

<https://doi.org/10.15407/gpimo2022.03.027>

**О.О. Верпаховська**, д-р фіз.-мат. наук, пров. наук. співроб.

e-mail: [alversim@gmail.com](mailto:alversim@gmail.com)

ORCID 0000-0002-6607-2360

**В.П. Коболев**, чл.-кор. НАН України, д-р геол. наук, проф., голов. наук. співроб.

e-mail: [kobol@igph.kiev.ua](mailto:kobol@igph.kiev.ua)

ORCID 0000-0001-5625-5473

**В.М. Пилипенко**, д-р фіз.-мат. наук, голов. наук. співроб.

e-mail: [vpylypenko@gmail.com](mailto:vpylypenko@gmail.com)

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

03142, Київ, пр. Палладіна, 32

## СКІНЧЕННО-РІЗНИЦЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ ЗА МАТЕРІАЛАМИ СЕЙСМОМЕТРИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОМУ ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ

---

*В сучасних сейсмічних дослідженнях особливу увагу приділяють коректності як методів обробки, так і результатів їх застосування. Зокрема це стосується процедури міграції, яка дозволяє відтворити глибинну будову району досліджень безпосередньо за спостереженням хвильовим полем. В Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України протягом багатьох років розробляються методи міграції і моделювання хвильового поля, які теоретично базуються на скінченно-різницево-му методі вирішення диференційних рівнянь. Моделювання хвильового поля дозволяє виділити на реальному спостереженому сейсмічному полі корисні хвилі для ефективного формування міграційного зображення геологічного середовища та підтвердити коректність і точність відтворення на ньому різного роду порушень.*

*Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України на континентальному схилі північно-західної частини Чорного моря у 2013 р. були виконані сейсмометричні спостереження методом відбитих хвиль (МВХ) багатократними перекриттями. При обробці зареєстрованих хвильових полів для формування глибинного зображення геологічного розрізу використовувалася повнохвильова скінченно-різницева міграція після підсумовування трас методом спільної глибинної точки (СГТ). Як інструмент оцінки коректності отриманих результатів розглянуто скінченно-різнице-ве моделювання хвильового поля, яке базується на вирішенні хвильового рівняння на сітці з семи точковим шаблоном.*

**Ключові слова:** сейсморозвідка, метод відбитих хвиль (МВХ) багатократними перекриттями, скінченно-різницева міграція, шельф Чорного моря.

---

Цитування: Верпаховська О.О., Коболев В.П., Пилипенко В.М. Скінченно-різницеве моделювання хвильового поля за матеріалами сейсмометричних спостережень на північно-західному шельфі Чорного моря. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2022. **18**, № 3: 27–39. <https://doi.org/10.15407/gpimo2022.03.027>

## Вступ

Інститутом геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України у рамках цільової програми наукових досліджень НАН України «Комплексна оцінка стану та прогнозування динаміки морського середовища та ресурсів Азово-Чорноморського басейну» у 2013 р. на НДС «Професор Водяницький» були виконані дослідно-методичні сейсмометричні спостереження методом відбитих хвиль (МВХ) багатократними перекриттями. При цьому у якості системи реєстрації був задіяний цифровий сейсмозвідувальний телеметричний комплекс, основними складовими частинами якого є центральна станція (XZone® Bottom Fish) та забортне обладнання — система збудження та реєстрації хвильового поля за допомогою 72-канальної сейсмокоси довжиною 345 м. Відстань між приймачами складала 3 м, а між пунктами збудження (вибухами пневматичної пушки) — 12,5 м. Перший сейсмодатчик знаходився на відстані 90 м від джерела збудження на глибині 3 м. Довжина запису становила 4 с з дискретністю у 0,5 мс [3].

Граф обробки зареєстрованих на північно-західному шельфі Чорного моря у 2013 р. сейсмічних профілів містив скінченно-різницеvu повнохвильову міграцію після підсумовування трас методом спільної глибинної точки (СГТ) [2]. Сформовані в результаті застосування міграції хвильові зображення середовища дозволили відобразити особливості будови верхньої частини земної кори в акваторії Чорного моря. Раніше було доведено математичну коректність теоретичних основ даного варіанту міграції [1]. В той же час постало питання дослідження практичної коректності отриманих міграційних розрізів для підтвердження зображених на них порушень при подальшій інтерпретації.

