

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Національний гірничий університет»

***СВИСТУН ВОЛОДИМИР КИРИЛОВИЧ***



УДК 550.83:504

**ВИКОРИСТАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИРІШЕННІ  
ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ КРИВБАСУ**

Спеціальність 04.00.22 – ГЕОФІЗИКА

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата геологічних наук

Дніпропетровськ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Дніпропетровській геофізичній експедиції «Дніпро-геофізика» ДГП «Укргеофізика» Державної служби геології та надр України та на кафедрі геофізичних методів розвідки Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**Науковий керівник:**

доктор геологічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Пігулевський Петро Гнатович**,  
старший науковий співробітник  
відділу сейсмічної безпеки  
Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна  
НАН України  
(м. Київ)

**Офіційні опоненти:**

доктор геолого-мінералогічних наук,  
професор  
**Кузьменко Едуард Дмитрович**,  
завідувач кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики  
Івано-Франківського національного університету нафти і газу  
Міністерства освіти і науки України;  
кандидат геологічних наук,  
**Ніколаєв Іван Юрійович**,  
старший науковий співробітник відділу  
геохімічних, геологічних та  
дистанційних методів досліджень  
Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М. П. Семененка НАН України  
(м. Київ)

Захист відбудеться “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.05 при ДВНЗ «Національний гірничий університет» за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, пр. Карла Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДВНЗ «Національний гірничий університет» за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, пр. Карла Маркса, 19.

Автореферат розісланий „\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2016 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
к. геол. наук, доцент

І.І. Курмельов



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сучасні масштаби господарської діяльності та екстенсивне нарощування її обсягів посилюють негативний вплив на природу і призводять до порушення екологічної рівноваги багатьох промислових районів України. В Криворізькому залізорудному басейні (Кривбасі) збільшення видобутку залізних руд з одночасним накопиченням відходів гірничо-видобувної діяльності зумовило значну деградацію довкілля. Міська агломерація та промислові об'єкти постійно зазнають втрат від впливу таких техногенно-небезпечних процесів як провали, зсуви, підтоплення, утворення пустот під житловими масивами, які все частіше супроводжуються сейсмічними подіями різної природи.

Тому актуальною науковою задачею є визначення масштабів техногенно-небезпечних процесів на основі узагальнення петрофізичних властивостей гірських порід та оцінка можливостей просторового картування геофізичними методами підземних пустот в кристалічному фундаменті, ділянок підтоплення в осадовому чохла з метою прогнозування провальнo-зсувних місць техногенного походження і вивчення природи сейсмічних явищ на території Кривбасу.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана згідно з науковими планами кафедри геофізичних методів розвідки Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» та науково-виробничою діяльністю Дніпропетровської геофізичної експедиції (ДГЕ) «Дніпрогеофізика»: «Вивчення геофізичними методами інженерно-геологічного стану південно-західної частини гірничо-промислового Кривбасу» (У-07-312(Г)/8); «Виявлення та картування геофізичними методами підземних техногенних пустот для прогнозування провальнo-зсувних явищ та їх подальшого розвитку з метою попередження аварійно-небезпечних ситуацій на території Кривбасу» (У-12-291/13). Результати цих досліджень були використані при розробці «Концепції Державної програми дослідження стану Криворізького залізорудного басейну для запобігання виникненню на його території катастрофи техногенного та природного характеру на 2013 – 2016 роки» (КМ України, 06.03.2013 р. № 178-р). Здобувач приймав участь у науково-дослідній роботі Інституту геофізики (ІГФ) НАНУ за темою № 1.5.2.177, III-27-09 «Сейсмічні та геофізичні спостереження на платформній території України у 2009-2013 рр.» (№ держреєстрації 0109U000100).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є визначення геолого-екологічного стану території Кривбасу геофізичними методами та природи формування сучасного підвищеного рівня місцевої сейсмічності.

**Основні завдання досліджень:** 1) сформувати геоінформаційну базу даних геофізичних, петрофізичних, геологічних та екологічних досліджень попередніх років; 2) узагальнити геологічні та геофізичні матеріали і розробити моделі будови для окремих ділянок; 3) простежити та уточнити за

гравімагнітними полями морфологію розломів різних рангів, які можуть впливати на розвиток природних пустот, провальні-зсувні явища та зон підтоплення; 4) виконати дослідження та розробити рекомендації з оптимального комплексу геофізичних методів для виділення підземних пустот в кристалічному фундаменті і прогнозування місць провальні-зсувних явищ техногенного походження; 5) встановити аналітичні залежності для виявлення та картування геоелектричними методами ділянок підтоплення в просторі та часі в межах південно-західної «промзони» Кривбасу; 6) провести вивчення та систематизацію геодинамічних процесів для встановлення критеріїв розподілу місцевих сейсмічних подій на природні або техногенні на основі даних моніторингу гідрогеодеформаційних параметрів підземних вод та сейсмологічних спостережень.

Об'єкт досліджень: фізичні властивості геологічного середовища та їх зміни під впливом техногенного навантаження у Кривбасі.

Предмет досліджень: інженерно-геоекологічний стан території Криворізької агломерації за геолого-гідро-геофізичними даними.

Методи досліджень: комплексні польові дослідження методами аудіо-магнітотелуричного (АМТЗ), аудіо-магнітоваріаційного (АМВЗ) зондувань, резонансно-акустичного профілювання (РАП), вертикального електричного зондування (ВЕЗ), природнього поля (ПП), обробка та геологічна інтерпретація цих результатів, комплексна інтерпретація наявної геолого-геофізичної інформації, сейсмологічний та гідрогеодеформаційний моніторинг.

***Основні наукові положення, що виносяться на захист:***

1. Виявлення та картування підземних пустот в кристалічному фундаменті і місць провальні-зсувних явищ техногенного походження виконується за допомогою аудіо-магнітотелуричного та аудіо-магнітоваріаційного зондувань в комплексі з резонансно-акустичним профілюванням. Їх пошукові критерії наступні: для ділянок воронкоутворення –  $1 \div 10$  Ом·м; для ділянок відпрацьованого простору –  $200 \div 1000$  Ом·м. За додаткові ознаки приймаються їх співпадіння з зонами збільшених градієнтів та структурних особливостей частотного спектру і амплітуд зареєстрованих методом РАП.

2. Оконтурення меж водонасичених ділянок навколо відвалів та хвостосховищ у південно-західній «промзоні» Кривбасу з прогнозуванням динаміки та напрямів потенційної загрози підтоплення навколишньої території в залежності від висотних відміток гідротехнічних споруд та інженерно-геологічних умов виконується за допомогою вертикального електричного зондування та природнього поля. Для переходу від уявного опору до визначення величини рівня зволоження верхньої частини розрізу, необхідно використовувати виведене аналітичне рівняння лінійної регресії, що дозволяє побудувати карти значень сучасної складової підтоплення цієї території.

3. Місцеві сейсмічні явища необхідно класифікувати за даними сумісного аналізу моніторингових спостережень за сейсмічними коливаннями і гідрогеодеформаційними змінами режиму підземних вод на підставі миттєвих геодинамічних змін в режимі коливань останніх. Одержані критерії дозволяють поділити сейсмічні події на типи: потужні техногенні вибухи, техногенно-природні явища; природні (тектонічні) землетруси.

