

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО КРИВБАСУ.

ЧАСТИНА 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИРІШЕННІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ

П.Г. Пігулевський^{1,2}, В.К. Свистун¹, О.С. Кирилюк³

¹Дніпропетровська геофізична експедиція “Дніпрогеофізика” ДГП “Укргеофізика”, вул. Геофізична, 1, м. Дніпро, 49057, Україна, e-mail: dpge@ukr.net

²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна, e-mail: pigulev@ua.fm

³Інститут проблем природокористування та екології НАН України, вул. Московська, 6 м. Дніпро, 49000, Україна, e-mail: ipre-main@svitonline.com

Проаналізовано можливості ефективного використання геоелектричних методів при вивченні інженерно-геологічного стану території Кривбасу та впливу техносфери на її гідрогеологічне середовище. В третій частині статті за результатами досліджень геоелектричними методами, проведених у різні роки, та за їх комплексування з геолого-гідрогеологічними спостереженнями подано 3D моделі зміни геоелектричних параметрів за латераллю і глибиною та результативні карти зволоження (“підтоплення”) досліджуваної площі за чотирирічний період з 2008 по 2012 р. під впливом природних чинників та дії гідротехнічних споруд. Ці матеріали у сукупності з результатами попередніх геолого-геофізичних досліджень дали змогу отримати карту інженерно-геологічного стану Південно-Західного Кривбасу. Наведено практичні приклади використання результатів досліджень геоелектричними методами з уточненням і конкретизацією деяких окремих особливостей гідрогеологічного та інженерно-геологічного стану території регіону залежно від антропогенного впливу на її геоекологічні умови.

Ключові слова: Криворізький басейн, геоелектричні властивості, підтоплення, інженерно-геологічний стан, вертикальне електричне зондування.

Вступ. Основне завдання цієї частини досліджень — визначення за показниками електричного опору зміни рівня зволоження гірських порід осадового чохла за період з 2008 по 2012 р. та оцінювання можливості застосування результатів геоелектричного зондування за різні роки для інженерно-геологічного районування території досліджень.

При інтерпретації геолого-геофізичних матеріалів використано дані лінійних спостережень методом вертикального електричного зондування (ВЕЗ), виконаних на профілях 10–13 у 2008 і 2012 рр., а також оцифровано дані спостережень методом ВЕЗ, виконаних у 1983 р. (фонди ДГЕ “Дніпрогеофізика”).

Оцінювання зміни рівня зволоження осадового чохла (“підтоплення”) за геоелектричним опором. Крім побудованих карт, наведених у статтях [1, 2], візуалізовано результати повторних спостережень у вигляді 3D-зображень за допомогою програми Voxler. Ці матеріали свідчать, що уявний електричний опір геологічного розрізу змінюється нерівномірно не лише за площею, а й за глибиною (рис. 1) як у вище-, так і нижчезалягаючих пластах унаслідок підвищення зволоження мінералізованими водами.

Згідно з дослідженнями, рівень зміни геоелектричного опору за 4 роки залежить від складу го-

ризонтів, інженерно-геологічної будови території південно-західної промзони м. Кривий Ріг, карстоутворення, новітніх неотектонічних рухів, які впливають на перебіг сучасних гідрогеологічних процесів у напрямку від техногенних споруд на південь.

На рис. 1 ділянки, що зазнають максимального зволоження (зниження питомого опору), відображено прозорими зонами. У західній частині площі добре відкартовано карстові порожнини, які, на нашу думку, містять певну кількість води (рис. 1, а). Їх утворення і подальший розвиток залежать від природних неотектонічних і техногенних процесів. У північній частині території (рис. 1, б) розріз зволожується через фільтрацію вод із шламонакопичувачів.

Одночасно з проведенням геоелектричних спостережень було виконано заміри на 16 гідрогеологічних пунктах — у свердловинах і колодязях. У 13 з них рівень води піднявся (див. таблицю). Аналіз зміни рівня води першого від поверхні водоносного горизонту у зазначених пунктах показав прямий зв'язок цього рівня зі зміною різниці уявного опору за чотирирічний період (рис. 2).

З урахуванням залежності рівня води першого від поверхні водоносного горизонту у вигляді моделі

$$y = \alpha + \beta x + u, \quad (1)$$

де y — залежна змінна; x — пояснювальна змінна;

