

14. Определение комкуемости и рабочей влажности пихт для производства окатышей. **В.М. Витюгин, А.В. Витюгин, Н.Н. Бережной, В.И. Смирнов.** Бюллетень ЦНИИЧМ, 1973, №23. - С. 29, 30.
15. **Трушников В.Е.** Исследование комкуемости мелкодисперсного сырья из отходов мелочи фосфоритов и хвостов обогащения, содержащих фосфор и магний, для электротермического получения удобрений // Горный информационно-аналитический бюл. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2009. – № 12. – С. 83-90.

Рукопис подано до редакції 09.05.2023

УДК 550.83+550.837: 550.82: 551.244: 551.495 (477.63)

П.Г. ПІГУЛЕВСЬКИЙ, д-р геолог. наук, с.н.с., Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАНУ
В.К. СВИСТУН, член-кор. АГНУ, канд. геолог. наук, директор ДГЕ «Дніпрогеофізика»
Г.І. ЄРЕМЕНКО, член-кор. АГНУ, канд. техн. наук, доц.,
Криворізький національний університет
С.О. ЯРЕМІЙ, аспірант, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ СПОРУД НА ПОВЕРХНЕВІ ТА ПІДЗЕМНІ ВОДИ (НА ПРИКЛАДІ ПІВДЕННОГО КРИВБАСУ)

Мета. Аналіз результатів застосування дистанційних (геофізичних і космічних) методів при дослідженні впливу техногенних споруд на поверхневі та підземні води на території південно-західної промислової зони Криворізького залізничного басейну та встановлення особливостей протікання гідрогеологічних процесів.

Методи дослідження. Дані гідрогеологічних, гідрологічних, інженерно-геологічних і геофізичних досліджень кінця ХХ початку ХХІ сторіччя території та інтерпретація даних космічної спектральної і радарної зйомки в комплексі з геофізичними дослідженнями, дозволила оцінити зміни фізичних процесів від денної поверхні до глибин у десятки метрів під нею.

Наукова новизна. Дослідженнями доведено, що процеси обводнювання (зневоднювання) геологічного розрізу залежать від сучасних деформацій рельєфу, які відбуваються в зонах тектонічних розломів в межах території Кривбасу, що свідчить про зміну пружно-деформаційного стану земної кори в центральній частині Українського щита. Трансрегіональний Криворізький глибинний розлом формує в кристалічному фундаменті різнорангову систему розломів і пов'язані з нею зони підвищеної проникливості.

Практична значимість. Дослідження дозволять вирішити ряд важливі проблеми гірничої геології: визначення зв'язку поверхневих та приповерхневих вод, вплив геолого-тектонічної будови на розвиток процесів підтоплення навколо великих техногенних споруд, визначити шляхи їх ймовірної міграції.

Результати. Гідрогеологічні, інженерно-геологічні та геофізичні дослідження минулих років на території південного Кривбасу в комплексі з сучасними спостереженнями свідчать про значні зміни в гідрогеологічному середовищі за останні десятиліття. Ступень їх мінералізації залежить від підтоку техногенних вод з Лівобережних відвалів та сезонних опадів.

Комплексні дослідження показали, що моніторингові спостереження та контроль, супутниково-наземною системою дистанційних зондувань дозволяє оперативно в режимі реального часу та без порушення суцільності геологічного середовища прогнозувати зміни природно-техногенної ситуації поблизу небезпечних промислових об'єктів та споруд гірничо-металургійного комплексу і оперативне реагувати на ймовірні катаклізми.

Ключові слова: гідрогеологічна структура, техногенне підтоплення, мінералізовані води, космічні знімки, геоелектричні дослідження.

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями. Сучасні масштаби господарської діяльності та екстенсивне нарощування її обсягів, посилюють негативний вплив на природу та призводять до порушення екологічної рівноваги багатьох промислових районів України. Так, в Криворізькому залізничному 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 негативних екологічних змін природного середовища від впливу таких техногенно-небезпечних процесів як провали, зсуви, утворення пустот під житловими масивами, підтоплення мінералізованими водами [1-5, 7,8].

