

У випадку, якщо попередні дослідження методом ВЕЗ відсутні, доцільно нарощувати криві МТЗ вверх за допомогою лише методу ЗСБ, але з різними розмірами живильних петель або диполів. При цьому слід враховувати, що в початковій частині ( $H = (1/3-1/4)L$ , де  $L$  – сторона петлі) криві  $S_n$  спотворені і при стикуванні їх треба відкидати. При цьому основна теза, що краще стикуються криві позірної сумарної провідності, тут також підтверджується.

### Висновки

1. У практиці геологопошукових досліджень часто виникає необхідність комплексування даних електричних (ВЕЗ) і електромагнітних (ЗСБ, МТЗ) зондувань. В останнє десятиріччя особливо актуальним стало продовження вверх кривих МТЗ як важливої складової комплексу регіональних досліджень.

2. Співставлення двохшарових теоретичних кривих різних методів показує, що комплексування краще проводити за допомогою кривих сумарної позірної провідності, які мають більш універсальний і зручний для порівняння вид та низку інших переваг.

3. Реальність та можливість комплексування трьох основних видів зондувань (ВЕЗ, ЗСБ і МТЗ) підтверджується порівнянням теоретичних і практичних кривих позірних опорів та провідностей електричних та індукційних зондувань.

### Література

1. Сидоров В.А., Тикшаев В.В. Электроразведка зондированиями становлением поля в ближней зоне// Информ. сообщение. – Саратов, ОНТИ ВНИИГТ, 1969. – 58 с.
2. Сидоров В.А. Импульсная индуктивная электроразведка. – М.: Недра, 1985. – 192 с.
3. Анищенко Г.Н. Кажущаяся продольная проводимость в электроразведке// Экспресс-информация. ВИЭМС Сер. IX; Регион. разв. и промышл. геофизика. – 1974. Вып.21. – 40 с.
4. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Магнитотеллурическое зондирование горизонтально однородных сред. – М.: Недра, 1992. – 250 с.
5. Электроразведка: Справочник геофизика. В двух книгах / Под ред. В.К. Хмелевского и В.М. Бондаренко. Кн.1 – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – 438 с.

УДК 550834

## ОПЕРАТОРИ РЕДУКЦІЇ ДЕЯКИХ ІНТЕНСИВНИХ КРАТНИХ ХВИЛЬ

*М.Є.Гринь, Л.Я.Гордієнко, Д.М.Гринь*

*Інститут геофізики НАН України, м.Київ, 03142, пр. Палладіна, 32.*

*E-mail: [dgrin@igph.kiev.ua](mailto:dgrin@igph.kiev.ua)*

Розв'язок задач сейсморозвідки, в яких використовуються динамічні ознаки хвиль, зокрема рекурентні типу псевдоакустики, суттєво ускладнюються тим, що вони є однотипними. Виникають поверхневі каналові, рефраговані, головні та інші  $P, S$ -хвилі. Від моменту вступу хвильове поле все більше стає адитивною сумішшю різних регулярних типів хвиль. В результаті область перших вступів починається з ускладнень.

Особливу роль у формуванні відбитих хвиль відіграє ВЧР. В ній малі швидкості і значна диференціація пружних параметрів сприяють виникненню підвищених значень коефіцієнтів відбиття та реверберації. Кожна хвиля ускладнюється цим явищем при поширенні у прямому і зворотному напрямках. Кількість кратноутворюючих горизонтів у ВЧР та усьому розрізі, на яких виникають потужні за інтенсивністю багатократні хвилі, як правило, незначна. Але вони серйозно ускладнюють хвильову картину. Денна поверхня є додатковим і основним джерелом кратних хвиль сумірних за енергією з основним.

У замітці йдеться про алгоритм приведення за часами вступів найбільш інтенсивних хвиль, відбитих у ВЧР та на денній поверхні до одного реального джерела.

Розглядається лише горизонтально розширене середовище і одновимірна модель. Виходимо з того, що на кожній неоднорідності, точніше границі відбиття, виникає дзеркальне відображення одного і того ж розрізу, тобто подібних між собою за формою, але різних за інтенсивностями (що залежить від коефіцієнтів відбиття ( $\pm \gamma_n$ ), часами затримки. Ці коливання все ж дещо