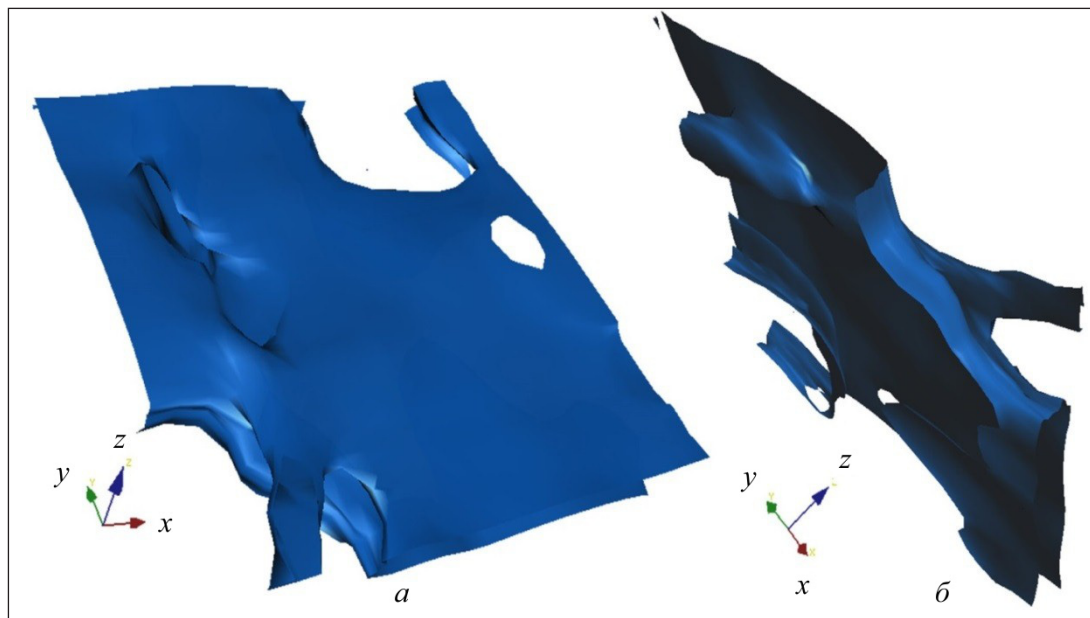


Рис. 1. 3D зображення зміни значень уявного електричного опору за період з 2008 по 2012 рр.: вигляд зверху з південно-західного кута площі досліджень (а) та знизу (б)

Fig 1. 3D image of apparent resistivity changes during the period from 2008 till 2012 shows a plan view from the south-west corner of the study area (a) and from the bottom (b)

α , β – параметри рівняння; u – випадкова стохастична величина, що має нульове математичне очікування і постійну дисперсію, оцінимо параметри моделі методом найменших квадратів та визначимо величини коефіцієнтів α і β .

У нашому випадку $x = \rho_{y(2008 \text{ р.})} - \rho_{y(2012 \text{ р.})}$.

На підставі одержаних параметрів моделі рівняння лінійної регресії матиме вигляд [3, 4]

$$\hat{y} = 0,2532x - 0,0174, \quad (2)$$

де коефіцієнт $b = 0,2532$ показує, що за збільшення різниці між значеннями вимірів уявного опору в 2008 і 2012 рр. на 1 Ом·м (зменшення опору в абсолютній величині) рівень води (зволоження) першого від поверхні водоносного горизонту піднімається на 0,2532 м. Коефіцієнт $r_{xy} = 0,996$ вказує

Таблиця спостережень за рівнем води в 2008 та 2012 рр.

Table of observations of water levels from 2008 till 2012

№ пункту спостережень (свердловина, колодязь)	Рівень води, м		Зміна рівня, м	Зміна уявного опору (2008–2012), Ом·м
	2008 р.	2012 р.		
2078	4	4,1	–0,1	0
1428	13	11,8	1,2	5
1645	4,7	4,45	0,25	1
661	9,5	9,35	0,15	0,5
2081	1	0,15	0,85	3,5
91	3,2	3,2	0	0
88	3,6	3,3	0,3	1,5
2087	2,45	2,25	0,2	1
2086	3,6	3,3	0,3	1
2130	3,45	1,35	2,1	8
2115	6,57	6,52	0,05	0
639	4,7	4,5	0,2	1
1743	9,3	8,1	1,3	5
2079	5	4,3	0,75	3
20199	2,87	2,62	0,25	1
1423	7	7,3	–0,3	0

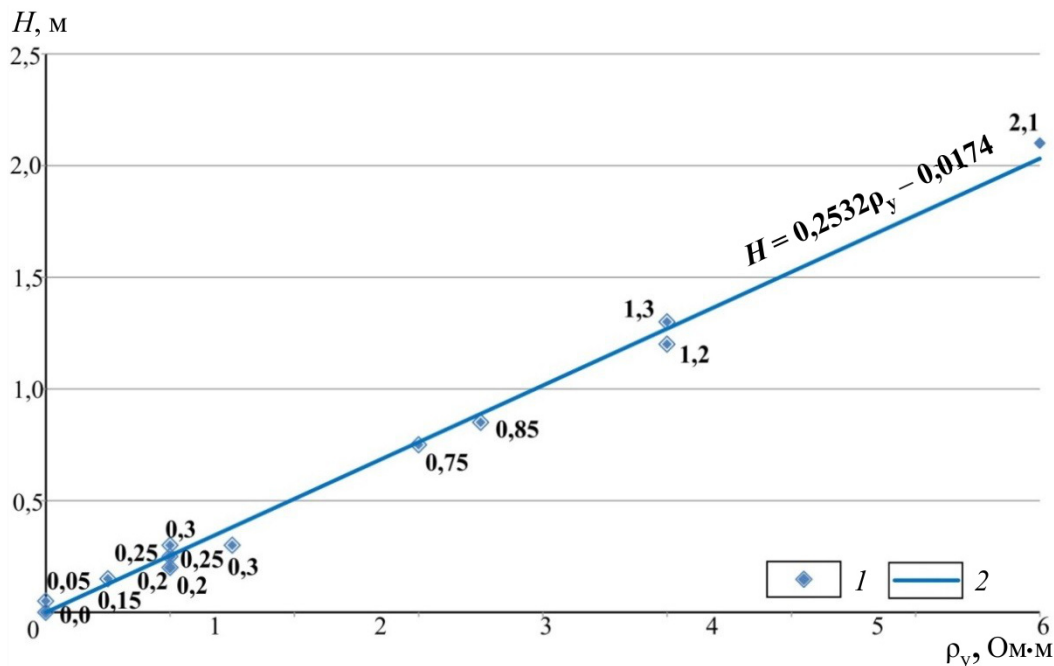


Рис. 2. Залежність різниці зміни уявного опору від рівня стояння першого водоносного горизонту з 2008 по 2012 р.: 1 – позначки рівня першого водоносного горизонту у свердловинах та колодязях, м; 2 – лінія тренду

Fig. 2. The graph of the difference between the change of apparent resistance and the first state-level aquifer from 2008 till 2012: 1 – level of the first aquifer wells, m; 2 – the trend line

на наявність тісного зв'язку між змінними x і y , а $r^2 = 0,992$ означає, що виведеним рівнянням описується 99 % змін рівня води від поверхні. Критерієм Фішера підтверджуються рівень значущості та обґрунтованість відхилення нульової значущості з імовірністю 0,99 ($F_p > F_{\text{крит}}$), що з достовірністю 0,99 можна використовувати під час прогнозування рівня стояння першого водоносного горизонту на території досліджень при $AB/2 = 20$ м.

