕЗ наведено на рис.2.

Для визначення більш оптимального комплексу геофізичних методів для діагностики технічного стану ґрунтових ГТС було виконано порівняння трудовитрат і економічних витрат за двома варіантами проведення польових робіт: комплекс ПЕМПЗ та ВЕЗ, який запропонований авторами [11], та комплекс МЕЗ, ПЕП, ЕП рекомендований Методикою проведення натурних обстежень земляних гребель і захисних дамб водогосподарського призначення [7].

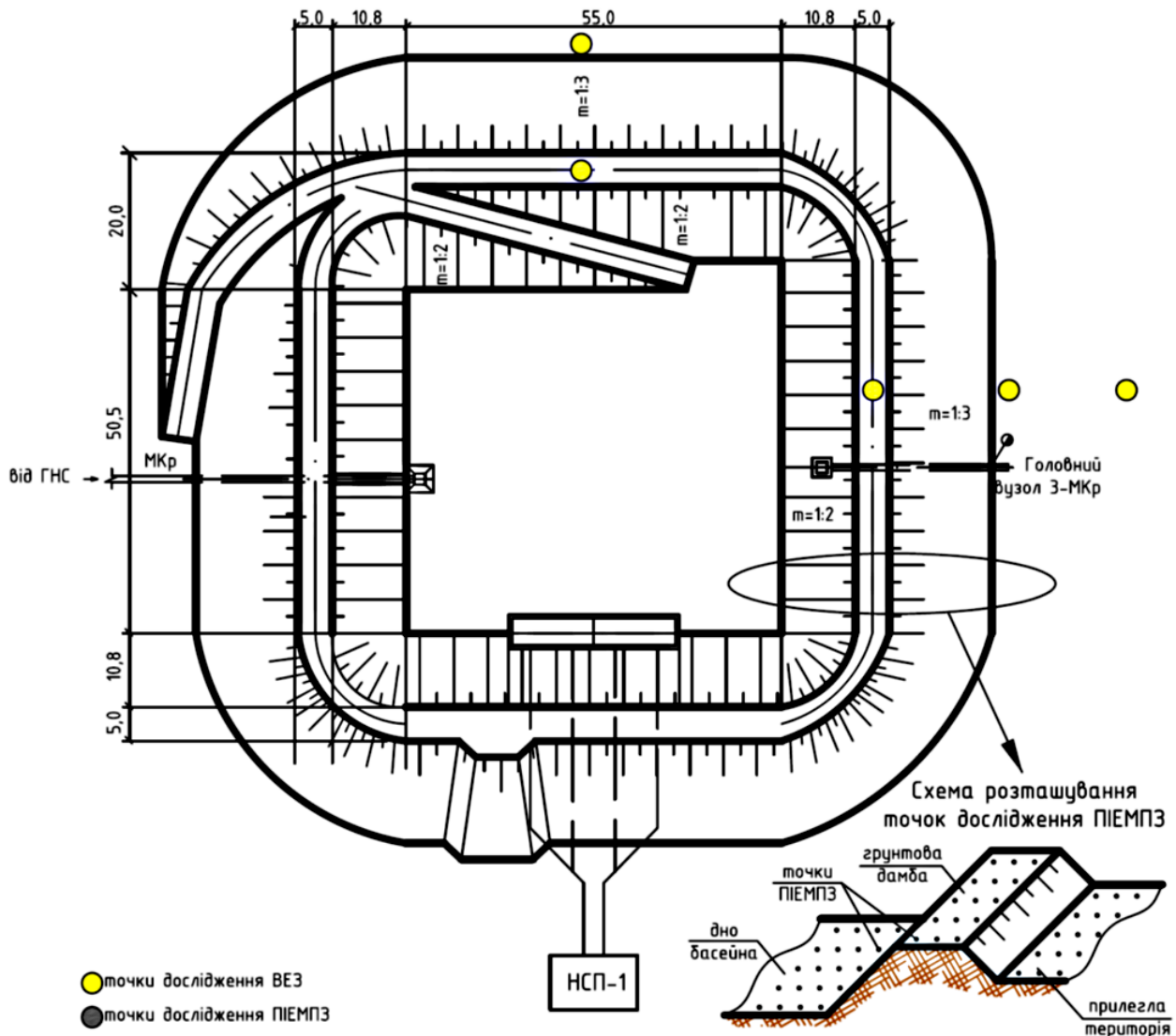


Рис. 2. Конструктивна схема регулюючого басейну РБ-2 СТЗС

Відзначимо, що методи ВЕЗ та МЕЗ є подібними за технологією виконання, трудовитратами та іншими нормативними показниками за збірником кошторисних норм (ЗУКН) на геологорозвідувальні роботи в 7 розділі [12, 13]. Відзначимо, що за рекомендаціями [9] передбачається польова зйомка методом ВЕЗ за стандартною мережею, а за рекомендаціями авторів [10] – передбачається зменшення точок спостереження за рахунок попередньої зйомки ПІЕМПЗ. В подальших техніко-економічних порівняннях умовно прийнятий метод ВЕЗ. Слід відзначити, що використання даного методу рекомендовано і за стандартом ДБН А.2.1-1-2014 [14] для визначення фільтраційних втрат з водопровідних комунікацій.

Обґрунтування економічної ефективності було виконано на підставі порівняння трудовитрат і економічних витрат: розрахунок заробітної плати на польові та камеральні роботи, розрахунок амортизаційних витрат основних засобів, матеріали, амортизація, придбання устаткування, відрядження та ін.

Для розрахунку кошторисної вартості проведення робіт з визначення технічного стану геофізичними методами використовуються нормативи, які застосовуються при геологорозвідувальних роботах.