відрізняються між собою за рахунок слабких відбиттів у середовищі. Припускаємо, що без впливу денної поверхні і ВЧР хвильовий процес, що виникає від реального джерела наближається до поля однократних хвиль  $f(t)$ . Такого ж типу хвильові процеси виникають від кожного інтенсивного вторинного джерела – відбиття від денної поверхні, на якій зазвичай, проводяться спостереження. При цьому слабкими неповнократними відбиттями нехтується. Таке припущення дає можливість розглядати сумарне хвильове поле  $F_{\Sigma}(t)$ , що спостерігаємо, як суму складових  $f(t)$  від реального та вторинних джерел

$$F(t) = \sum_i a_i f(t - \tau_i) \quad (1)$$

або інакше

$$F(t) = f(t) \otimes \sum_i a_i \delta(t - \tau_i) \quad (2)$$

де:  $a = a(\gamma, d, q)$  — коефіцієнти, які вказують на інтенсивність складових  $f(t)$ , що залежать в свою чергу від коефіцієнтів відбиття та проходження на границях ВЧР ( $\gamma_i, q_i, d_i, i = 1, 2, \dots$ ) та денної поверхні. Вони можуть бути визначені, наприклад, за даними мікросейсмокаротажу. Для розв'язання задачі (1) приведення (редукції) будеться обернений оператор за реакцією середовища і денної поверхні, що складається з  $\delta$ - функцій. Така задача типу деконволюції умовно коректна, оскільки сигнал від реального джерела за інтенсивністю більший від суми модулів всіх кратних відбиттів. Формула, за якою побудована програма для реалізації задачі у спектральній формі має такий вигляд:

$$S(j\omega) = \frac{S_{\Sigma}(j\omega) \left[ \left( 1 + \sum_{i=1}^n a_i \cos \omega \tau_i \right) + \sum_{i=1}^n a_i \sin \omega \tau_i \right]}{1 + \sum_{i=1}^n a_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n a_i \cos \omega \tau_i + 2 \sum_{k=i+1}^n \sum_{j=i+1}^n a_i a_j \cos \omega (\tau_i - \tau_j)} \quad (3)$$

де  $s(j\omega) \Leftrightarrow f(t)$  і  $S_{\Sigma}(j\omega) \Leftrightarrow F_{\Sigma}(t)$ .

Для визначення сейсмічної траси  $f(t)$  необхідно здійснити обернене Фур'є-перетворення над виразом (3)

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (4)$$

Тестова перевірка виразів (3) і (4) на їх дієздатність у найпростішому варіанті здійснюється за даними моделювання. Відповідний приклад наведено на рис.1. Сейсмічна траса однократних хвиль побудована за даними АК (фонди ЗУГРЕ) по св. Коханівська, 28 (Більче-Волиця, Прикарпаття). В даному випадку модельні сейсмограми з врахуванням впливу зони ВЧР та денної поверхні являють собою суми трас з затримками однократних хвиль, що виникли від реального джерела, заданого на глибині  $h_{K\ddagger} = 17,5$  м, та аналогічних хвиль, відбитих від границь, на глибинах  $h_2 = 3,3$  м,  $h_3 = 15$  та на денній поверхні  $h_1 = 0$  м, які є дзеркальним зображенням трас від джерела з врахуванням всіх коефіцієнтів відбиття та заломлення. Редукція інтерференції суми трьох трас (крива 2, рис.1) до однієї показана на рис. 1.3; редукція чотирьох накладених трас з відповідними затримками (крива 4, рис.1) до однієї показана на рис. 1.5. На рис.1,1 наведена однократна модельна сейсмічна траса. Як бачимо, редуковані за формулами (3) і (4) (криві 3 та 5 рис.1) траси повністю за формою збігаються з однократною сейсмічною трасою (рис.1.1). Для зручності співставлення всі траси нормовані до однократної, але, зауважимо, інтенсивність приведеної траси за рахунок накопичення кратновідбитих трас зростає.

Слід зазначити, що для редукції хвиль за виразами (3) і (4) необхідно, щоб затримки  $\tau_i$  та коефіцієнти  $a_i$  були точними, а вхідні сейсмічні траси були не ускладнені хвилями-завадами.