За допомогою отриманого аналітичного рівняння розраховано складову “підтоплення” у рівні першого від поверхні водоносного горизонту, яке відбулося за чотири роки, з 2008 по 2012 р., на площі досліджень. Як показано на рис. 3, на ділянці досліджень коливання рівнів першого водоносного горизонту не рівномірне, а мозаїчне. За рівнем зволоження площу досліджень можна розбити на 4 таксони [3, 4]: перший – ділянки без ознак “підтоплення”; другий – підняття рівня першого водоносного горизонту в межах перших десятків сантиметрів; третій – від півметра до 1 м; четвертий – декілька метрів. За місцезнаходженням третього таксона (розташований на південь від ставка-накопичувача) зафіксовано фільтрацію води з нього у б. Свистунова. Незважаючи на те що рівень верхньої частини гребеня дамби водосховища становить 151 м, а рівень наповнення води в ньому – тільки 147 м, дослідження показують необхідність укріплення основи південної частини дамби. Це пов'язане з тим, що інфільтрація під статичним тиском технічних вод проходить у межах першого від поверхні водоносного горизонту, а та-

кож проникає до розташованих нижче горизонтів, що підтверджується спостереженнями в спеціально обладнаних свердловинах.

Найвищий рівень і швидкість підняття першого водоносного горизонту з негативними техногенними явищами зафіксовано у західній частині площі (рис. 3) у вигляді провалів, зсувів, активізації карстових процесів, місцевих підтоплень (села Новоселівка, Інгулець та у північній частині сел. Широке), де попередніми комплексними геофізичними дослідженнями було виявлено численні пустоти карстового й техногенного походження [3].

Інженерно-геологічне районування території промзони Кривбасу. Проведений комплекс геолого-геофізичних досліджень, а також детальний аналіз попередніх робіт на цій території дали змогу деталізувати карту районування за інженерно-геологічними умовами, які характеризуються типом рельєфу, переважними глибинами рівнів підземних вод, напрямками стоку підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту та основними рисами і тенденціями неотектонічних рухів, що можуть впливати на зміну режиму підземних вод (рис. 4).

Оцифровані дані досліджень методом ВЕЗ з фондів ДГЕ “Дніпрогеофізика” (рис. 4), виконаних у 1983 р., разом з даними спостережень у 2008 р. дали змогу отримати карту зміни значень уявного опору за проміжок часу з 1983 по 2008 р. (рис. 5).

Як показано на рис. 5, геоелектричний опір масиву за 25 років змінився відповідно до геологічних умов вивченої території, що дало змогу конкретніше деталізувати існуючу схему інженерно-