***Наукова новизна одержаних результатів:***

1. Вперше виконано ранжування території за ступенем й переважним напрямом анізотропії («роздробленості») земних надр з врахуванням впливу розломно-блокової тектоніки Кривбасу на протікання сучасних геоекологічних явищ, які обумовлюють розвиток підземних пустот в кристалічному фундаменті, провальні-зсувних явищ та ділянок підтоплення;

2. Вперше розроблені і методично обґрунтовані критерії виявлення та картування підземних пустот і місць провальні-зсувних явищ техногенного походження комплексом геофізичних методів АМТЗ, АМВЗ та РАП з визначенням за результатами 2D математичного моделювання їх кількісних характеристик;

3. Вперше встановлено тісний зв'язок зміни значень уявного опору від інтенсивності розвитку підземного зволоження, який дозволив отримати лінійне рівняння регресії для складання прогнозних карт динаміки сучасної складової підтоплення в залежності від інженерно-геологічних умов та наповненості гідротехнічних споруд гірничо-видобувного комплексу;

4. Вперше отримані та сумісно проаналізовані результати безперервного в часі моніторингу параметрів підземних вод в гідрогеодеформаційному середовищі і місцевих сейсмічних подій території Кривбасу, що дозволило «локальні землетруси» класифікувати як природні або техногенні.

***Практичне значення одержаних результатів.*** Методика виявлення та картування геофізичними методами підземних пустот в кристалічному фундаменті і площ підтоплення та розроблені в дисертації тектонічні моделі окремих ділянок Кривбасу використовуються в рамках геофізичних та геологозйомочних робіт ДГП «Укргеофізика», КП «Південукргеологія» та при проектному плануванню забудови міста ДП «КП «Кривбаспроект».

Методичні розробки та результати виявлення і картування геоелектричними методами ділянок підтоплення навколо відвалів та хвостосховищ з прогнозуванням динаміки потенційної загрози підтоплень територій в залежності від інженерно-геологічних умов забезпечують можливість аналітичного розраховування оптимальних висотних відміток гідротехнічних споруд та рівня їх наповнення для попередження негативних проявів техногенезу.

Сумісний аналіз результатів спостережень гідрогеодеформаційних параметрів підземних вод з сейсмологічним моніторингом території Кривбасу дозволяє фахівцям ІГФ НАН України систематизувати місцеві землетруси.

Отримані при виконанні досліджень результати і методичні розробки можуть використовуватися для учбово-методичних цілей в ДВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) та ДВНЗ «Криворізький національний університет» (м. Кривий Ріг).

**Особистий внесок здобувача.** В основу роботи покладено особисті методичні розробки та результати проведених досліджень території Кривбасу за період з 1998 по 2014 рр. під час виконання науково-тематичних геолого-геофізичних і договірних робіт з різними установами м. Кривий Ріг та договору про науково-технічну співпрацю з ІГФ НАН України.

Визначення оптимального комплексу і методичні розробки виявлення та картування геофізичними методами підземних пустот в кристалічному фундаменті виконано здобувачем з врахуванням технічних можливостей апаратури для реєстрації змін фізичних властивостей досліджуваних об'єктів. Розроблена методика виявлення ділянок підтоплення дала змогу вивчити інтенсивність та напрямки підземного зволоження і оцінити їх розвиток в часі.

Здобувач безпосередньо брав участь в організації і проведенні досліджень, систематизації і інтерпретації геолого-геофізичних матеріалів в ДГЕ «Дніпрогеофізика». В рамках цих робіт були побудовані: зведені «Карти гравітаційного та магнітного полів території Кривбасу» та «Структурно-тектонічна карта докембрійських утворень Кривбасу» (співавтори Ю.П. Мечников, П.Г. Пігулевський) у масштабі 1:50 000. Здобувач керував групою та виконував особисто комплексну інтерпретацію в рамках проекту «Вивчення геофізичними методами інженерно-геологічного стану південно-західної частини гірничо-промислового Кривбасу». Здобувачем особисто розроблена модель гідро-геологічної будови приповерхневої частини земної кори окремих ділянок Кривбасу на базі комплексних досліджень та побудована модель розвитку підтоплення таких територій за останні роки.

**Обґрунтованість і достовірність** наукових положень, висновків і рекомендацій базується на значному обсязі опрацьованої різномасштабної геолого-геофізичної інформації та підтвердженням теоретичних результатів даними маркшейдерських спостережень та бурових робіт.

**Апробація результатів дисертації.** Результати геолого-геофізичних досліджень викладені в 3 геофізичних звітах, які доповідалися й обговорювалися на нарадах Державної служби геології та надр України.

Найбільш важливі положення дисертаційної роботи апробовані на багатьох міжнародних і республіканських конференціях:

«Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів» (Дніпропетровськ, 1998-2015); «Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища» (Київ, 2000, 2001, 2012, 2015); «Техногенно-екологічна безпека, як умова сталого розвитку України» (Львів, 2002); «Геофізичні технології прогнозування та

моніторингу геологічного середовища» (Львів, 2011, 2013) на міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (м. Київ, 2013, 2015); на міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні технології розробки рудних родовищ. Еколого-економічні наслідки діяльності підприємств ГМК» (м. Кривий Ріг, 2012, 2015).

**Публікації.** Основні результати дисертації опубліковано в 24 наукових роботах: 1 монографія, 12 статей в наукових журналах та збірниках наукових праць (серед них – 8 у фахових виданнях України, 3 – Росії, 1 – Scopus), 11 тезисів доповідей на міжнародних конференціях та семінарах.

**Обсяг і структура роботи.** Дисертаційна робота викладена на 182 сторінках і складається з вступу, 5 розділів, які ілюструються 55 рисунками, висновків, списку використаних джерел з 143 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** викладено загальну характеристику дисертації: мета та задачі досліджень, охарактеризовано наукове і практичне значення роботи, її актуальність, новизну, особистий внесок автора, зв'язок з науковими програмами Інституту геофізики НАН України, польовими та тематичними роботами ДГЕ «Дніпрогеофізика», апробацію результатів.

**В першому** розділі на основі ґрунтового узагальнення літературних і фондових джерел викладений огляд геолого-геофізичних досліджень будови і фізичного стану верхньої частини земної кори Кривбасу.

Значний внесок в вивчення геологічної будови Криворізького району зробили фундаментальні праці М.П. Семененка, Р.Я. Белєвцева, М.С. Курлова.

На території досліджень виконано великий обсяг геологічних, геофізичних та гідрогеологічних досліджень різних масштабів та різної спрямованості. Результати досліджень викладено в звітах та наукових працях: В.М. Гладкого, М.Н. Доброхотова, В.П. Жука, В.К. Бутиріна, В.В. Захарова, М.С. Курлова, Г.Є. Змієвського, А.В. Мартинюк, Ю.П. Мечникова, В.В. Решетняка, О.І. Гуляк, Л.Й. Золотарьової, Т.В. Кулькової, І.Ю. Ніколаєва, І.С. Паранько та інших.

В рамках державної програми з 1996 р. під керівництвом І.Д. Багрія було розпочато еколого-економічний експеримент, за результатами якого встановлені умови формування та просторового поширення основних видів забруднення і порушення природного навколишнього середовища м. Кривий Ріг. Значний теоретичний і практичний вклад з вивчення техногенних явищ зробив Е.Д. Кузьменко.

**В другому** розділі охарактеризована тектоніка та багатоярусна будова об'єкту досліджень. Основною структурою району є Криворізький синклінорій, який є складовою частиною Західно-Інгулецько-Криворізько-Кременчуцької шовної зони (ЗІККШЗ). Синклінорій має складну внутрішню будову (рис. 1а), яка відображається в геофізичних полях (рис. 1б, 1в). Інтенсивність

гравітаційного поля над структурою коливається в межах 50-55 мГал, має лінійно-витягнутий вигляд (рис. 1б), ускладнений 3 локальними аномаліями, які розташовані над покладами багатих окислених руд. Магнітне поле має смугастий вигляд (рис. 1в). Смуга максимумів  $Z_a$  розділяє структуру на дві частини – східну та західну. Характерним для смуг магнітних аномалій є їх ланцюговоподібна будова. Максимальні значення магнітних аномалій досягають величин 20-40 тис нТл, а в зонах пережимів часто не перевищують 1000 нТл, що можливо, пов'язано з зонами розривних порушень. Амплітуди горизонтальних градієнтів над крилами структури вказують на її загальне західне падіння.