**Основні результати.** Метод ВЕЗ, що використовується в обох комплексах ПЕМПЗ, ВЕЗ та ВЕЗ або МЕЗ, ЕП, ПЕП. Економічні розрахунки виконаємо по чергово: спочатку за методом ВЕЗ в двох варіаціях – з урахуванням стандартної мережі виконання польових досліджень та за зменшеною кількістю точок спостереження, а потім за методом ПЕМПЗ та іншими геофізичними методами.

Роботи на центрі ВЕЗ відповідно [12]: розвантаження та навантаження апаратури, обладнання й спорядження; встановлення, перевірка та підготовка апаратури до роботи; розмотування приймальних і живильних ліній та влаштування заземлень, перевірка ліній на витікання, підготовка апаратури до переміщення після закінчення робіт на точці; демонтаж приймальних ліній; змотування проводів малої живильної лінії. Роботи на розносі: розмотування (нарощування) проводу живильної лінії або переміщення робітників з розносу на рознос; улаштування заземлень електродів; чекання заміру; ліквідація заземлення.

За характеристикою природних умов проведення польових робіт відноситься до II категорії ускладнень: піще пересування, осінь. При проведенні робіт в ненормалізованих організаційно-технічних умовах до норм часу застосовують поправочний коефіцієнт, який склав 1,39 (табл. 1).

Таблиця 1

Поправочні коефіцієнти до норм часу за ненормалізовані організаційні-технічні умови (табл. 9.1, розділ 7, ЗУКН [12])

№п п	Умови робіт	Коефіцієнт
1	Спостереження на кожній фізичній точці на двох частотних діапазонах при орієнтації антени у двох азимутах	1,25
2	Робота в межах населених пунктів чи промислів, на автомагістралях, поблизу полотна залізниці, індустріальних і сільськогосподарських підприємств, в районах будівництва та ін., що є джерелами перешкод	1,31
3	Виконання робіт в осінньо - весняний та зимовий період	1,39

Норми витрати часу та праці на проведення польових спостережень методом ВЕЗ наведені у табл.3.4, розділ 7, ЗУКН [12] та табл. 2.