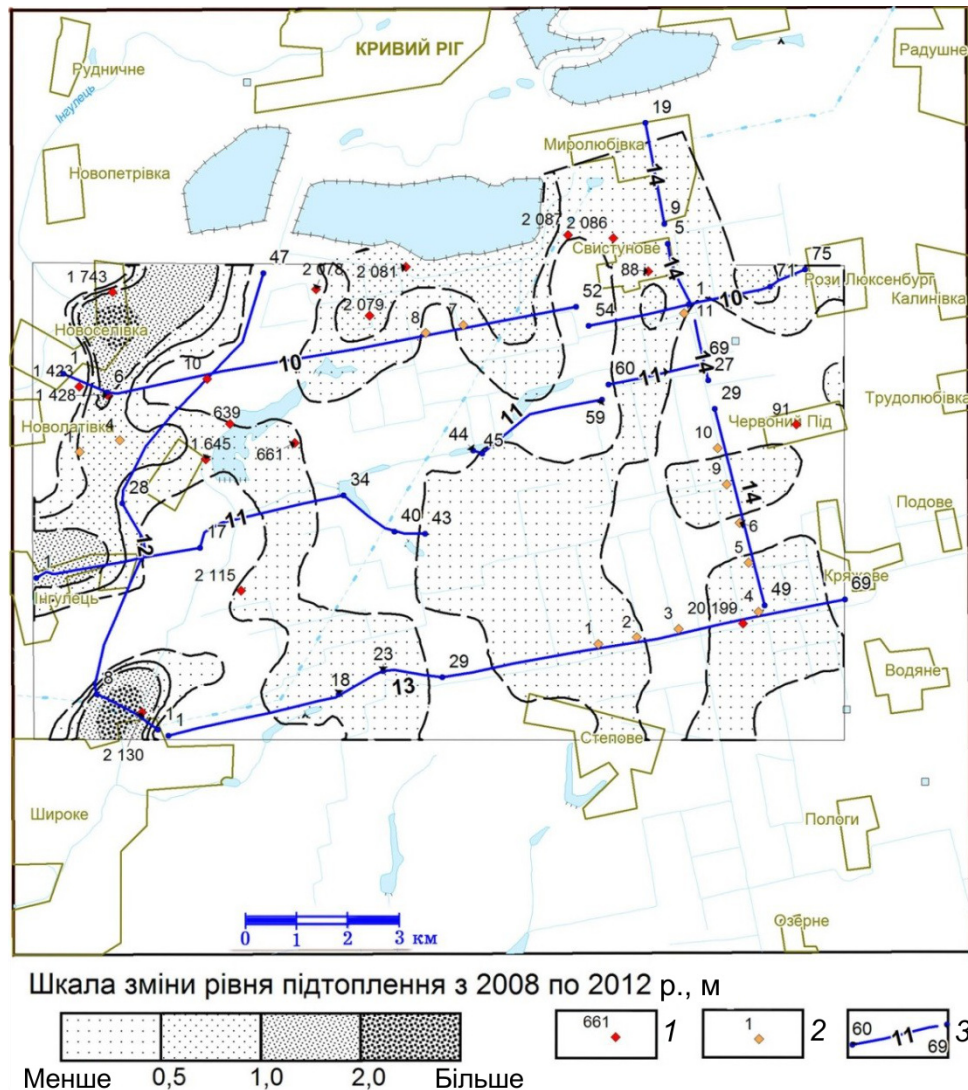


Рис. 3. Прогнозна карта складової "підтоплення" у рівні підземних вод за період 2008–2012 рр.: 1 – точка, в якій визначено рівень підземних вод і номер свердловини або колодязя; 2 – свердловина інтерпретаційного буріння та її номер; 3 – профіль ВЕЗ та його номер, номери кінцевих точок на профілі

Fig. 3. Prediction card is "flooding" in the level of groundwater in the period from 2008 till 2012: 1 – the points at which the level of groundwater are determined (wells number); 2 – wells of interpretative drilling; 3 – profiles of VES and their number, number of endpoints to profile

геологічного районування. Згадана карта засвідчує перебіг процесів карстоутворення в часі (західна частина площі) за чверть століття, на ній позначено місця поширення сучасних порожнин, а також ділянки їх зволоження (рис. 5).

На карті інженерно-геологічного районування (див. рис. 4) за геолого-геоморфологічними, геофізичними та гідрогеологічними особливостями виділено п'ять районів і специфічні ділянки, які досить потужно впливають на стан об'єктів природокористування, що має особливо важливе значення для сільськогосподарських виробництв і розміщених на цій площі населених пунктів. Разом з тим інженерно-геологічні умови значною мірою залежать від дії функціонуючих промислових споруд: кар'єрів, відвалів, хвостосховищ, ставків-накопичувачів.

Перший інженерно-геологічний район характеризується широким розвитком техногенного рельєфу.

Саме тут розміщена південна ділянка залізрудного кар'єру Південного ГЗК з його численними відвалами та хвостосховищами, частиною виробничо-технічної території з дамбами, мостами, залізничними коліями, технологічними дорогами, каналами, численними дренажними спорудами та ін.

Рівні підземних вод у цьому районі доволі мінливі. Крім природних чинників на них впливає технологічний режим споруд гірничовидобувного комплексу. Передусім це відкачування води з кар'єру, що призвело до утворення досить широкої та глибокої депресійної вирви на правому березі, а також водонасичення відвалів, які накопичують, а потім віддають воду. Ускладнюють гідрогеологічні умови території і водні режими хвостосховищ. У результаті переважні рівні підземних вод на лівому березі р. Інгулець варіюють в інтервалі 2–3 м, а іноді перевищують його [3].