Розривні порушення за масштабами свого впливу чітко діляться на три ранги: I – трансрегіональний Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом (ККГР); II – регіональні розломи (Девладівський, Комісарівський та ін.); III – локальні розривні тектонічні порушення (рис. 1а). Перші дві групи розломів, в основному, визначають вигляд тектоніки протерозойського і частково архейського ярусів.

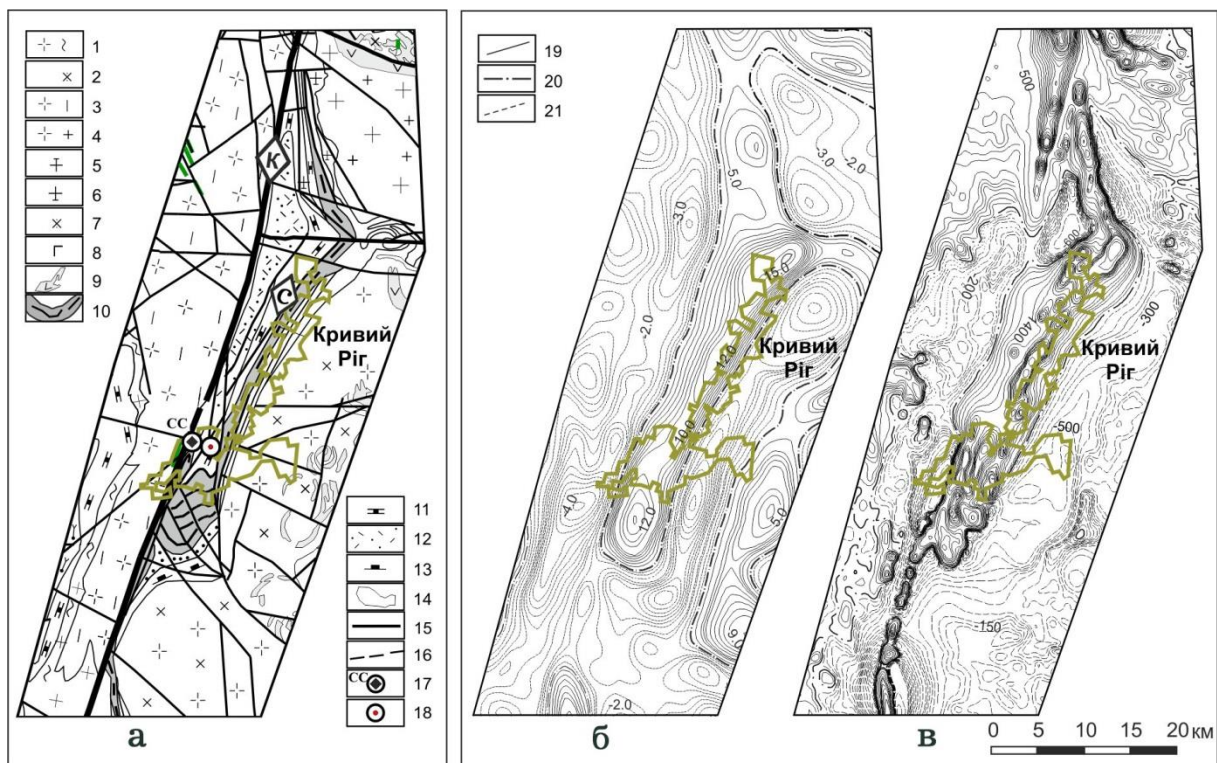


Рис. 1. Геолого-формаційна карта Криворізького залізорудного басейну (а); гравітаційне (б) та магнітне (в) поля. Букви в ромбі: К – Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом; С – Криворізька (Саксаганська) структура. 1–8 – утворення граніто-мігматитових комплексів і вивержених порід; 9–13 – породи криворізької серії; 14 – літологічні межі; 15 – розломи I і II рангів, установлені за матеріалами буріння; 16 – розломи різних рангів, передбачувані по геофізичних полях; 17 – сейсмостанція UK15; 18 – свердловина гідрогеодеформаційного моніторингу; 19 – позитивні ізолінії; 20 – нульові; 21 – негативні



Для пошуку місць ймовірного утворення підземних пустот в кристалічному фундаменті та ділянок підтоплення було виконано оцінку впливу розломно-блокової тектоніки регіону Кривбасу через анізотропію «роздробленості»  $A$ . Визначення параметру  $A$  проводиться з використанням інформації про ознаки фрагментів розломів різних систем, що перетинають ділянку вивчення.

$$A = \frac{\max\{L_1, L_2\}}{\min\{L_1, L_2\} \cdot \cos \left| 90 - \frac{\sum_{i=1}^{m_1} \alpha_{i1}}{m_1} - \frac{360 - \sum_{j=1}^{m_2} \alpha_{j2}}{m_2} \right|} \cdot \frac{L_1 + L_2}{N}$$

де

$$L_1 = \sum_{i=1}^{m_1} K_{i1} \cos \left| \alpha_{i1} - \frac{\sum_{j=1}^{m_1} \alpha_{j1}}{m_1} \right|; \quad L_2 = \sum_{i=1}^{m_2} K_{i2} \cos \left| (360 - \alpha_{i2}) - \frac{360 - \sum_{j=1}^{m_2} \alpha_{j2}}{m_2} \right|,$$

при  $N = \max\{L_1\} + \max\{L_2\} = 10,81$  і при  $m_1 = m_2 = 6$  (кількість систем розломів).

«Вага» розлому –  $K$ , яка обчислюється як середнє арифметичне вагових коефіцієнтів різних груп ознак розломів  $k$  (для геометричних і геоморфологічних – це відношення параметра ознаки конкретного фрагмента розлому до максимального, а для геофізичних і геологічних – це нормована до одиниці ступінь виявлення тієї або іншої геолого-геофізичної ознаки конкретного фрагменту розлому).

Приклад розрахунків вагових коефіцієнтів розломів наведено у дисертації.

Отримані результати дозволили зробити ранжування території Криворізького регіону за ступенем й переважним напрямом анізотропії («роздробленості») земних надр з впливу на сучасні геоекологічні процеси.

Крім того, було виконано аналіз і узагальнення петрофізичних характеристик порід фундаменту та осадового чохла, що дозволило виконувати картування в плані за геофізичними полями різних геологічних та геоекологічних неоднорідностей у приповерхневій частині земної кори.

**В третьому** розділі викладені теоретичні і методичні аспекти використання геоелектричних методів при виявленні пустот у масивах гірських порід Кривбасу як при вивченні причин підтоплення та активізації зсувних так і провальних явищ. Дрібноблокова будова фундаменту, активні неотектонічні рухи різного напрямку та зміна фізичних властивостей гірських порід є причиною розвитку різних техногенних розущільнень з утворенням ослаблених зон з послідовними просадками поверхні та провалами. Фізичні поля в таких зонах, як правило, набувають мозаїчний характер, а однозначне виявлення особливо небезпечних ділянок можливе лише за комплексом геофізичних методів.

За результатами тестування і аналізу технічних та інтерпретаційних можливостей геоелектричних методів для картування порожнеч був обраний МТ метод у його аудіодіапазоні (1 Гц – 20000 Гц) – АМТ.