На рис. 1 на фоні морфології природного рельєфу добре видно техногенні форми (відвали, хвостосховища, кар'єри та інші техногенні споруди, які створені людиною. Техногенні форми рельєфу можна розділити на групи: акумулятивні та денудаційні. До денудаційних форм відносяться кар'єри та зони обвалення відвалів, до акумулятивних - відвали, шламосховища, ставки-накопичувачі, дамби, греблі.

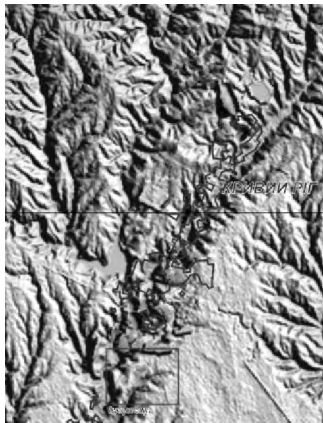


Рис. 1. Оглядовий радарний знімок Криворізької агломерації з розташуванням ділянки досліджень ставка «Лебязий»

Аналіз досліджень та публікацій. Проблема мінералізації підземних вод дуже гостро стоїть на території Кривбасу. Особливу роль відіграє тектонічна будова території, яка безпосередньо відображається на протіканні всіх природних та техногенних процесів.

Трансрегіональний Криворізький глибинний розлом в межах Кривбасу формує в кристалічному фундаменті різнорангову систему розломів. Дрібні тектонічні порушення і пов'язані з ними зони підвищеної проникливості впливають на формування і швидкість наземних негативних геологічних і техногенних процесів – підтоплення, формування ділянок просідання ґрунту та провалів, утворення зсувів. З тектонікою також пов'язані особливості форм рельєфу (рис. 1), які визначають напрям поверхневої та підземної водної фільтрації, а також зони найбільш активної фільтрації підземних вод. Фізичні поля в таких зонах, як правило, набувають мозаїчних форм [11-15, 17].

Тектонічні порушення є шляхами циркуляції підземних вод і визначають гідравлічний зв'язок між водовміщуючими мінеральними різновидами порід та поверхневими водами.

Одним з таких об'єктів є ставок «Лебязий» (рис. 1), розташований між Лівобережними відвалами та вигином річки Інгулець (на північний захід від с. Новоселівка). Води ставка мають підвищену мінералізацію із змінною величиною у часі, що не дозволяє місцевим жителям їх використовувати в господарській діяльності. Залежно від заповнюваності ставка змінюються шляхи міграції високомінералізованих вод, впливаючих на ступінь прояву зсувних процесів вздовж лівого берега р. Інгулець.

Ставок «Лебязий». Розташований на території південного Кривбасу між Лівобережними відвалами та вигином річки Інгулець (на північний захід від с. Новоселівка). З геоморфологічної точки зору відвал є трапецієвидною, терасованою, акумулятивною додатною формою рельєфу з вершиною у вигляді плато (рис. 1). Відвали відіграють важливу роль в техногенній трансформації природного середовища та поширення високомінералізованих вод.

В ставку «Лебязий» (рис. 2) поширені високомінералізовані води, які характерні для четвертинних та неогенових відкладів, а також для зон великих розломів докембрійського фундаменту [6, 9-11, 16]. Водночас їх мінералізація може змінюватися як за глибиною, так і по латералі.



липень 2012 р.



травень 2018 р.

Рис. 2. Космознімки території досліджень ставка «Лебязий»: профілі спостережень ВЕЗ та їх номери – чорні крапки; моніторингові свердловини та їх номер – білі крапки

З метою пошуку та локалізації джерел високомінералізованих вод на цій території були виконані комплексні дослідження, які включали супутникові дані та польові геофізичні роботи з подальшою їхньою спільною обробкою та інтерпретацією.