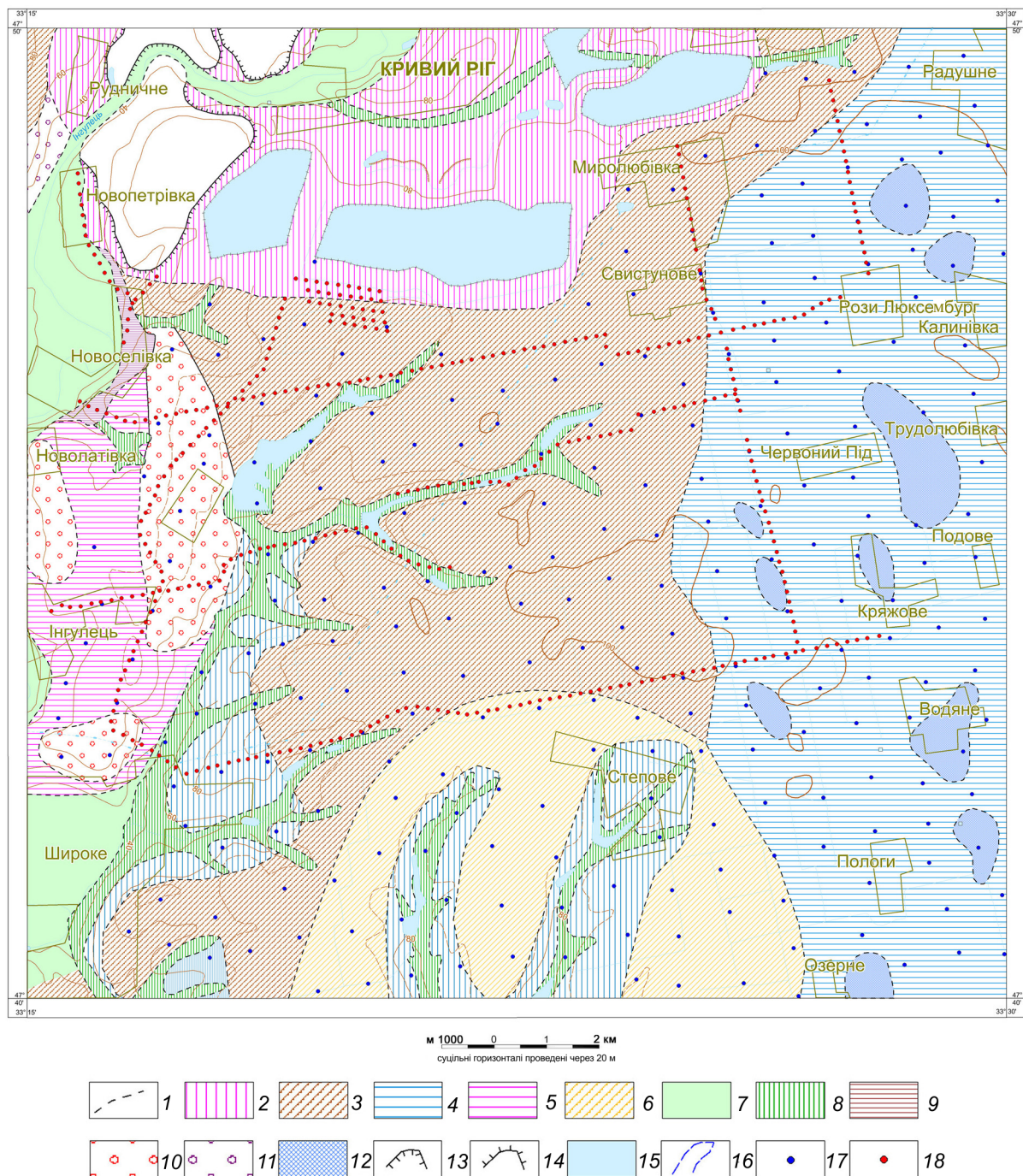


Рис. 4. Схема інженерно-геологічного районування площі промзони м. Кривий Ріг: 1 – межі районів за інженерно-геологічними умовами; 2 – район розвитку техногенного підтоплення; 3 – район розвитку природно-техногенного підтоплення; 4 – район розвитку подових улоговин з періодичним підтопленням; 5 – район розвитку диференційованих сучасних піднять та ерозійних процесів з активним водообміном, сприятливим для розвитку карстових процесів; 6 – район розвитку яружно-балкового рельєфу з активним розвантаженням водоносних горизонтів; 7 – ділянки високого стояння ґрунтових вод у долині ріки; розвиток алювіально-делювіальних сучасних відкладів; 8 – ділянки розвитку алювіально-делювіальних сучасних відкладів у лівих притоках р. Інгулець; 9 – ділянки сучасного та можливого розвитку зсувних процесів; 10 – ділянки сучасного карстового рельєфу; 11 – ділянки розвитку карстового рельєфу, що передбачаються; 12 – ділянки розвитку безстокових подових улоговин; 13 – кар'єри; 14 – відвали; 15 – хвостосховища; 16 – ставок-накопичувач шахтних вод б. Свистунова; 17 – точки спостережень методом ВЕЗ у 1983 р.; 18 – точки спостережень ВЕЗ у 2008 та 2012 рр. [1–3]

Fig. 4. Scheme of engineering-geological zoning of the area of the industrial zone of Krivoy Rog: 1 – the borders of areas of engineering and geological conditions; 2 – an area of man-made flooding; 3 – an area of natural and man-made flooding; 4 – area of hollows with periodic flooding; 5 – area of differentiated modern uplift and erosion processes with the active water exchange, favorable for the development of karst processes; 6 – an area of gullies and ravines relief with active discharge of aquifers; 7 – areas of high groundwater standing in the river valley. The development of modern alluvial-talus deposits; 8 – areas of alluvial-diluvial modern deposits in the left inflows of the river Ingulets; 9 – areas of modern development and possible landslides; 10 – areas of modern karst relief; 11 – areas of karst development relief; 12 – areas of without drain hollows; 13 – career; 14 – dumps; 15 – tailings; 16 – storage pond of mine water of balk Svistunov; 17 – observation point by VES at 1983; 18 – observation point by VES at 2008 and 2012 [1–3]