На кожній точці реєструвалися повні горизонтальні електричні (E) та магнітні (H) складові електромагнітного поля ( $E_x$ ,  $E_y$ ,  $H_x$ ,  $H_y$ ) і його вертикальна компонента  $H_z$ .

При відсутності перешкод мінімальний період спостереження визначається згідно з наближеною формулою:

$$T_R \approx 430D^2 / \rho,$$

де  $T_R$  – в сек,  $\rho$  – в Ом·м,  $D$  – в км.

Тривалість сеансу вимірів було визначено в залежності від інтенсивності завад і допустимої похибки результатів робіт. Чим вище інтенсивність перешкод, тим більший час реєстрації. Розрахунки показали, що час запису при глибині 1 – 1,5 км і опорі (100 – 1000 Ом·м) повинен становити не менше 215 сек., а для мінімізації техногенних завад – 900 сек.

Основною метою спеціальної обробки даних було отримання із шумоподібних вимірюваних сигналів інформації про структуру електропровідності геологічного середовища, яка відображає залежність імпедансу і типеру від частоти. За величинами імпедансу були розраховані уявні опори. Також виконувалися оцінки рівня шумів, наявності когерентності між компонентами поля, дисперсії параметрів і відношення сигнал/шум, на основі яких оцінюються довірчі інтервали параметрів.

Для підвищення достовірності результатів електророзвідки в модифікації АМТЗ або АМВЗ (при екрануванні досліджуваної поверхні) в комплекс було включено резонансно-акустичне профілювання (РАП), в фізичну основу дії якого закладена реєстрація відгуку резонансних пружних коливань від механічно ослаблених поверхонь між пластами-резонаторами.

Залежність частоти резонансних коливань від глибини залягання поверхні ослабленого механічного контакту (потужності шару) визначається формулою:

$$H=K / f,$$

де  $K$  – коефіцієнт перерахування;  $f$  – резонансна частота.

Коефіцієнт перерахування залежить від властивостей (швидкість проходження поперечних хвиль, пористість, тощо) поверхні. Виконаний аналіз наявної інформації про геологічні та маркшейдерські розрізи на ділянках спостережень дозволив отримати  $K = 2380$ , що забезпечує значно краще локалізування пошукових об'єктів.

Для застосування обраної методики досліджень пустот і місць можливого воронкоутворення на території Кривбасу було обрано два об'єкти: перший - на

полігоні складування відходів будівельних матеріалів коксохімічного заводу; другий – поблизу Центрального ринку по вул. Урицького на площі 1,5 га.

За результатами цих досліджень здобувачем запропоновано наступну методику польових досліджень:

– електророзвідувальні роботи в модифікації АМТЗ в частотному діапазоні від 10000 Гц до 1 Гц виконуються станцією MTU-5A канадської фірми «Фенікс». Крок спостереження складає 5-10 м на окремих профілях, або з мережею 10(20)х5(10) метрів. Використовуються заземлені латунними електродами датчики електричного поля на лінії MN довжиною 10 м та датчики магнітного поля – МТС-30. Тривалість одного запису становить від 15 до 30 хвилин. Орієнтація азимутів датчиків поля взаємоортогональна;

– виміри методом РАП виконуються за профілями з напівкроком від мережі спостережень АМТЗ. Реєстрація сигналу здійснюється апаратним комплексом РАП-2008. Виміри проводяться на частоті дискретизації сигналу 4000 Гц з тривалістю його запису в кількості 8192 відліків.

Обробка польових досліджень виконується в такій послідовності: 1) за результатами якісної обробки здійснюється стратифікація геологічного середовища і будується його модель; 2) проводиться напівкількісна обробка, що полягає в побудові моделі першого наближення; 3) додатково виконується вейвлет-аналіз електромагнітних параметрів (імпедансу або адмітансу, фази та опору); 4) проводиться одномірна й двомірна інверсії (програми: msu\_mt1d, MTS\_Prof inv, MT-2Dtools). У підсумку виконаних етапів було отримано вертикальні розрізи зміни електромагнітного поля з глибиною (рис. 2а).

Обробка вихідних матеріалів РАП проводиться за декількома стандартними алгоритмами в залежності від особливостей масиву. Після зіставлення результатів обробки всіх польових даних обирається оптимальний алгоритм для виконання завершальної обробки, «візуалізації» результатів і складання світлотіньових РАП-розрізів до глибини 300 метрів (рис. 2б).

На заключній стадії досліджень виконується спільна інтерпретація матеріалів АМТЗ (АМВЗ) і РАП з вибором найбільш коректної моделі геоелектричної будови ділянки досліджень із всіх можливих варіантів.

Обґрунтування досліджень геофізичними методами інженерно-геологічного стану проведено для південно-західної частини гірничо-промислового Кривбасу, де розташовані крупні техногенні об'єкти – шламосховища та водосховища, а також великі відвали кристалічних та осадових порід, які впливають на гідрогеологічний режим території. Водночас ця територія знаходиться під впливом природних геологічних процесів (карстоутворення, неотектонічна активність), контролюючих як поверхневий, так і підземний водний розподіл. Описані процеси характеризуються значною диференціацією опору в досліджуваному середовищі і тому найбільш ефективними для їх вивчення можуть бути геоелектричні методи.

Аналіз петрофізичної і інженерно-гідрогеологічної інформації та проведені розрахунки параметрів електророзвідувального пристрою показали, що оптимальним є застосування чотирьохелектродного виду зондувань з симетричною установкою АМНВ та використанням апаратури АНЧ-3. Виходячи з потужності розуцільнених утворень і очікуваних параметрів геолого-гідрогеологічного розрізу довжина розносів АВ має бути 200м.

Електрометричні дослідження ВЕЗ та природнього поля ПП були виконані в 2008 р. на 14 профілях, розташованих в субширотному та субмеридіональному напрямках. Їх орієнтація вибрана з метою охоплення основних можливих напрямів фільтрації, незалежно від їх інтенсивності і конфігурації. Для прогнозування динаміки потенційної загрози підтоплення територій в просторі і часі на профілях 10–14 в 2012 р. були виконані повторні моніторингові спостереження.

Для підвищення достовірності в комплекс досліджень також входили біолокаційні роботи та буріння завірочних свердловин.

**В четвертому розділі** наведені результати вивчення геоелектричними методами негативних геоелектричних явищ. Для локалізації на вибраних ділянках техногенних утворень та розуцільнень було проведено спільний аналіз всіх варіантів обробки АМТЗ і РАП і обрано оптимальне рішення, яке найбільше відповідає наявній геолого-маркшейдерській інформації. Локалізація передбачуваних ділянок воронкоутворення виконана за низкими значеннями опору (1 – 10 Ом·м) у методі АМТЗ (рис. 2а) і за результатами морфоструктурного аналізу РАП-розрізів – морфології зон підвищених градієнтів частотних спектрів (рис. 2б).