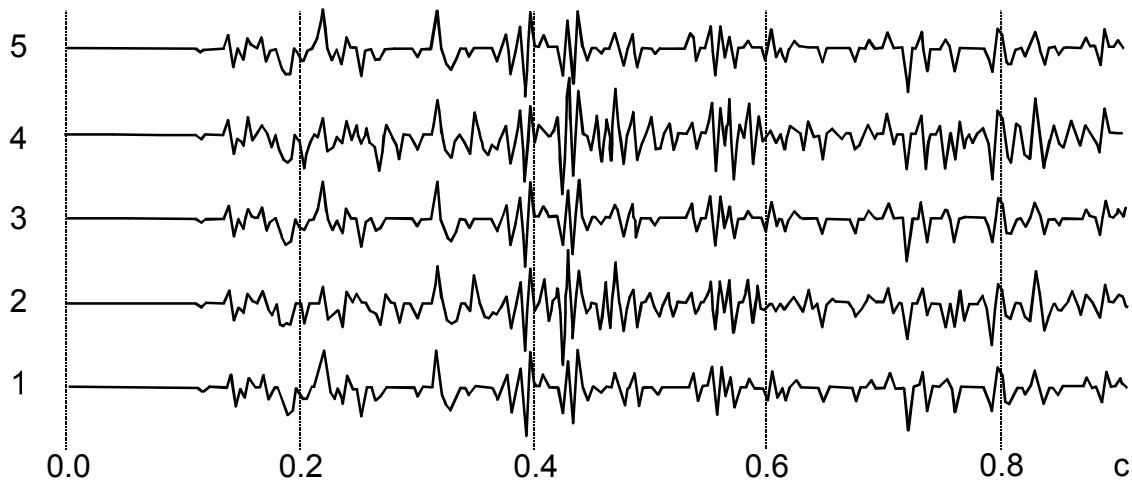


Рис. 1. Редукція кратних хвиль, що виникають на границях у ВЧР та денній поверхні, згідно з виразом (3).

1. Імпульсна реакція однократних хвиль від реального джерела, їх збудження на глибині  $h_{\text{зб}} = 17,5$  м за даними математичного моделювання по АК для св. Кох. 28. 2. Імпульсна реакція від джерела з врахуванням відбиття від горизонту у ВЧР на глибині  $h_2 = 3,3$  м та денної поверхні  $h_1 = 0$ . Результат редукції за кривою 2. 4. Імпульсна реакція з врахуванням реального та тих же вторинних джерел і відбиттів від границі на глибині  $h_3$

Розглянемо частинний випадок алгоритму (3) і (4) для суміщення хвиль від реального джерела та відбитих хвиль лише від денної поверхні. При цьому відбувається накопичення (подвоєння) енергії. Оператор редукції має вигляд

$$\mathbf{q}(t) = \delta(t) - k\delta(t - \tau), \quad (5)$$

де:  $\delta(t)$  — одиничний імпульс,  $k \approx 0,95$  — коефіцієнт, що відповідає співвідношенню інтенсивностей  $\mathbf{f}(t)$  прямого і  $\mathbf{f}(t - \tau)$  відбитого від денної поверхні хвильових полів,  $\tau$  — подвоєний час пробігу від джерела до денної поверхні. Тобто, для розв'язання задачі

$$\mathbf{F}_{\Sigma}(t) = \mathbf{f}(t) + k\mathbf{f}(t - \tau) \quad (6)$$

діють оберненим оператором  $\mathbf{q}(t)$  на сумарне хвильове поле  $\mathbf{F}_{\Sigma}(t)$

$$\mathbf{f}(t) = \mathbf{F}_{\Sigma}(t) * [\mathbf{q}(t)]^{-1}, \quad (7)$$

або у спектральному вигляді:

$$\mathbf{S}_{\xi}(j\omega) = \mathbf{S}(j\omega) [1 + ke^{-j\omega\tau}], \quad (8)$$

де  $\mathbf{S}(j\omega)$  комплексний спектр над  $\mathbf{f}(t)$  і  $\mathbf{S}_{\Sigma}(j\omega)$  над  $\mathbf{F}(t)$ . Тоді

$$\mathbf{f}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\mathbf{S}_{\Sigma}(j\omega) e^{j\omega t} dt}{1 + ke^{-j\omega\tau}} \quad (9)$$

за умови  $k < 1$ . Ця умова виконується тому, що енергія кратновідбитої траси не може бути більшою від енергії траси від реального джерела. Оскільки у спектрі виразу (1) немає нулів, задача (9) коректна.

Результат застосування алгоритму (5), (9) для вилучення впливу денної поверхні – редукції з метою зведення до одного джерела прямої і відбитої від денної поверхні наведено на рис.2. Для цього використано матеріал математичного моделювання хвильового поля по свердловині Коханівська, 22.

На рис.2 за швидкісним розрізом 1) побудовані і співставляються імпульсні реакції: 2) однократного (О), 3) повного (однократного+багатократного) (О+Б), 4) багатократного (Б) хвильових полів. В результаті застосування виразів (5), (9) визначено імпульсну реакцію 5). Як бачимо, траса 5) значно спрощена порівняно вхідною 3). Вона має деякі ускладнення, але дуже подібна до імпульсної реакції для однократних хвиль 2) і оберненої за знаком та зміщеної у часі імпульсної сейсмограми багатократних хвиль 4). Це ознака того, що основним джерелом повнократних є денна поверхня, а неповнократні хвилі, які не пов'язані з денною поверхнею, існують у середовищі, але для даного конкретного розрізу не відіграють значної ролі. Суть розв'язку задачі (5), (9) саме у тому, щоб вилучити вплив денної поверхні на хвильове поле.