За рекомендованою [12] мережею спостережень виконувались роботи методом ВЕЗ у комплексі ВЕЗ/МЕЗ, ПЕП, ПП. Виходячи з максимально наближеної мережі спостережень (100 м × 20 м – рядок 1 за табл. 7) нормована кількість точок спостереження ВЕЗ становить 5000 точок, а на виконання робіт відводиться 210 загоно-змін. З врахуванням поправочного коефіцієнту 1,39 норми часу приймаються:  $210 \cdot 1,39 = 291,9$  загоно-змін.

За результатами польових робіт на РБ-2 проектована кількість точок спостережень зменшена і становить 5 точок (див. рис. 2), тобто 0,0012 від нормативу, отже витрати часу становитимуть:  $291,9 \cdot 1,39 \cdot 0,0012 = 0,49$  загоно-змін, що в умовах 22-денного робочого місяця становить: 0,022 загоно-місяця.

Таблиця 2

Норми часу на роботу методом ВЕЗ із апаратурою типу АЕ-72 (фрагмент)  
(табл. 3.41, розділ 7, ЗУКН [12])

Довжина АВ, м	Відстань, м, між:		Кількість:		Категорія складності			
	Між профілями	Точками спостережень	Кілометрів профільної зйомки	Точок спостережень	I - II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	100	20	100	5000	210	238	264	311
		25	100	4000	169	191	211	249
		50	100	2000	84,7	96,3	109	229
	250	25	40	1600	67,5	76,2	84,6	100
		50	40	800	33,9	38,6	43,7	51,6
		100	40	400	17,2	19,9	23,1	27,3
	500	100	20	200	8,62	9,91	11,6	13,7
		200	20	100	4,45	5,23	6,45	7,61

Рекомендована кількість ставок для працівників загону на виконання польових робіт за класичною схемою виконання – 6 (табл. 3). Норми витрати часу на камеральні роботи при кількості до 50 точок/місяць складають 0,65 загоно-місяця від загоно-місяців польових робіт:  $0,022 \cdot 0,65 = 0,014$  загоно-місяця. До складу загону при камеральній обробці необхідно 2,5 ставки (табл. 4). На підставі зведених даних щодо складу робітників, ставок та норм часу на виконання робіт розраховуємо витрати на оплату їх праці (табл.5).

Таблиця 3

Норми витрат праці на польові роботи методом ВЕЗ (табл. 3.2, 3.45, розділ 7, ЗУКН [12]) (У людино-днях на 1 загоно-зміну)

Найменування посад	Кількість
Начальник партії	0,25
Геолог II категорії	0,25
Геофізик II категорії	0,25
Технік-геофізик I категорії	1
Технік- геофізик	1
Програміст II категорії	0,25
Робітники 3 розряду	1
Робітники 2 розряду	2

Таблиця 4

Норми витрат праці на виконання камеральних робіт методом ВЕЗ  
(у людино-днях на 1 загоно-змін) (табл. 7.3, розділ 7, ЗУКН [12])

№ п п	Найменування посад і професій	Норма
1	Начальник партії	0,25
2	Геофізик I категорії	0,5
3	Геолог II категорії	0,25
4	Технік I категорії	1,0
5	Технік	0,5

Таблиця 5

Витрати на оплату праці при виконанні робіт методом ВЕЗ

Посада	Норма праці, табл. 9	Оклад, грн. за місяць, табл. 5	Термін праці, загоно-міс.	Разом, грн.
Польові роботи				
Начальник партії	0,25	11115	0,022	61,13
Геофізик II категорії	0,25	7800	0,022	42,90
Геолог II категорії	0,25	7800	0,022	42,90
Технік-геофізик II категорії	1,0	6000	0,022	132,00
Технік-геофізик	1,0	5340	0,022	117,48
Програміст II категорії	0,25	7800	0,022	42,90
Робітники 3 розряду	1	5800	0,022	127,60
Робітники 2 розряду	2	5207	0,022	229,11
Всього польові роботи				356,71
Камеральні роботи				
Начальник партії	0,25	11115	0,014	38,90
Геофізик I категорії	0,5	7800	0,014	54,60
Геолог II категорії	0,25	7800	0,014	27,30
Технік I категорії	1,0	6500	0,014	91,00
Технік	0,5	5340	0,014	37,38
Всього камеральні роботи				249,18
Разом метод ВЕЗ				605,89
Оплата відпусток – 7,9%				47,87
Разом:				653,76