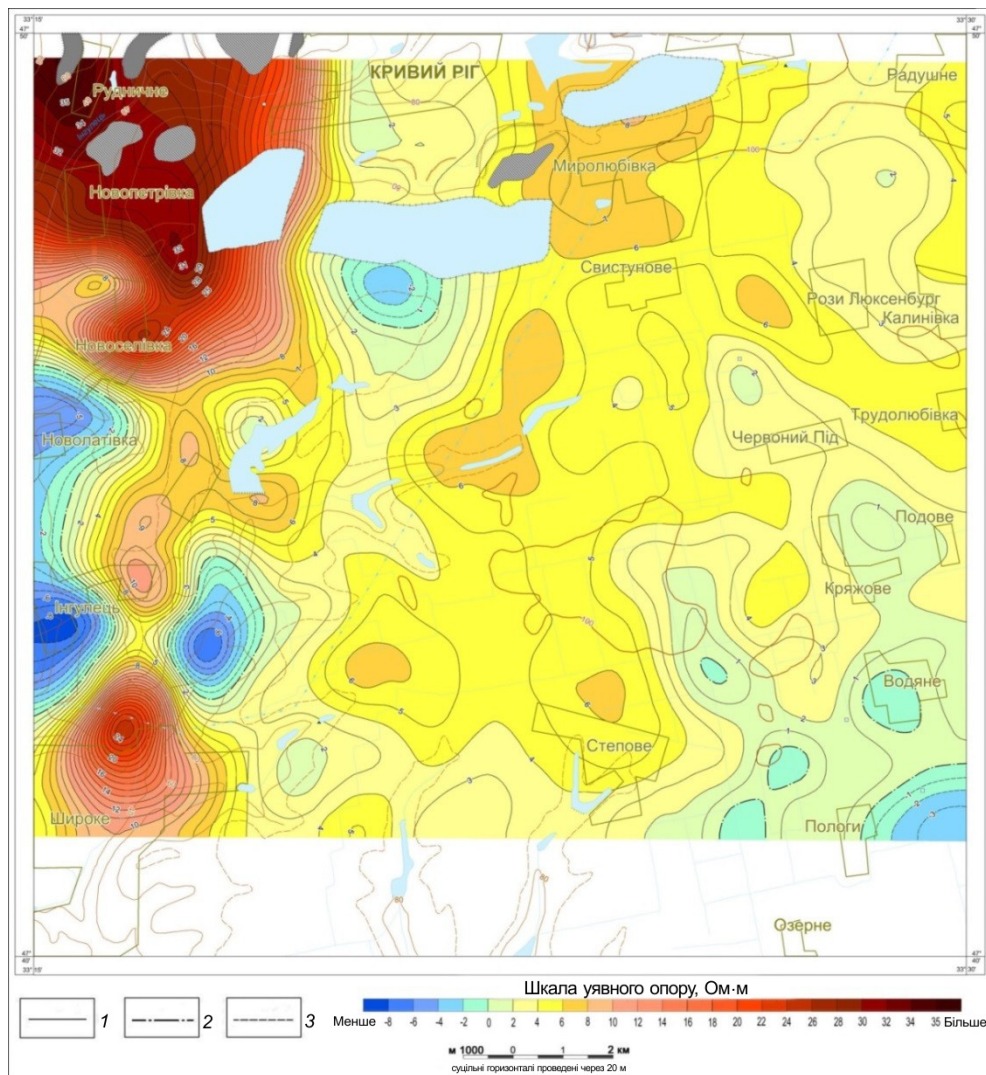


Рис. 5. Карта зміни значень уявного опору за проміжок часу з 1983 по 2008 р. Ізолінії: 1 – додатних змін значень уявного опору, 2 – нульових, 3 – від’ємних

Fig. 5. Graph of changes of apparent resistivity values from 1983 till 2008. Isolines: 1 – positive changes of the values of the apparent resistivity, 2 – zero, 3 – negative

Перший від поверхні водоносний горизонт забруднений внаслідок інфільтрації промислових вод з відвалів, водосховищ, технологічних водотранспортних систем.

У свою чергу, підтоплення відвалів призводить до формування зсувів на їх основі та провалів у дні. Фільтрація технічних вод через захисні дамби та дренажні системи хвостосховищ спричинює забруднення підземних вод.

Другий інженерно-геологічний район характеризується розвитком системи яружно-балкових і залишкових вододільних морфоструктур. Місцевим базисом ерозії є б. Широка – ліва притока р. Інгулець. Глибини залягання першого від поверхні водоносного горизонту в межах району доволі мінливі, найчастіше сягають 7–8 м, іноді більше. Виявлено зони неотектонічних порушень різних напрямків, одну з них зафіксовано вздовж б. Широка. Асиметрична будова балки пов’язана з неотектонічним підняттям, яке розміщується з правого борту, та з нахиленням на захід блока кристаліч-

них порід, що знаходиться на лівому схилі балки. Дрібноблокова будова фундаменту та наявність активних неотектонічних рухів різного напрямку і є причиною мінливого рівня підземних вод [3].

Третій інженерно-геологічний район характеризується одними з найвищих відміток поверхні. У його межах за висотними відмітками закартовано своєрідні овальні або круглі безстокові подові улоговини. Це відносно невеликі за площею низини на фоні нижчих відміток. Перепади висот в цілому незначні – від 1–1,5 до 2–3 м. Дно подових улоговин часто збагачено глинистими часточками, тому поверхня чорноземного ґрунту дещо змінює свою структуру в бік зменшення псефітової складової [1].

Появу подових улоговин ми пов’язуємо з місцевими осіданнями земної поверхні через суфозійні процеси. Ці зміни зумовлені розривними тектонічними зонами в кристалічному фундаменті, які поширюються крізь всю осадову товщу. Внаслідок більшої пластичності та неоднорідності покривних порід прояви розривних тектонічних зон не такі

явні, як у кристалічних породах. Однак постійні напруження, наявність крихкіших порід типу вапняків допомагають виявляти певні ознаки таких зон. Одна з важливих ознак — водонасичення або підвищена водопроникність осадової товщі. За даними електрометричних зніманих методами ВЕЗ і природного поля [1–4], такі зони виявлено за різними змінами уявного опору і параметрів електричного поля як під час нинішніх досліджень, так і за різницею їх вимірів у 1984 та 2008 рр.

Грунтові води району мають високі рівні, що особливо характерно для подових улоговин, очевидно, дуже давнього походження. Тут також утворилась доволі чітко проявлена зона з відносно глибокими рівнями залягання ґрунтових вод (рис. 4 [2, 3]). Переважно вона збігається з широкими зонами горизонтальних градієнтів гравітаційного поля, що свідчить про наявність у цьому місці регіонального субмеридіонального розлому. Цей розлом можна класифікувати як зону підвищеної проникності (ЗПП). Частково такий висновок підтверджується фіксацією виявленої зони за даними кореляції розривних тектонічних порушень на профілях електрометричних спостережень у північно-східній частині площі, а також за результатами біолокаційних досліджень. Рух підземних вод неактивний, здебільшого в напрямках, що ведуть до зниження відміток рельєфу та, очевидно, в глибинні горизонти [3].