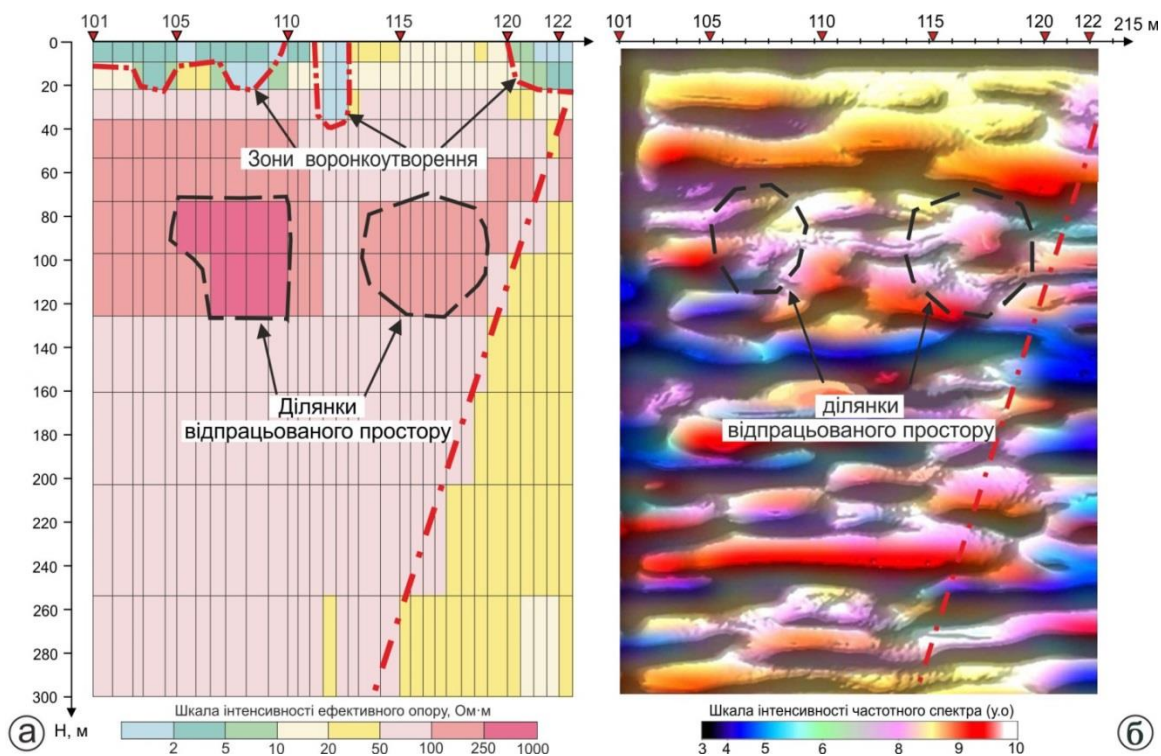


Рис. 2 – Геоелектричні моделі розрізу по профілю 1 за даними АМТЗ (а); РАП (б)

Виділення прогнозованих ділянок відпрацьованого простору та ослаблених зон проведено за високими значеннями опору від 200 до 1000 Ом·м в методі АМТЗ і за структурними особливостями частотного спектру і його амплітуд у методі РАП (рис. 2 а, б).

При визначенні ділянок підтоплення розраховано та побудовано карту глибин рівнів першого від поверхні водоносного горизонту (рис. 3а), встановлені місця можливих тектонічних порушень і зони підвищеної проникності (ЗПП), які є відображеннями місць розривних порушень кристалічного фундаменту та пов'язаних з ними зонами глибинної (вертикальної) фільтрації. Побудовані геологічні розрізи четвертинної і неогенової товщ розуцільнених порід дозволили виявити ділянки негативних геологічних проявів (провали, зсуви, підтоплення) та зробити прогнозну оцінку їх подальшого розвитку.

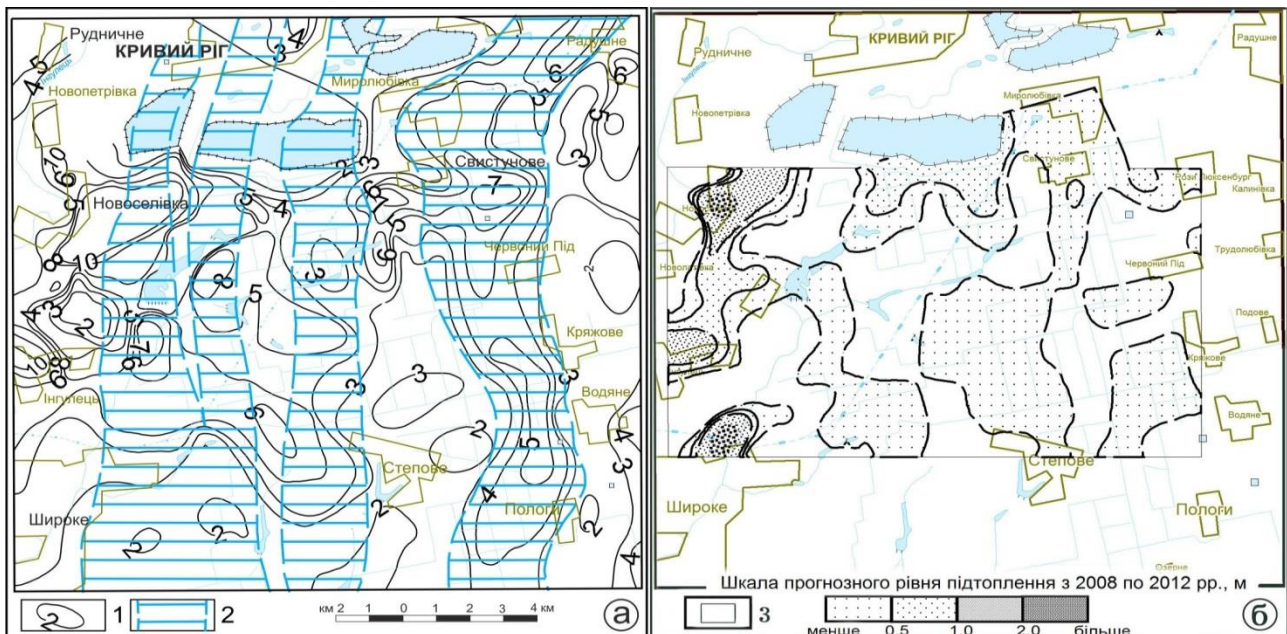


Рис. 3. Карта глибин рівнів першого від поверхні водоносного горизонту (а), прогнозна карта складової підтоплення в його рівнях за період 2008-2012 рр. (б): 1 – гідроізогіпси глибин рівня підземних вод першого від поверхні водоносною горизонту (за даними свердловин, ВЕЗ, колодязів), в метрах; 2 – зони підвищеного проникнення води; 3 – межі ділянки повторних спостережень

Отримані дані свідчать про велику гідрогеологічну активність понт-сарматського водоносного горизонту та його спроможність зволожувати водотривкі пласти.

За результатами повторних досліджень ВЕЗ і замірів рівня води в 2008 та 2012 рр. було отримано лінійне рівняння регресії між змінами (складової) рівня води і уявного опору за цей період, яке має вигляд:

$$H_{\text{скл.підт.}} = 0,2532 \cdot \rho_y \text{ різ.} - 0,0174,$$

де,  $\rho_y \text{ різ.} = \rho_y (2008 \text{ р.}) - \rho_y (2012 \text{ р.})$  на розносі 20 метрів.



За встановленою аналітичною залежністю були перераховані дані ВЕЗ в складовій підтоплення дослідженої території (рис. 3б), що дозволило виявити значне збільшення швидкості підтоплення в межах «промзони» та нерівномірність її протікання по площі досліджень. Високе стояння ґрунтових вод, наявність водонасичених ділянок навколо відвалів та хвостосховищ при значних їх висотних відмітках наповнення, несуть потенційну загрозу підтоплення, розвиток яких проходить в південному та південно-західному напрямках в долину р. Інгулець.

**В п'ятому розділі** показано, що прояви сучасних тектонічних рухів різноманітні за своїм типом, кінематичних формах та механізмі виникнення. Їх інтенсивність і напрями дії можуть змінюватися за дуже короткі проміжки часу. Ці рухи зумовлюють зміни в напруженому стані земної кори, вертикальних і горизонтальних переміщеннях неоморфоструктур, формах рельєфу та його перетвореннях, ландшафтах, осадконакопиченні, геофізичних полях, геохімічних процесах та ін.