Постановка задачі. Для визначення ступеня та характеру техногенних змін у стані гідро-геологічної структури верхньої частини земної кори на півдні Криворізького залізничного басейну було застосовано методику порівняльно-статистичного аналізу раніше проведених робіт та сучасних спостережень. Як вихідні дані, були використані результати геологорозвідувальних робіт, геологічних, гідрогеологічних, геофізичних зйомок та еколого-геологічних досліджень, які здійснювалися до введення в експлуатацію нині діючих великих техногенних об'єктів гірничо-металургійного комплексу. Ці матеріали були узагальнені та з урахуванням спектральних космознімків дозволили визначити положення профілів польових досліджень методом вертикального електричного зондування (ВЕЗ).

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Польові геофізичні роботи проектувалися з урахуванням спектрального знімку КА Pleiades, станом на 01.05.2018 р.

Для виявлення гідрогеологічних змін у досліджуваному масиві використовувалися дані геофізичних спостережень та ДЗЗ, проведених влітку 2012 року.

З метою уточнення окремих елементів території досліджень спільна інтерпретація результатів наземних спостережень та супутникових даних виконувалася безпосередньо в процесі проведення польових робіт для визначення детальності вимірювань. При цьому здійснювалася інтеграція цифрових карток мультиспектральних зображень, дешифрування і побудова карт лінементів тектонічних структур та геодинамічних зон для прогнозу тектонофізичних змін.

Електророзвідувальні дослідження. Геофізичні роботи між Лівобережними відвалами, вигином р. Інгулець та с. Новоселівка за профілями 7, 9, 11, 3.1 (рис. 2, 3) було виконано Дніпропетровською геофізичною експедицією «Дніпрогеофізика» (ДГЕ «Дніпрогеофізика») методом вертикального електричного зондування – ВЕЗ [12-15]. Для збільшення детальності при вивченні геоелектричного розрізу та високої якості робіт, в умовах присутності інтенсивних промислових електромагнітних перешкод, була застосована методика послідовних розносів лінії живлення АВ. Кількість вимірів було обрано в 1,7 рази більше ніж за стандартною методикою. При цьому використовувалися такі напіврозноси живильної лінії, як $AB/2=1.5; 2; 3; 5; 6; 8; 11; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 110; 150$ м.

Максимальне рознесення лінії $AB/2=150$ м дозволило вивчити геоелектричний розріз на глибину понад 70-80 м.

Фактично отримана середня відносна похибка зйомки на території, обчислювалася як середнє арифметичне з похибок вимірювань на окремих точках і становить 1,87%.

За даними робіт проаналізована залежність питомого електричного опору окремих порід від мінералізації присутніх у них вод, а також гранулометричного складу, глинистості та пористості. Залежність параметра ρ від вологості піщано-глинистих порід і концентрації розчинених солей була наведена аналогічно розглянутій в роботі [12]. Вона показує, що залежність питомого опору від окремо взятого показника властивостей порід має кореляційний характер з тим чи іншим ступенем тісноти зв'язку.

Також, для характеристики геоелектричного розрізу (параметрів геологічних шарів) площі досліджень були використані результати інтерпретації параметричних ВЕЗ, виконаних поблизу свердловин і колодязів.

Викладення матеріалу та результати. За попередніми результатами досліджень на території виділяються два типи тріщинуватості кристалічних порід: екзогенна - розвинена на ділянках неглибокого їх залягання і пов'язана з їх розшаруванням внаслідок вивітрювання; ендегенна – зумовлена тектонічними процесами у верхній частині земної кори. Слід зазначити, що водопроявлення тріщинуватих зон залежить від безлічі факторів - потужності перекриваючих осадових відкладень, петрографічного складу порід, ступеня тектонічної порушеності, характеру та віку (залікованих або тих, що живуть) тектонічних порушень та ін. Більш частими є неотектонічні порушення, тоді як давні розломи характеризуються відсутністю води, що зумовлено вторинними процесами, що призводять до «залічування» тріщин.