Згідно [3, 4] другим методом для проведення досліджень є вертикальне електричне зондування. Для встановлення зон фільтрації в РБ-2 Солоняно-Томаківської зрошувальної системи необхідно провести дослідження на 8 профілях з мережею 10 м між профілями і точками спостережень. Для виконання польових робіт необхідно зробити виміри на 16 профілях, а загальна кількість точок, враховуючи довжину дамб басейну, буде 104. Загальні витрати часу становитимуть



на польові роботи 8,44 загоно-зміни, на камеральні – 5,49 загоно-змін, разом – 13,93 загоно-змін. Таким чином, за умови діагностики технічного стану РБ-2 комплексом ПЕП, МЕЗ/ВЕЗ, ЕП отримуємо, що вартість виконання 104 точок спостереження найдорожчим з перелічених геофізичних методів складе 67991,04 грн. Вартість виконання робіт методом ВЕЗ в перерахунку на одну точку становить 653,76 гривень.

За умови виконання аналогічних робіт на РБ-2 комплексом ПЕМПЗ, ВЕЗ вартість робіт на виконання останнього менша: 3268,8 грн, оскільки зменшена кількість точок спостережень (див. рис. 2).

Наступним розглянемо метод ПЕМПЗ та його основні економічні показники з метою обґрунтування низької вартості виконання робіт. Норми витрати часу та праці на проведення польових спостережень ПЕМПЗ наведено у табл. 6 згідно [12].

Таблиця 6

Норми часу на роботу методом ПЕМПЗ (у загоно-змінах на 1 км<sup>2</sup>)  
(табл. 9.2, розділ 7, ЗУКН [12])

№ з/п	Відстань, м, між:		Кількість на 1 км <sup>2</sup> :		Категорії трудності			
	профілями, м	точками спостереження	пог. км профілів	пунктів спостереження	1	2	3	4
1	20	5	50	100000	81,1	86,5	94,6	102,7
2	20	10	10	5000	45,9	50	55,4	60,8
3	50	5	20	4000	37,1	40,5	44,3	48,6
4	50	10	20	2000	20	22,4	24,8	27,1
5	50	20	20	1000	10,5	11,9	13	14,3
6	100	10	10	1000	10,3	11,7	12,8	14,2
7	100	20	10	500	5,42	6,19	6,9	7,56
8	100	25	10	400	4,43	4,97	5,51	6,1

Примітка: Норми часу приведені при пішохідному способі пересування

Виходячи з максимально наближеної мережі спостережень 20 м × 5 м обрано рядок 1 за таблицею 2 та з урахуванням категорії ускладнень 2. Нормована кількість точок спостереження становить 100 тис. точок. Отже, на виконання робіт відводиться 86,5 загоно-змін. З врахуванням поправочного коефіцієнту 1,39 норми часу приймаються як:  $86,5 \cdot 1,39 = 120,2$  загоно-зміни.

Проектована кількість точок спостереження 1100 точок, тобто 0,011 від нормативу, отже витрати часу становитимуть:  $86,5 \cdot 1,39 \cdot 0,011 = 1,3$  загоно-змін, що в умовах 22-денного робочого місяця становить: 0,06 загоно-місяця. До складу загону входять працівники, перелічені в табл. 7.