Впродовж останніх двох десятиліть в зоні ЗІККШЗ було зареєстровано багато землетрусів неоднозначної природи, більшість з яких співпадали в часі з гірничо-вибуховими роботами та мали магнітуду не більше 4,0.

Наприклад, сейсмічні події 25.12.2007 р. (4 год. 09 хв. 31 с) і 14.01.2011 р. (5 год. 03 хв. 12 с) виникли в ранковий час доби, коли проводяться найбільш потужні вибухи на гірничих підприємствах. Але відомості відносно проведення вибуху 25.12.2007 р. відсутні, а інформація щодо вибуху 14.01.2011 р. неоднозначна. Тому природа походження цих землетрусів: техногенна, техногенно-тектонічна чи суто тектонічна – довго залишалася не встановленою. Підставою для припущення про тектонічну природу цих землетрусів став останній, який відбувся 23.06.2013 р. (рис. 4) в 21 год. 16 хв. (UTC). При цьому, записи сейсмічних подій 25.12.2007 р., 14.01.2011 р. майже однакові з ним і відрізняються від записів вибухів.

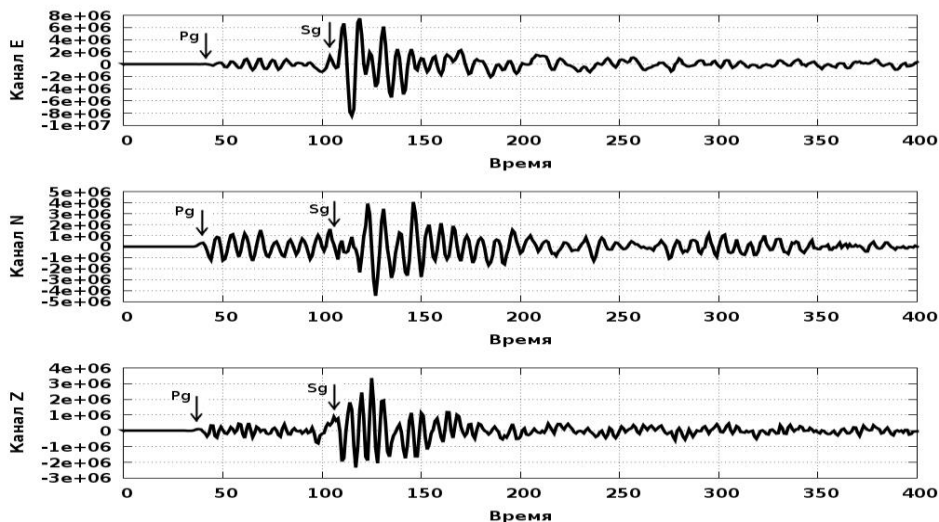


Рис. 4. Диференційований відфільтрований запис сейсмічної події 23.06.2013 на станції Кривий Ріг «UK15»

За результатами аналізу знаків першого вступу, фахівцями Геофізичної служби РАН було встановлено, що Р-хвилі на 28 сейсмічних станціях, розташованих рівномірно за азимутами щодо епіцентру землетрусу 23.06.2013 р., мають хвилю стиску на 8 станціях, а на 20 – розтягування. Розрахунки показали, що землетрус відбувся під дією горизонтальних стискаючих напружень, однак орієнтація їх наближена до субмеридіональної ( $AZ = 28^\circ$ ).

Розгляд результатів гідрогеодинамічного моніторингу, який з грудня 2007 р. проводить ДГЕ «Дніпрогеофізика» в свердловині, що розташована на лівому березі р. Саксагань (м. Кривий Ріг) підтверджує наявність стискаючих напружень та визначає час їх формування. Максимум основного (миттєвого) стискання приходився на 3 години ранку (рис. 5), тобто за 18 годин до землетрусу і може використовуватись як один з його додаткових передвісників.

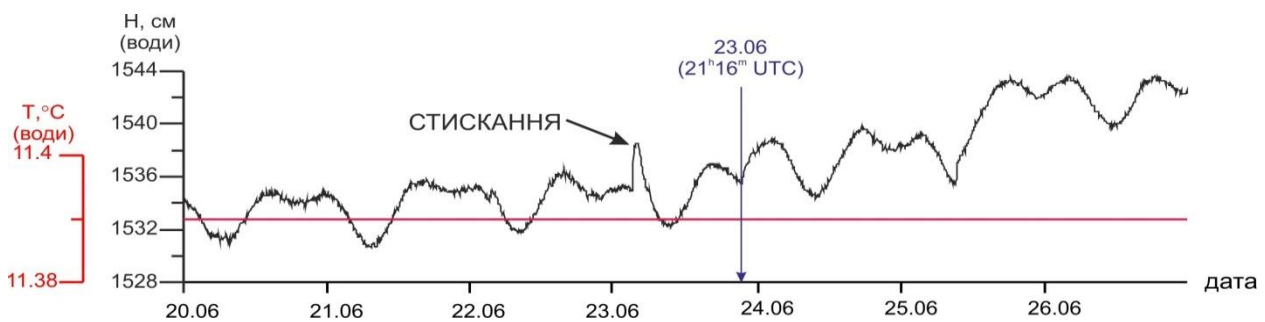


Рис. 5. Результати спостережень варіацій гідрогеодеформаційного поля в свердловині Кривого Рогу з 20 по 27 червня 2013 р.

Виконаний аналіз та узагальнення сейсмічних подій в Кривбасі з врахуванням даних гідрогеодинамічного моніторингу дозволив зробити висновок, що землетруси 25.12.2007 р., 14.06.2010 р. і 14.01.2011 р. мають техногенно-тектонічне, а 23.06.2013 р. – суто природне (тектонічне) походження.

Таким чином, з використанням інформації гідродеформаційного моніторингу сейсмічні події, які відбувалися у Кривбасі за останні 8 років, можливо більш достовірно класифікувати за типами: потужні техногенні вибухи, техногенно-природні події, природні землетруси.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій здобувачем на основі виявлених факторів і встановлених закономірностей змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів, вирішене актуальне наукове завдання з обґрунтування оптимального комплексу геофізичних методів для виявлення і прогнозу техногенних та геодинамічних процесів в верхній частині земної кори Кривбасу.

Основні наукові і практичні результати полягають у наступному:

1. Сформовано геоінформаційну базу геолого-петрофізичних, геофізичних та гідрогеологічних даних.

2. Розроблено рекомендації з оптимального комплексу геофізичних методів і методичний підхід при виконанні польових геофізичних досліджень.

3. Отримано граф комплексної інтерпретації наявної інформації для встановлення окремих особливостей протікання геоекологічних процесів, пов'язаних з геологічною будовою Криворізького гірничо-промислового району.

4. Проведені комплексні дослідження геофізичними методами при виділенні підземних пустот в кристалічному фундаменті та прогнозуванні місць провальо-зсувних явищ дозволили: локалізувати ділянки воронкоутворення за низькими значеннями уявного опору (1 – 10 Ом·м) в методі АМТЗ та за морфологією зон підвищених градієнтів спектрального сигналу відкликів масиву на РАП-розрізах; виділити в масиві ділянки відпрацьованого простору та місця появи ослаблених зон за високими значеннями уявного опору від 200 до 1000 Ом·м методом АМТЗ (АМВЗ) та за частотними і амплітудними особливостями спектрів відповідних відкликів пошукових об'єктів методом РАП.

5. Проведені комплексні дослідження геофізичними методами інженерно-геологічного стану в межах південно-західної частини гірничо-промислового Кривбасу дали змогу встановити: місця тектонічних порушень та зон підвищеної проникності, які є відображеннями розривних тектонічних зон кристалічного фундаменту; зони глибинної (вертикальної) фільтрації, що можливо, мають регіональний характер; ділянки негативних інженерно-геологічних проявів (провали, зсуви, підтоплення) та їх можливий подальший розвиток.