Четвертий інженерно-геологічний район охоплює в основному східні схили долини р. Інгулець, а також присхиліві території. Північний фрагмент долини засипаний Правобережним відвалом на правому березі та південніше — Лівобережним відвалом. Центральний фрагмент долини знаходиться південніше смт Інгулець і представлений руслом з невеликою частиною заплави та надзаплавної тераси і крутим бортом східного схилу долини. На цьому схилі поширені сучасні яри та численні виміни і улоговини.

Південний фрагмент характеризується доволі великою низовиною, в якій розміщується районний центр Широке. В цьому місці русло р. Інгулець утворює широку петлю, а долина ріки — широку низину, яка належить до заплави та першої надзаплавної тераси. В цю низину впадає долина б. Широка.

На правому березі знаходиться місцевий вододіл між долинами р. Інгулець та б. Широка. Він майже повністю відображується аномально низькими значеннями гравітаційного поля, що, на нашу думку, пов'язано з наявністю молодих (протерозойських) мікроклін-плагіоклазових гранітів, які мають найнижчу густину серед гранітоїдів [3].

Вододіл має чітку тенденцію до підняття, що підтверджується крутими схилами як долини р. Інгулець, так і долини б. Широка, поширенням на них молодих ярів, виміин, улоговин. Такий самий вододіл, але значно менших розмірів, знаходиться на правому боці б. Свистунова. Рівні підземних

вод переважно перевищують 5 м, крім невеликої ділянки, що розміщується на південний захід від ставка-накопичувача б. Свистунова, де встановлено неглибоке залягання ґрунтових вод.

У цілому для району характерні негативні геологічні явища, які виникають через специфічні інженерно-геологічні умови із зафіксованими провалами, зсувами, активізацією карстових процесів, місцевими підтопленнями. Провали спостерігаються в межах правобережних відвалів у селищах Рудничне, Новопетрівка, Рахманівка.

Поблизу західної межі площі (рис. 5) проведено комплексні геофізичні дослідження, які виявили численні пустоти карстового і техногенного походження [3].

На крутих схилах долини р. Інгулець, а також на схилах відвалів за великого зволоження відбуваються зсувні процеси. Перезволоження може виникати як через рясні атмосферні опади, так і внаслідок додаткового зволоження з відвалів або ставків-накопичувачів.

За надмірного зволоження негативні інженерно-геологічні явища типу провалів і зсувів можуть з'являтися в населених пунктах Новопетрівка і Новоселівка, де вони формуються і на періодичній, і на постійній основі, особливо за надмірного надходження підземних вод з першого та з інших водоносних горизонтів (див. рис. 3). Такі процеси стосуються і населеного пункту Новоселівка, де зафіксовано припливи води з першого від поверхні водоносного горизонту у локальному піднятті, що є продовженням лівобережного активного підняття на півдні, а також за рахунок фільтрації з понт-сарматського водоносного горизонту.

Певну загрозу зсувних процесів можна прогнозувати для південної частини смт Інгулець, а також для північної та східної околиць райцентру Широке, де також на круті схили виходять пласти глибших водоносних горизонтів, у тому числі з водонасичених вапняків понт-сарматського віку.

П'ятий інженерно-геологічний район охоплює верхів'я низини, де формується водозбірний басейн б. Перша Кобильна, з двома верхніми притоками другого порядку — правою і лівою. Між ними знаходиться вододільна площа з відмітками 93–95 м. Цей район характеризується високим стоянням рівня підземних вод — у межах 2–2,5 м [3]. На пологих схилах правої та лівої приток перший водоносний горизонт розвантажується, часто утворюючи природні джерела та ключі, що функціонують періодично, рідко постійно. Ці схили у певні періоди активних атмосферних опадів можуть бути інтенсивно водонасиченими.

Висновки. За результатами комплексних геофізичних досліджень інженерно-геологічного стану південно-західної частини Кривбасу виявлено основні риси її будови та окреслено певні перспективи розвитку сучасних інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів, що висвітлено нижче.

1. Визначено ділянки негативних інженерно-геологічних проявів (провали, зсуви, підтоплення) та спрогнозовано їх подальший розвиток.

2. Виведено аналітичну залежність зміни уявного електричного опору досліджених територій від рівня зволоження ("підтоплення"), за допомогою якої можна картувати площу поширення цього процесу.

3. Визначено вплив сучасної техногенної складової на рівень стояння першого водоносного горизонту, яка утворилася за проміжок часу з 2008 по 2012 р., та показано, що її формування було не рівномірним, а мозаїчним.

4. Встановлено головні риси інженерно-геологічної будови, яка характеризується типом рельєфу, переважними глибинами рівнів підземних вод, напрямками стоку підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту та основними проявами і тенденціями неотектонічних рухів, які, на нашу думку, істотно впливають на зміну режиму підземних вод.

Результати досліджень дають змогу інформувати міську владу та адміністрацію гірничо-збагачувального комбінату про необхідність укріплення південної частини дамби шламосховища

"Об'єднане" для уникнення підтоплення територій, розташованих на південь від нього, не очікуючи прояву надзвичайних ситуацій.

Список бібліографічних посилань

1. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану Південно-Західного Кривбасу. Частина 1. Фізико-геологічні передумови досліджень. *Геоінформатика*. 2016. № 3 (59). С. 25–31.
2. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану Південно-Західного Кривбасу. Частина 2. Результати застосування геоелектричних методів при обстеженні ділянок підтоплення. *Геоінформатика*. 2016. № 4 (60). С. 62–74.
3. Свистун В.К. Використання геофізичних методів при вирішенні геоекологічних проблем Кривбасу. Дис. ... канд. геол. наук: 04.00.22. Геофізика: Дніпропетровськ, ДНВЗ "НГУ". 2016. 182 с.
4. Кирилюк О.С., Пігулевський П.Г., Свистун В.К. Використання геоелектричних методів під час вивчення впливу техногенних споруд на гідрогеологічний режим Південного Кривбасу. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2016. № 2. С.137–144.