Таблиця 7

Норми витрат праці на виконання робіт методом ШЕМПЗ (у людино-днях на 1 загоно-зміну) (табл. 9.3, розділ 7, ЗУКН [12])

№ з/п	Найменування посад і професій	Норма
Інженерно-технічний персонал		
1	Начальник партії	0,25
2	Начальник загону	0,25
3	Геофізик I категорії	0,25
4	Геолог II категорії	0,25
5	Інженер (електронщик) II категорії	0,25
6	Інженер – програміст	0,25
7	Геофізик (оператор)	2
8	Технік II категорії	0,25
	Разом ІТП:	3,75
Робітники:		
9	Робітник на геофізичних роботах 3 розряду	1
Всього:		4,75

Витрати праці на проведення камеральних робіт при застосуванні методу ШЕМПЗ становили 17,5 тис. точок/місяць на загін [12]. Виходячи з загальної кількості точок спостереження 13 353 точок, витрати праці склали: 1100 точок/17500 точок/місяць = 0,06 загоно-місяця. Рекомендований склад загону при камеральній обробці наведено у табл. 8, тарифні ставки працівників у табл. 9. На підставі вище наведених даних виконаний розрахунок витрат на оплату праці при виконанні польових робіт в табличній формі (табл. 10).

Таблиця 8

Норми витрат праці на виконання камеральних робіт методом ШЕМПЗ (у людино-днях на 1 загоно-зміну) (табл. 9.3, розділ 7, ЗУКН [12])

№ з/п	Найменування посад і професій	Норма
1	Начальник партії	0,25
2	Геофізик I категорії	0,25
3	Геолог II категорії	0,25
4	Технік I категорії	0,1
5	Технік II категорії	1,0
6	Технік	0,5

Таблиця 9

Тарифні ставки працівників, задіяних у виконанні польових геологорозвідувальних робіт на 2021 рік (за даними Галузевої угоди працівників геологорозвідувальних організацій)

№ з/п	Найменування посад і професій	Тарифна ставка, грн./місяць
1	Начальник партії	11115
2	Начальник загону	10215
3	Геофізик I категорії	7800
4	Геофізик II категорії	7800
5	Геофізик - оператор	7140
6	Геолог II категорії	7800
7	Інженер (електронщик) II категорії	7800
8	Інженер – програміст	7140
9	Технік I категорії	6500
10	Технік II категорії	6000
11	Технік	5340
12	Робітник на геофізичних роботах 2 розряду	5800
13	Робітник на геофізичних роботах 3 розряду	5207

Таблиця 10

Витрати на оплату праці при виконанні геофізичних робіт методом ПЕМПЗ

Посада	Норма праці	Оклад, грн. за місяць	Термін праці, заг.-міс	Разом, грн.
1	2	3	4	5
<b>Польові роботи</b>				
Начальник партії	0,25	11115	0,06	166,73
Начальник загону	0,25	10215	0,06	153,23
Геофізик I категорії	0,25	7800	0,06	117,00
Геолог II категорії	0,25	7800	0,06	117,00
Інженер II категорії	0,25	7800	0,06	117,00
Інженер-програміст	0,25	7140	0,06	107,10
Геофізик оператор	2	7140	0,06	856,80
Технік II категорії	0,25	6000	0,06	90,00
Робітники	1	5207	0,06	312,42
Всього польові роботи:				2037,28
<b>Камеральні роботи</b>				
Начальник партії	0,25	11115	0,06	166,73
Геофізик I категорії	0,25	7800	0,06	117,00
Геолог II категорії	0,25	7800	0,06	117,00
Технік I категорії	0,1	6500	0,06	39,00
Технік II категорії	1,0	6000	0,06	360,00
Технік	0,5	5340	0,06	160,20
Всього камеральні роботи				959,93
Разом метод ПЕМПЗ				2997,21
Оплата відпусток – 7,9%				236,78
Разом:				3233,99

На підставі розрахункових даних (табл. 11 – 14) складено зведений кошторис діагностування технічного стану РБ-2 СТЗС комплексом геофізичних методів ПЕМПЗ та ВЕЗ (табл. 15).