6. Отримано аналітичну залежність зміни уявного опору дослідженої території від коливань сучасного рівня підтоплення.

7. Виявлені та закартовані геоелектричними методами ділянки підтоплення в просторі та часі в межах південно-західної «промзони» Кривбасу.

8. Результати сумісної обробки сейсмологічних спостережень з даними гідрогеодеформаційного моніторингу дозволили класифікувати місцеві сейсмічні події, які відбувалися у Кривбасі за останні роки за типами: потужні техногенні вибухи, техногенно-природні події; природні (тектонічні) землетруси.

Автором дисертаційної роботи вирішені і описані всі поставлені завдання та досягнута мета досліджень.

Отримані при виконанні дисертаційної роботи результати були використані при різномасштабних геоекологічних дослідженнях території Кривбасу та рекомендовані до застосування у геологічних організаціях Державної служби геології та надр України, Міністерства екології і природних ресурсів України, ДП «КП «Кривбаспроект», НП «НІГРІ» ДВНЗ «КНУ», ІГФ НАН України.



**Основні положення та результати дисертації опубліковані в 24 наукових працях, основні з яких:**

1. Свистун В.К. Геолого-геофизическая модель Приазовского мегаблока Украинского щита (анализ, моделирование, результаты) / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун. – Донецк: Ноулидж, 2014. – 206с.

2. Свистун В.К. К вопросу становления геофизики техногенной безопасности и создания тектонической основы для решения ее задач / В.К. Свистун, П.И. Пигулевский, О.К. Тяпкин // Вісник Дніпропетровського університету. – 2000. – Вип.3. – Сер. Геологія, географія. – С.24–30.

3. Свистун В.К. Використання геофізичних методів при вирішенні завдань техногенної безпеки в межах міських агломерацій/ П.Г. Пігулевський, В.К. Свистун, С.О. Слободянюк, О.К. Тяпкин // Вісник Київського національного університету. Геологія. – 2001. – Вип. 19. – С.46–50.

4. Свистун В.К. Об особенностях формирования техногенно-экологической ситуации в г. Кривой Рог / В.К. Свистун, В.М. Пахомов, Л.Й. Золотарева, О.А. Калиниченко // Науковий Вісник НГУ – 2005. – №7 – С.48–51.

5. Свистун В.К. Особливості розвитку техногенного підтоплення окремих територій Кривого Рогу / В.К. Свистун, Л.Й. Золотарьова, О.О. Калініченко // Наук.-вид. серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. Техногенез у поверхневих та підземних водах. – Кривий Ріг, Мінерал, 2006. – С. 24–35.

6. Свистун В.К. Використання даних моніторингу гідродформаційних характеристик підземних вод для прогнозування тектонічних процесів в масивах гірських порід / П.Г. Пігулевський, В.К. Свистун, А.П. Толкунов // Зб. наук. праць. УкрНДМІ НАН України. – 2009. – Вип.5 (част. II). – С. 122–131.

7. Свистун В.К. Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод асейсмичных территорий (на примере Днепропетровской области) / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун // Мінеральні ресурси України. – 2011. – №2. – С.42–47.

8. Свистун В.К. Криворожское землетрясение 14 января 2011 года как локальное следствие сеймотектонических и техногенных процессов / А.В. Кендзера, П.И. Пигулевский, С.В. Щербина, В.К. Свистун, И.Ю. Гурова, Ю.В. Лесовой // Геодинамика. – Львів: Львівська політехніка. – 2012. – №1(12). – С.114–119.

9. Свистун В.К. Результаты геофизических изысканий по выявлению пустот в массиве горных пород по ул. Урицкого / В.К. Свистун // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету. – 2015. – №1(33). – С. 108–115.

10. Свистун В.К. О сейсмическом событии в Кривбассе (Украина) и механизме его очага / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, С.В. Щербина // Воронеж: Вестник Воронежского государственного университета. Серия: геология. – 2015. – №1. – С.102–108.

11. Свистун В.К. Отклик флюидонасыщенных коллекторов на лунно-солнечные приливы. Часть 1. Фоновые параметры приливных компонент в смещении грунта и уровне подземных вод / А.Н. Беседина, Е.А. Виноградов, Э.М. Горбунова, П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, С.В. Щербина // Москва: Физика Земли. – 2015. – № 1. – С.73–82.

12. Свистун В.К. Использование геофизических методов при выявлении пустот в массивах горных пород (на примере Кривбасса, Украина) / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, С.П. Пахомов, В.П. Лазебник, А.С. Кирилук // Гелиогеофизические исследования. – 2015. – <http://vestnik.geospace.ru/index.php?id=330>.

13. Свистун В.К. Петрофизическая характеристика геологических формаций Кривбасса / В.К. Свистун // Науковий вісник НГУ. – 2015. – № 3. – С. 5–11 (наукометрична база Scopus).

14. Свистун В.К. Опыт применения геофизических методов для изучения проблем экологической и техногенной безопасности горнопромышленных районов / В.К. Свистун, Л.И. Золотарева, О.А. Калиниченко // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: Матеріали III Міжнародн. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ: ІППЕ НАН України, 2005. – С. 252-253.

15. Свистун В.К. Результаты мониторинга гидродинамических параметров подземных вод в асейсмических районах Украины (Днепропетровская область) / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун // Матеріали Міжнародн. наук. конф. «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища»: Геодинаміка. №2(11). – Львів: КВ ІГФ НАН України, 2011. – С. 241–244.

16. Свистун В.К. Использование АМТЗ при выявлении пустот в подработанных массивах горных пород Кривбасса / С.П. Пахомов, П.И. Пигулевский, А.П. Толкунов, В.К. Свистун // Матеріали X Міжнародн. наук. конф. «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища» (Київ 17–20 жовтня 2012): К.: Київський національний університет, 2012. – С.93–94.

17. Свистун В.К. О гидрогеологических откликах подземных вод Украинского и Московского массивов на катастрофические землетрясения / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, А.Н. Беседина, Е.А. Виноградов, Э.М. Горбунова, И.С. Свинцов // V Міжнародн. наук. конф. «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища» (1–4.10.2013): Геодинаміка 2 (15) 2013., Львів: Львівська політехніка, 2013. С.280–282.

18. Свистун В.К. Криворожское землетрясение 23 июня 2013 года / П.И. Пигулевский, С.В. Щербина, И.Ю. Гурова, В.К. Свистун // V Міжнародн. наук. конф. «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного

середовища» (1–4.10.2013): Геодинамика 2 (15) 2013., Львів: Львівська політехніка, 2013. С. 283–285.

19. Свистун В.К. Вивчення геофізичними методами інженерно-геологічного стану південно-західної частини Кривбасу / В.К. Свистун, Л.Й. Золотарьова, О.О. Калініченко, П.Г. Пігулевський, О.С. Кирилюк // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Еколого-економічні наслідки діяльності підприємств ГМК: Зб. наук. праць III Міжнародн. наук.-техн. конф. Кривий Ріг, 19 червня 2015 р. Вид. ФОП Чернявський Д.О. 2015. С. 193-194.

20. Свистун В.К. Використання геофізичних методів при виявленні пустот у масивах гірських порід Кривбасу / В.К. Свистун, П.Г. Пігулевський, С.П. Пахомов, В.П. Лазебник // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Еколого-економічні наслідки діяльності підприємств ГМК: Зб. наук. праць III Міжнародн. наук.-техн. конф. Кривий Ріг, 19 червня 2015 р. Вид. ФОП Чернявський Д.О. 2015. – С. 31-32.