Проведеними електророзвідувальними роботами по профілях 7, 9, 11, 3.1 у модифікації ВЕЗ (рис. 2) між Лівобережними відвалами, вигином р. Інгулець та с. Новоселівка ділянок суцільного підтоплення не виявлено (рис. 3).

Уздовж профілів у верхній частині геологічного розрізу від 2-5 до 10 м у більшості випадків відзначаються підвищені значення питомого опору, що вказує на відсутність обводнення в межах досліджуваної території (рис. 3).

На південь відвалів «Лівобережні» виявлено окремі ділянки (лінзи) локального підтоплення та заболочування. Обробка інтерферометричних знімків (за 2015-2018 рр.) дозволила виділити на денній поверхні території зони, які зазнають сучасного опускання.

Вони досить добре проявляються на спектральному космознімку (див. рис. 2) по зміні відтінку спектра, який обумовлений рослинністю, приуроченою до високо залягаючи ґрунтових вод.

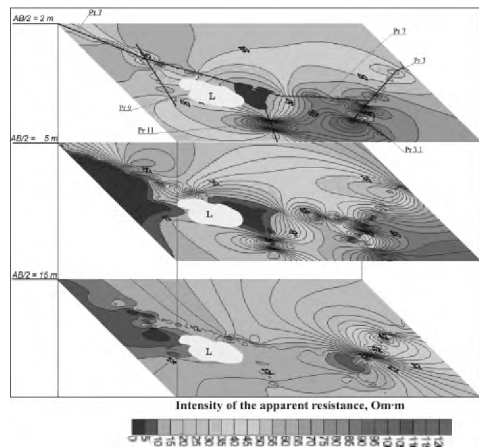


Рис. 3. Погоризонтні зрізи (в аксонометрії) опору ρ_a на розносах AB/2 1,5 - 15 м

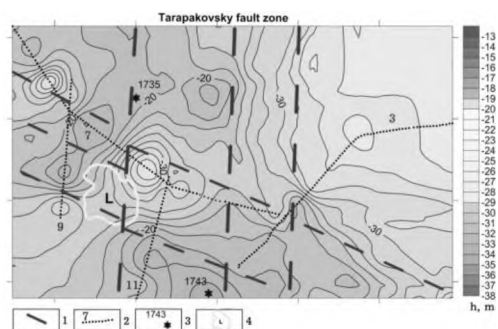


Рис. 4. Карта розрахованих глибин залягання докембрійського фундаменту за даними робіт методом ВЕЗ зі схемою розривних порушень: розломи – 1; Профілі ВЕЗ та їх номер – 2; моніторингові свердловини та їх номер – 3; контур Леб'язого ставка – 4

кристалічних порід та їх кор вивітрювання (рис. 4).

Як показано на рис. 5 мінімальна кількість визначеного сухого залишку у водах свердловин №1735 та №1743 була зафіксована у 2004 р., максимальна кількість – у 2008 р.

Спостерігається збільшення кількості сухого залишку в період з 2004 р. по 2008 р. (на той час його кількість була максимальною), з різким стрибком у бік збільшення у 2007 р.

Наступні три роки після 2008 року спостерігається плавний спад цього параметра.

У період 2011-2016 рр. кількість сухого залишку в пробах зі свердловини мало змінювалась, а потім знову пішла на спад. Слід зазначити подібність поведінки гістограм по свердловинам 1735 та 1743 у період 2008-2018 рр. Синхронна зміна сухого залишку в цих свердловинах може свідчити про їхнє розташування в одній тектонічній зоні розломів.

Виконані геоелектричні дослідження дозволили побудувати прогнозну карту глибин залягання докембрійських порід з наявністю локальної депресії по покрівлі фундаменту в основі ставка Леб'язого.