Таблиця 11

Розрахунок витрат на матеріали при виконанні геофізичних досліджень

№ п/п	Назва	Одиниці виміру	Кількість	Вартість за одиницю	Всього
1	Канцелярські товари	комплект	1	215,00	215,00
2	Порошок для	од.	4,0	360,00	1440,00
4	Флеш-накопичувач 32 GB	од.	1	300,00	300,00
5	Папір А4	пачка	3,0	85,00	255,00
6	Папір А3	пачка	1,0	130,00	130,00
	Всього				2340,00

Таблиця 12

Розрахунок амортизаційних витрат основних засобів, задіяних при виконанні геофізичних робіт

№ п/п	Назва обладнання	Нормативний термін амортизації, міс.	Балансова вартість грн.	Місячний знос, грн.	Термін використання, міс.	Сума амортизації в грн.
1	Геофізичний прилад МІЕМП-14/4	120	35500,00	295,83	0,06	17,75
2	Геофізичний прилад ШЕРС-5М	120	47600	396,67	0,014	5,55
	Разом:					23,30

Таблиця 13

Розрахунок витрат на підрядні роботи

Види досліджень	Сума витрат, грн.	ПДВ (20%)	Разом, грн.
Перевірка приладів, розробка, програмних засобів обробки інформації.	500	100	600
Разом:			600

Таблиця 14

## Розрахунок витрат на відрядження

Пункт призначення	Кількість відряджених	Відрядження		Підсумок тривалості	Вартість						Сума витрат, грн.
		Кількість	Тривалість		Проїзд		Добові		Квартирні		
					В одну сторону	Разом	За день	Разом	За день	Разом	
с. Малозахарино Дніпропетровська область	9	2	1	18	55	234 0	45	810	–	–	3150
Разом											3150

Таблиця 15

Зведений кошторисно-фінансовий розрахунок для визначення кошторисної вартості проведення досліджень щодо визначення технічного стану регулюючого басейну РБ-2 СТЗС геофізичними методами ПЕМПЗ та ВЕЗ

№ п/п	Найменування статей витрат	Нормативний показник	Всього грн.
1	Витрати на оплату праці: Метод ПЕМПЗ – 3233,99 грн. Метод ВЕЗ – 3268,8 грн.	Розрахунок Розрахунок	6502,79
2	Відрахування на соціальні заходи	37,5% від п.1	2438,54
3	Всього	п.1+п.2	8941,33
4	Матеріали	Розрахунок	2340,00
5	Амортизація	Розрахунок	23,30
6	Інші прямі витрати	Розрахунок	0,00
7	Відрядження	Розрахунок	3150,00
8	Всього основних витрат:	пп. 3-7	14454,64
9	Накладні витрати	10% від п.8	1445,46
10	Разом основні та накладні витрати	п.8+ п.9	15900,1
11	Планові накопичення	5% від п.10	795,0
12	Всього	п.10+п.11	16695,1
13	Підрядні роботи	Розрахунок	600,00
14	Придбання устаткування	Розрахунок	0,00
15	Всього	пп.12-14	17295,1
16	ПДВ		3459,0
17	Кошторисна вартість	п.15 + п.16	20754,1

За порівняльними характеристиками двох комплексів геофізичних методів встановлено, що: комплекс ПЕМПЗ та ВЕЗ потребує менші витрати часу, кількості обслуговуючого персоналу та менші грошові витрати у порівнянні з іншим комплексом: МЕЗ або ВЕЗ, ЕП та ПЕП.

Про економічну ефективність впровадження комплексу ПЕМПЗ і ВЕЗ свідчать найменші норми часу та менша кількість виконавців з урахуванням кількості точок спостережень за методикою виконання (табл.16).

Таблиця 16

Порівняльна характеристика геофізичних методів

Назва геофізичного методу	Кількість точок спостереження на 10 км <sup>2</sup>	Норми часу		Кількість ставок по виконанню робіт
		загони-зміни на 10 км <sup>2</sup>	загони-зміни на 1 точку спостереження	
ВЕЗ	5 000	210	0,042	3
ПЕМПЗ	10000	81,1	0,0081	2
ЕП	20000	168	0,0084	5,75
ПП	10000	40,9	0,0041	6

**Висновки.** Порівняння комплексу геофізичних методів МЕЗ, ПЕП та ЕП для оцінки технічного стану сільськогосподарських ГТС з комплексом ПЕМПЗ та ВЕЗ свідчить про економічну доцільність впровадження останнього, що підкріплюється меншими трудовитратами та економією часу.