**Особистий внесок автора** в роботах, написаних у співавторстві: [1] статистична обробка петрофізичних властивостей гірських порід, математичне та фізико-геологічне моделювання; [2-3] – розробка методики досліджень та алгоритму обробки даних; [4,5,12-14,16,19,20] – обґрунтування комплексу геолого-геофізичних методів; [6,7,11,15,17] – обробка та інтерпретація даних моніторингу гідрогеодеформаційних спостережень підземних вод; [8,10,18] – обробка геолого-геофізичної інформації з визначенням тектонічної будови досліджуваних масивів Кривбасу.

## АНОТАЦІЯ

**Свистун В. К. «Використання геофізичних методів при вирішенні геоекологічних проблем Кривбасу».** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – «Геофізика». – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України, Дніпропетровськ, 2016.

Дисертація присвячена актуальним питанням розробки технології та методики виявлення і картування геофізичними методами підземних пустот, місць провально-зсувних явищ техногенного походження, ділянок підтоплення, виконання попередньої оцінки їх подальшого розвитку, розробці методичного підходу для розбраковки техногенних та природних сейсмічних подій.

Сформовано геоінформаційну базу даних геофізичних, петрофізичних, геологічних та екологічних досліджень попередніх років, виконаних на території Криворіжжя. Узагальнені геологічні і геофізичні матеріали по дослідженій площі та розроблені моделі будови її окремих ділянок. Виконані

дослідження та наведені рекомендації з оптимального комплексу геофізичних методів для виділення підземних пустот в кристалічному фундаменті і прогнозування місць провальних-зсувних явищ техногенного походження. Розроблена методична послідовність досліджень для виявлення та картування геоелектричними методами ділянок підтоплення в просторі та часі в межах південно-західної «промзони» Кривбасу. Отримано аналітичну залежність зміни уявного опору досліджуваної території від коливань сучасного рівня підтоплення. Проведено вивчення сучасних геодинамічних процесів на основі даних моніторингу гідрогеодеформаційних параметрів підземних вод в глибоких свердловинах та сейсмологічних спостережень у Кривбасі за останні 8 років, що дало змогу класифікувати їх як: техногенні потужні вибухи, техногенно-природні події; природні (тектонічні) землетруси.

**Ключові слова:** геолого-геофізичні дослідження, оптимальний комплекс геофізичних методів, зміна геологічного середовища, пустоти, провальні-зсувні явища, підтоплення, гідрогеодеформаційний моніторинг.

## АННОТАЦІЯ

**Свистун В. К. «Использование геофизических методов при решении геологических проблем Кривбасса».** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – «Геофизика». – Государственное ВУЗ «Национальный горный университет» Министерства образования и науки Украины, Днепропетровск, 2016.

Диссертация посвящена актуальным вопросам разработки технологии, методики выявления и картирования геофизическими методами подземных пустот, прогнозированию мест провально-сдвиговых явлений техногенного происхождения, участков подтопления, с выполнением предварительной оценки их дальнейшего развития, разработке методического подхода для разбраковки техногенных и естественных сейсмических событий.

Сформировано геоинформационную базу данных геофизических, петрофизических, геологических и экологических исследований предыдущих лет, выполненных на территории Криворожья. Обобщены геологические и геофизические материалы по исследуемой площади и разработаны модели строения ее отдельных участков. Выполнены исследования и приведены рекомендации по оптимальному комплексу геофизических методов для выделения подземных пустот в кристаллическом фундаменте и прогнозированию мест провально-сдвиговых явлений техногенного

происхождения. Они показали, что локализацию участков воронкообразования нужно проводить по пониженным значениям кажущегося сопротивления ( $1 - 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) в методе аудио-магнитотеллурического зондирования (АМТЗ) и по морфологии зон повышенных градиентов спектрального состава отклика слоев на разрезах резонансно-акустического профилирования, а выделение участков отработанного пространства и проявления ослабленных зон – по высоким значениям сопротивления от  $200$  до  $1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  в методе АМТЗ и по структурными особенностями частотного спектра и его амплитуд метода РАП.

Разработан методический подход для выявления и картирования геоэлектрическими методами участков подтопления в пространстве и времени в пределах юго-западной «промзоны» Кривбасса. Он позволил установить места тектонических нарушений и зоны повышенной проницаемости, которые являются отображениями разрывных тектонических зон кристаллического фундамента, зоны глубинной (вертикальной) фильтрации, участки негативных техногенно-геологических проявлений (провалы, сдвиги, подтопления) и оценить вероятность их дальнейшего развития. Рассчитано уравнение линейной регрессии для перехода от изменений параметров кажущегося сопротивления за промежуток времени наблюдений к величине колебаний уровня увлажнения верхней части разреза, что позволило построить карту значений современной составляющей подтопления этой территории.

На основе данных мониторинга гидрогеодеформационных параметров подземных вод в глубоких скважинах и сейсмологических наблюдений за период с 2008 г. установлены дополнительные критерии для распределения сейсмических событий на три типа: мощные техногенные взрывы, техногенно-природные события; природные (тектонические) землетрясения.

Полученные при выполнении диссертационной работы результаты используются при геоэкологических исследованиях территории Кривбасса в разных масштабах и рекомендованы к применению в геофизических и геологических организациях Государственной службы геологии и недр Украины, Министерства экологии и природных ресурсов Украины, государственном предприятии «КП «Кривбаспроект», Государственном ВУЗе «НИГРІ» ГВУЗ «КНУ», Институте геофизики НАН Украины.

**Ключевые слова:** геолого-геофизические исследования, оптимальный комплекс геофизических методов, геологоэкологические изменения, пустоты, провальнo-сдвиговые явления, подтопление, гидрогеодеформационный мониторинг.

## ABSTRACT

Svistun V.K. «Applying of geophysical methods in solving environmental problems in the aria of Kryvbas». – Manuscript.

Thesis for Candidate degree a specialization in 04.00.22 – «Geophysics». – State higher educational institution «National Mining University» Ministry of Education and Science of Ukraine. Dnipropetrovsk, 2016.

Dissertation is devoted to actual issues of the development of technologies and methods of identifying and mapping underground cavities by geophysical methods, prediction of regions of failure-shift phenomena of anthropogenic origin, areas of flooding, implementation of predictive assessment of their further development, working-out of methodological approach to grading the natural and man-made seismic events.

Geoinformation database of geophysical, petrophysical, geological and environmental studies in previous years, carried out at the territory of the Krivoi Rog is formed. Geological and geophysical data for the analyzed area is generalized and a model of the structure of its individual sections is worked-out. The carried out studies and provided recommendations for the optimal complex of geophysical methods for allocation of underground cavities in the crystalline basement and prediction of regions of failure-shift phenomena of anthropogenic origin. The method of investigation for the identification and mapping of flooding areas by geoelectric methods in time and space within the south-western «industrial zone» of Kryvbas is worked-out. On the basis of monitoring data of hydrogeodeformation field of groundwater in deep boreholes and seismological observations over the last 8 years in the territory of Kryvbas are classified as: technogenic powerful explosions, technogenic and natural events; natural (tectonic) earthquake.

Keywords: geological and geophysical research, rational complex geophysical methods, changes in the geological environment, emptiness, failure-shift phenomenon, flooding, technogenic seismic events, hydrogeodeformation monitoring.

СВИСТУН ВОЛОДИМИР КИРИЛОВИЧ

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИРІШЕННІ  
ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ КРИВБАСУ

АВТОРЕФЕРАТ

Підп. до друку 13.04.2016. Формат 60 x 90/16.

Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.

Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19