Ці лінзи підтоплення можуть бути пов'язані зі складною будовою зон тектонічних порушень, зонами перетину докембрійських розломів субмеридіонального і західно-північно-західного простягання (рис. 4), які впливають на поширення та локалізацію мінералізованих вод.

Ширина смуги обводненості порід верхньої частини розрізу по латералі коливається від 50 до 150 м, з урахуванням мінералізованої води зі ставка «Леб'язий».

Ставок утворився у 90-х роках минулого сторіччя на північно-західній околиці с. Новоселівка внаслідок акумуляції атмосферних опадів, фільтраційних вод переважно з хвостосховища «Войкове» та за рахунок води, що видавлюється відвалами «Лівобережні».

Площа ставка 1,5-2,5 га (див. рис. 2), але розміри його не постійні, влітку за сухої погоди вони зменшуються через інтенсивне випаровування води (див. рис. 2).

Про його техногенне походження свідчать дані аналізу поверхневих вод ставка у 2017 р., де мінералізація становила 10,1 г/дм³, загальна жорсткість - 79,0 мг/екв., вміст хлоридів - 6279,0 мг/дм³, сульфатів - 7,0 мг/дм³ [11].

Зони сучасного опускання денного рельєфу з урахуванням розломно-блокової будови породного масиву вздовж лівого берега річки Інгулець йдуть на південний захід, захоплюючи території сіл Новоселівка та Новолатівка.

У цю смугу потрапляє і свердловина 1743, яка розкриває високо-мінералізований водоносний горизонт четвертинних алювіальних відкладень, що знаходяться в тальвезі балки Мікушина. По тальвегу балки проходить тектонічне порушення, перетинаючи зону насуву Тарапаківського розлому. Дані буріння по свердловинах 1735 і 1743 показують неглибоке залягання

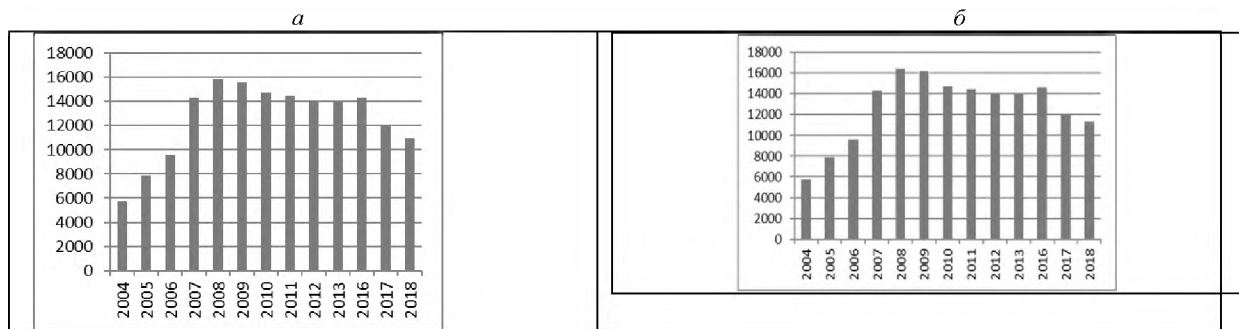


Рис. 5. Гістограми кількості сухого залишку у свердловинах №1735 (а) та №1743 (б)

Зона, що описується, обумовлена специфікою з'єднання (вузлом) різноорієнтованих розривних порушень, де у вигляді лінз, досі зберігаються (накопичуються) високомінералізовані води, законсервовані в Криворізькій системі розломів і води, що мігрували в 1978 р. по діагональним розломам північно-західного накопичувача шахтних вод у балці Свистунова. Ці лінзи високо-мінералізованих вод можуть розбавлятися незначними за кількістю менш мінералізованими джерелами з розломних зон в основі ложа хвостосховища «Войкове». На погоризонтних зрізах ВЕЗ (рис. 3) помітна міграція мінералізованих вод (темно-синій колір) на різних стратиграфічних рівнях.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Аналіз та зіставлення раніше виконаних гідрогеологічних, інженерно-геологічних та геофізичних досліджень на території південного Кривбасу та сучасних спостережень за останні десятиліття свідчать про значні зміни в гідрогеологічному середовищі.