Використовуючи тільки один метод ВЕЗ (класична мережа спостережень, 104 точки) для обстеження технічного стану регулюючого басейну РБ-2СТЗС кошторисна вартість робіт на 47236,92 грн. більша ніж при використанні в комплексі ПЕМПЗ та ВЕЗ (рекомендована мережа [4], 5 точок). Така різниця вартості обґрунтовується зменшенням кількості точок досліджень методом ВЕЗ, які розташовані лише в зонах втрат води на фільтрацію з ГТС, що визначені попередньо методом ПЕМПЗ.

Практичне провадження комплексу методів ПЕМПЗ та ВЕЗ для оцінки дослідження площинних об'єктів, зокрема регулюючих басейнів зрошувальних систем, економічно доцільне, оскільки кошторисна вартість діагностування технічного стану зменшується на 10,8% у порівнянні з рекомендованим комплексом методів МЕЗ/ВЕЗ, ПЕП, ЕП згідно [7- 9]

**Перелік посилань**

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні до 2030 року: проект (2018). Міністерство екології та природних ресурсів України. <https://menr.gov.ua/news/32835.html>
2. Проект Закону про організації водокористувачів та стимулювання гідротехнічної меліорації земель № 5202-д від 13.08.2021. (2021). Офіційний веб портал Верховної Ради України. [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=72632](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=72632)
3. Орлінська, О. В., Пікареня, Д. С., Гапіч, Г. В., Максимова, Н. М., Рудаков, Л. М., & Чушкін, І. В. (2020). Оцінка технічного стану та екологічної безпеки експлуатації магістрального

- каналу Кільченської зрошувальної системи. *Збірник наукових праць НГУ*, 60, 186-195.  
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/60.186> .
4. Чушкіна, І.В., & Пидан, О.Ю. (2020). Оцінка технічного стану регулюючого басейну РБ-2 біля с. Малозахарине Солоняно-Томаківського району Дніпропетровської області та розробка заходів щодо його поліпшення. *Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція «Сучасний стан та перспективи розвитку меліорації земель»*, 88-90.
  5. Camarero, P. L., & Moreira, C. A. (2017). Geophysical investigation of earth dam using the electrical tomography resistivity technique. *REM - International Engineering Journal*, 70(1), 47–52.  
<https://doi.org/10.1590/0370-44672016700099>
  6. Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V., Laue, J., & Knutsson, S. (2020). Geophysical Methods and their Applications in Dam Safety Monitoring. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 291–345.  
<https://doi.org/10.47260/jesge/1118>
  7. *Методика проведення натурних обстежень земляних гребель і захисних дамб водогосподарського призначення. Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Регулювання русел річок. Норми проектування.* (2003). Інститут гідротехніки і меліорації УААН, <http://ep3.nuwm.edu.ua/2809/1/nd121%20zah.pdf> .
  8. *Методика з визначення місць фільтраційних втрат через облицювання зрошувальних каналів* (2010). Наказ Держводгоспу України № 258 від 30.11.2010.
  9. Литвиненко, П.Є., & Коваленко, О.В. (2009). Електрометричні методи визначення місць фільтраційних втрат на гідротехнічних спорудах меліоративних систем. *Меліорація і водне господарство*, 97, 209-220.
  10. Orlinska, O.V., Grishko, G.M., Chushkina, I.V., Gapich, G.V., & Lisnyak, T.I. (2017). Definition by geophysical methods of filtration zones and calculation of water losses from the regulating basin of BR-6 Tsarichan irrigation system in Dnipropetrovsk region. *Theoretical foundations of civil engineering*, 23, 61 – 68.
  11. Rudakov, L. M., Napich, H. V., Orlinska, O. V., Pikarenia, D. S., Kovalenko, V. V., Chushkina, I.a0V., & Zaporozhchenko, V. Y. (2020). Problems of technical exploitation and ecological safety of hydrotechnical facilities of irrigation systems. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(4), 776–788.  
<https://doi.org/10.15421/112070>
  12. *Збірник укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН), розділ 7, Електророзвідка.* (2003). Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна геологічна служба, Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ).
  13. *Збірника кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН).* (1999). ДЕРЖКОМГЕОЛОГІЇ.
  14. *ДБН А.2.1-1:2014 Інженерні вишукування для будівництва. Проект, друга редакція* (2014). Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_a\\_2\\_1\\_1\\_2014/1-1-0-1167](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a_2_1_1_2014/1-1-0-1167)