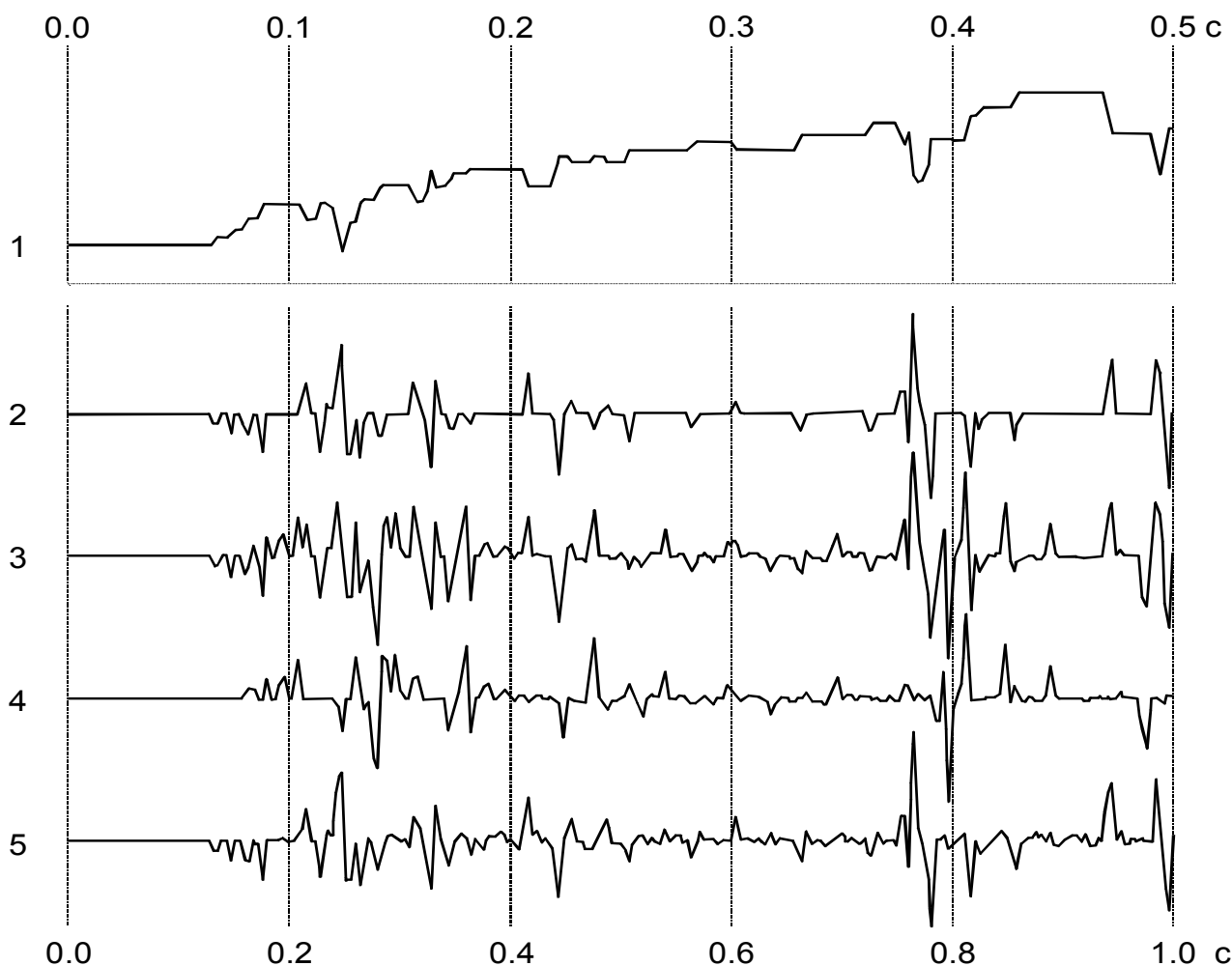


Рис.2. Вилучення дзеркального зображення хвильового поля, відбитого від денної поверхні, і редукція його до реального джерела (за даними АК і математичного моделювання по св. Кох. 28).

1. Швидкісний розріз; 2. Імпульсна реакція однократних хвиль (О); 3. Імпульсна реакція повного хвильового поля (О+Б); 4. Імпульсна реакція багатократних хвиль (Б); 5. Результат застосування оператора редукції (9).

Алгоритми для редукції інтенсивних хвильових процесів, збуджених вторинними джерелами у ВЧР та на денній поверхні, до реального джерела були випробувані на фактичних матеріалах. Результати задовільні.