Виконані комплексні дослідження дозволили побудувати прогностичну карту глибин залягання докембрійських порід та встановити наявність локальної депресії по покрівлі фундаменту в основі ставка «Лебязий».

Зона, що описується, обумовлена специфікою з'єднання різноорієнтованих розривних порушень, де у вигляді лінз зберігаються високо-мінералізовані води, законсервовані в Криворізькій системі розломів.

Комплексування дистанційних методів, що вивчають різні властивості геологічного середовища, показують можливість оперативного та науково обґрунтованого виявлення багатьох перелічених проблем підтоплення з метою забезпечення безпечної діяльності у зоні впливу техногенних об'єктів.

Результати комплексних досліджень дозволили зробити висновок про включення до вже існуючих методів моніторингових спостережень та контролю, супутниково-наземну систему дистанційних зондувань, що дозволяє оперативно та без порушення суцільності геологічного середовища в режимі реального часу прогнозувати зміни природно-техногенної ситуації поблизу небезпечних промислових об'єктів та споруд гірничо-металургійного комплексу.

Список літератури

1. Ахкозов Ю.Л. Современная активизация геологических процессов и некоторые проблемы горнодобывающих районов/Ю.Л. Ахкозов//Геолого-мінералогічний вісник, 2003. - №1,- С.78–81.
2. Багрій І.Д. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище Кривого Рогу та Дніпродзержинська/[І.Д. Багрій, Ю.Г. Білоус, Ю.Г. Вікул та ін.] - К.: Фенікс, 2005 – 216 с.
3. Багрій І.Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоecологічних та пошукових задач // – К.: ІГН НАН України 2003. – 152 с.
4. Багрій І.Д. Гідросистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення./[І.Д. Багрій, П.Ф.Гожик, Є.В.Самоткал та ін.] – Фенікс, 2005. – 216 с.
5. Багрій І.Д. Геоecологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі./ [І.Д.Багрій, П.В.Блінов, Н.А.Белокопитова та ін.] – Фенікс, 2002. – 192с.
6. Белевцев Я.Н. Геология Криворожских железорудных месторождений./ [Я.Н. Белевцев, Г.В. Тахтуев, А.И. Стрыгин и др.] // -К.: изд. АН УССР. – 1962. – т.1-2 - 564с.
7. Малахов І.М. Методичні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах./ [І.М. Малахов, Т.М. Альохіна, В.В. Іванченко та ін.] Наук. зб. Деякі чинники техногенезу Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг: Октан-прінт, 2011, - 172с.
8. Маяков Й.Д. Екологічна оцінка стану геологічного середовища // Наук. зб. Деякі чинники техногенезу Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг: Октан-прінт, 2001, - 96с.
9. Мечніков Ю.П., Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Особливості диз'юнктивної тектоніки Криворізького залізничного району / Геофизический журнал. – 2016. – №5(Т.38). – С.154-163.