## АННОТАЦІЯ

**Цель.** Обосновать экономическую целесообразность широкого внедрения в практику применения комплекса дорогостоящих геофизических методов для оценки технического состояния гидротехнических сооружений класса ответственности (последствий) СС-1.

**Методика исследований.** Аналитическими методами определена сметная себестоимость (удельных показателей) диагностики технического состояния гидротехнических сооружений различными геофизическими методами.

**Результаты исследований.** Расчет экономической эффективности применения комплекса гео-

физических методов естественного импульсного электромагнитного поля Земли и вертикального электрического зондирования по сравнению с известными рекомендованными методами с руководством к ДБН В.2.4-33-2.3-03-2000 для исследования площадных объектов показал, что сметная стоимость диагностирования технического состояния по первому из вышеперечисленных методов меньше на 10,8% по сравнению со вторым комплексом. Такая разница стоимости обосновывается уменьшением количества точек наблюдения методом вертикального электрического зондирования, которые расположены в зонах потери воды на фильтрацию, определенных предварительно методом естественного импульсного электромагнитного поля Земли.

**Научная новизна.** Обоснованно оптимальный комплекс геофизических методов, который менее затратный для оперативной диагностики гидротехнических сооружений класса последствий (ответственности) СС-1.

**Практическое значение.** Внедрение менее затратных по времени и средствам методов диагностики технического состояния гидротехнических сооружений позволит сэкономить при инвестировании в развитие и модернизацию мелиоративной инфраструктуры, будет способствовать повышению эффективности использования мелиоративных систем. Это соответствует основной задаче законопроекта о развитии водной мелиорации и орошения.

**Ключевые слова:** *экономическая эффективность, комплекс геофизических методов, гидротехнические сооружения, естественное импульсное электромагнитное поле Земли, вертикальное электрическое зондирование.*

#### **ABSTRACT**

**Goal.** To substantiate the economic feasibility of widespread introduction into practice of using a complex of expensive geophysical methods for assessing the technical state of hydraulic structures of the class of responsibility (consequences) SS-1.

**The research methodology.** By analytical methods, the estimated cost (specific indicators) of diagnostics of the technical condition of hydraulic structures by various geophysical methods was determined.

**Results of the research.** The calculation of the economic efficiency of the application of a complex of geophysical methods of the natural pulsed electromagnetic field of the Earth and vertical electrical sounding in comparison with the known recommended methods with the guidance to DBN V.2.4-33-2.3-03-2000 for the study of areal objects showed that the estimated cost of diagnosing the technical state according to the first of the above methods is less by 10.8% compared to the second complex. This cost difference is justified by a decrease in the number of observation points by the method of vertical electrical sounding, which are located in the zones of water loss for filtration, determined previously by the method of the natural pulsed electromagnetic field of the Earth.

**Scientific novelty.** The optimal complex of geophysical methods is substantiated, which is less expensive for the operational diagnostics of hydraulic structures of the class of consequences (responsibility) SS-1.

**Practical meaning.** The introduction of less labor-intensive and expensive methods for diagnosing the technical condition of hydraulic structures will save money when investing in the development and modernization of amelioration infrastructure, and will also contribute to an increase in the efficiency of the use of amelioration systems. This is in line with the main goal of the draft law "On the development of land reclamation and irrigation."

**Keywords:** *economic efficiency, complex of geophysical methods, hydraulic structures, natural pulsed electromagnetic field of the Earth, vertical electrical sounding.*