Надійшла до редакції 15.02.2017 р.

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРИВБАССА. ЧАСТЬ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

П.И. Пигулевский^{1,2}, В.К. Свистун¹, А.С. Кирилюк³

¹Днепропетровская геофизическая экспедиция "Днепрогеофизика" ГПП "Укргеофизика", ул. Геофизическая, 1, г. Днепро, 49057, Украина, e-mail: dpge@ukr.net

²Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина, e-mail: pigulev@ua.fm

³Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины, ул. Московская, 6, г. Днепро, 49000, Украина, e-mail: ippe-main@svitonline.com

Анализируются возможности эффективного использования геоэлектрических методов при изучении инженерно-геологического состояния территории Кривбасса и влияния техносферы на ее гидрогеологическую среду. В третьей части статьи по результатам проведенных в разные годы исследований геоэлектрическими методами и их комплексированию с геолого-гидрогеологическими наблюдениями рассмотрена 3D модель изменений геоэлектрических параметров по латерали и глубине и представлена результативная карта увлажнения ("подтопления") исследуемой площади за 4-летний период с 2008 по 2012 г. под влиянием естественных и гидротехнических сооружений. Эти материалы в совокупности с результатами предыдущих геолого-геофизических исследований позволили построить карту инженерно-геологического строения Юго-Западного Кривбасса. Приведены практические примеры использования результатов исследований геоэлектрическими методами с уточнением и конкретизацией некоторых отдельных особенностей гидрогеологического и инженерно-геологического состояния территории региона в зависимости от антропогенного влияния на ее геоэкологическую обстановку.

Ключевые слова: Криворожский бассейн, геоэлектрические свойства, подтопление, инженерно-геологическое состояние, вертикальное электрическое зондирование.

GEOELECTRIC STUDY OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITION OF SOUTHWESTERN KRYVBAS. PART 3. THE RESULTS OF APPLICATION GEOELECTRIC METHODS IN SOLVING GEOTECHNICAL PROBLEMS

P.I. Pigulevskiy^{1,2}, V.K. Svystun¹, O.S. Kyryliuk³

¹Dnipropetrovsk geophysical expedition "Dniprogeofizika" SGE "Ukrgeofizika", 1, Geophysical Str., Dnipro, 49057, Ukraine, e-mail: dpge@ukr.net

²Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, 32, Palladin Ave., Kyiv, 03680, Ukraine, e-mail: pigulev@ua.fm

³Institute for Nature Management Problems and Ecology, NAS of Ukraine, 6, Moscovskaya Str., Dnipro, 49000, Ukraine, e-mail: ippe-main@svitonline.com

Purpose. The aim of the article is to apply geophysical surveys to studying engineering-geological conditions of the south-western part of Kryvbass in solving problems of ecological safety.

Design/methodology/approach. Analysis of the changes of geo-electric resistance in the four years from 2008 till 2012 and hydrogeological studies of wells observation allowed us to establish their connection with fluctuations in the water level over this period and obtain an analytical equation to determine the component of "flooding" in the first surface of the aquifer.

Joint processing of geoelectric studies carried out at 1983 and 2008 permitted to obtain a detailed geotechnical zoning study area.

Findings. Based on the results obtained, research maps were made which clarify and specify the features of the geoelectric state of the investigated area both in three-dimensional space and time (the period from 2008 till 2012). Using analytical equations to determine the component of "flooding" in the first surface of the aquifer made it possible to build a productive map showing the impact of natural and hydraulic engineering works in the study area for the four-year period. The data of geoelectric studies carried out at 1983 and 2008, together with the results of the previous geological and geophysical studies, allowed us to make a detailed map of the engineering-geological condition of southwest of Kryvbass.

We have given practical examples of applying the research results of geoelectric methods to clarifying and specifying particular features of the hydrogeological and geotechnical conditions depending on the anthropogenic impact on the geoeological situation of the south-western Kryvbass.

Practical value/implications. The proposed technology of research can quickly detect and map the zones of flooding by geoelectric methods and increase the accuracy of engineering and geological zoning for complex study of the effect of the technosphere on the geological environment of Kryvbass in solving problems of ecological safety.

Keywords: Krivoy Rog basin, electrical properties, flooding, vertical electrical sounding (VES), natural electric field.

References:

1. Pigulevskiy P.I., Svystun V.K., Kyryliuk O.S. Geoelectric study of engineering-geological condition of southwestern Kryvbass. Part 1: Physical and geological background. *Geoinformatika*, 2016, no. 3 (59), pp. 25-31 [in Ukrainian].
2. Pigulevskiy P.I., Svystun V.K., Kyryliuk O.S. Geoelectric study of engineering-geological condition of southwestern Kryvbass. Part 2: The results of the application of geoelectric methods in the survey of flooding areas. *Geoinformatika*, 2016, no. 4 (60), pp. 62-74 [in Ukrainian].
3. Svystun V.K. Vykorystannja geofizychnyh metodiv pry vyrishenni geoekologichnyh problem Kryvbasu: dys. ... kand. geol. nauk. Dnipropetrovsk, Ukraine, DNVZ "National Mining University", 2016, 182 p. [in Ukrainian].
4. Kyryliuk A.S., Pigulevskiy P.I., Svystun V.K. Using of geo-electrical methods at the study of modern flooding at the south Kryvbass. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho heolohorozviduvalnoho instytutu*. Kyiv, Ukraine, 2016, no. 2, pp. 137-144 [in Ukrainian].

Received 15/02/2017