10. Пігулевський П.И. О современной активизации докембрийских глубинных разломов Украинского щита // 36. наук. пр. НГУ. Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет". Дніпропетровськ. – 2015. № 46. – С. 38-44.
11. Пігулевський П.Г., Свистун В.К. Геофізичні дослідження процесів підтоплення в промисловому Кривбасі. Харків. ФОП Мезіна В.В., 2018. – 210 с.
12. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 1. Фізико-геологічні передумови досліджень/Geoinformatika. – 2016. – № 3 (59). – С.69-75.
13. 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 обмеженні ділянок підтоплення / Geoinformatika. – 2016. – № 4 (60). – С. 62-74.
14. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 3. Результати застосування геоелектричних методів при вирішенні інженерно-геологічних задач/Geoінформатика. – 2017. – №2 (62). – С. 55-63.
15. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану Південно-Західного Кривбасу. Частина 4. Використання потенціальних полів при вивченні сучасної тектоніки // Геоінформатика. – 2017. – №3 (63). – С. 48-55.
16. Pihulevskiy P.G., Anisimova, L.B., Kalinichenko, O.O., Panteleeva, N.B., Hanchuk, O.V. [2021]. Analysis of natural and technogenic factors on the seismicity of Kryvyi Rih. Journal of Physics: Conference Series. 2021 | conference-paper. p. 12. <https://doi.org/10.1088/1742-96/1840/1/012018>.
17. Svistun V. and Pigulevskiy P. (2021). Gravimetric survey and gravimetric database in Ukraine "Dnirogeofizika" during 2000–2011 carried out works on collection, analysis and formation of an electronic gravimetric data base (GDB) of the territory of Ukraine. Based on the results of the work car. 20th International Conference Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, 11-13 May 2021. Volume 2021, 1 – 7. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521132>.

Рукопис подано до редакції 15.05.2023

УДК 622.7: 534

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., Криворізький національний університет
Н.В. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., Львівський національний університет ім. Івана Франка
А.А. ГАПОНЕНКО, Є.Ю. БОБРОВ, аспіранти, Криворізький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ

Метою дослідження є дослідження та обґрунтування і застосування ультразвукових вимірювань для визначення нелінійних характеристик гірської породи.

Методи дослідження. У роботі використані методи аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду, методи математичного та імітаційного моделювання, а також методи швидкого перетворення Фур'є для аналізу результатів ультразвукових вимірювань.

Наукова новизна полягає у теоретичному обґрунтуванні та моделюванні методів нелінійних ультразвукових вимірювань для оцінки характеристик гетерогенних середовищ.

Практичне значення полягає в обґрунтуванні застосування нелінійних ультразвукових вимірювань для визначення структурно-текстурних особливостей гірської породи.

Результати. Взаємодія акустичного сигналу з речовиною називається «лінійною», якщо відгук матеріалу та сила вихідного сигналу змінюються лінійно залежно від сили вхідного сигналу, як у законі Гука. Більшість відомих акустичних явищ пов'язані з лінійно-пружними характеристиками матеріалу. Однак у матеріалах з деякими специфічними властивостями з'являється ряд нових «нелінійних ефектів», таких як спотворення форми акустичних хвиль через амплітудно-залежну швидкість поширення хвилі, генерація вищих гармонік, формування сумарної та різницевої частоти для кількох вхідних сигналів, акустичне перетікання, самофокусування тощо. Гірська порода, зокрема залізорудна сировина, є гетерогенним середовищем, яка має специфічні структурно-текстурні особливості та включає фазові неоднорідності типу тріщин і пір. Запропоновано метод оцінки фазової неоднорідності гірської породи, заснований на визначенні функції відображення нелінійної залежності поширення в ній акустичного сигналу, що включає формування ультразвукових синусоїдальних імпульсів фіксованої частоти, але різної амплітуди, випромінювання їх в досліджуване середовище, спектральний аналіз та обчислення функції відображення нелінійної залежності, що враховує різницю огинають прийнятих імпульсів різної амплітуди, їх гармонійне та повне спотворення, що дозволяє визначити рівень додаткового нелінійного ослаблення основної частотної складової прийнятого сигналу, який не залежить від коефіцієнта посилення підсилювача, акустичного опору середовища, характеристик розсіювання, дифракційних ефектів і визначається лише розподілом фазових неоднорідностей у гірській породі.

Ключові слова: ультразвук, вимірювання, нелінійність, моделювання, огинаюча імпульсу, спотворення.