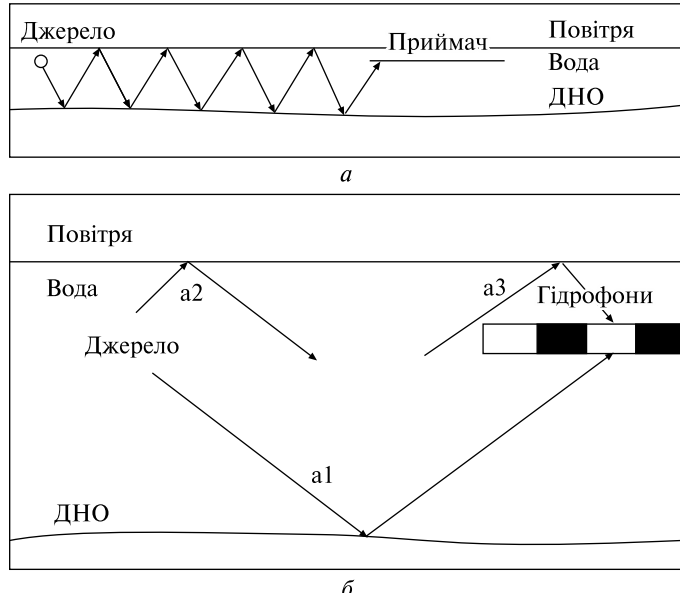
Дослідження коректності та точності відображення окремих деталей будови морських акваторій з використанням обраного варіанту сейсмічної міграції виконувалися за допомогою моделювання хвильового поля з урахуванням моделей геологічного середовища, що відповідають глибинній будові району досліджень. При цьому для відповідності змодельованого хвильового поля реальним умовам спостережень задавалась система реєстрації, що використовувалася на північно-західному шельфі Чорного моря у 2013 році.

В залежності від типів джерел збудження та приймачів реєстрації зареєстроване при морських сейсмічних спостереженнях хвильове поле має свої особливості, що необхідно враховувати при їх обробці.

Визначення на хвильовому полі корисних хвиль і хвиль-завад є одним з основних завдань якісної обробки морських сейсмічних даних. Серед хвиль-завад особливе місце посідають ревербераційні відбиття, а також хвилі-супутники [4, 7]. Реверберація — це багатократні відбиття з короткими шляхами пробігу від границі водної товщі. Хвилі-супутники при морській сейсмозвідці можуть з'являтися як від джерела, так і від приймачів. При цьому час реєстрації їх у хвильовому полі залежить від глибини розміщення джерела збудження та приймальної сейсмічної коси. Схематичне відображення появи реверберації та хвиль-супутників демонструється на рис. 1.

Крім того, на хвильовому полі можна виділити вступи хвиль, які при побудові розрізу відображують границю, що знаходиться нижче від реальної, що пов'язано з повторними ударами під час виконання вибухів у водній товщі. На такому хвильовому полі відбувається повторюваність усіх елементів запису через

**Рис. 1.** Демонстрація проблеми реверберації (а) і появи хвиль-супутників на хвильовому полі, спостереженому морською сейсмозвідкою (б): а1 — траєкторія відбитої хвилі; а2 — траєкторія хвилі-супутника, спричиненої джерелом; а3 — траєкторія хвилі-супутника, спричиненої приймачем



інтервали 0,1–0,4 с. Для вилучення хвиль-завад, пов'язаних з подвійним вибухом та реверберацією застосовують деконволюцію.

Основною відмінністю даних морських сейсмічних спостережень виконаних у 2013 р. є наявність в хвильовому полі дуже сильних низькочастотних завад, які є скоріш за все наслідком роботи обладнання, що використовувалося для утримання сейсмічних приймачів на певній глибині. Останнє питання потребує більш ретельного дослідження. Таким чином, підготовка спостереженого хвильового поля є однією зі складових, що гарантують коректне застосування скінченно-різницевої міграції при відображенні глибинної структури розрізу.

Визначити на реальному спостереженому хвильовому полі корисні хвилі та хвилі-завади можна з використанням моделювання. При цьому задається швидкісна модель середовища, яка визначається і використовується під час формування зображення середовища з застосуванням скінченно-різницевої міграції.

Скінченно-різницеве моделювання хвильового поля, яке розробляється в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, базується на прямому продовженні поля від точкового джерела коливань в глибину. При цьому для модельного прикладу було відтворено систему реєстрації, що застосовувалася при реальних морських спостереженнях, а також було обрано швидкісну модель, яка характерна для глибинної будови верхньої частини розрізу північно-західного шельфу Чорного моря.

**Обробка морських сейсмічних спостережень із застосуванням скінченно-різницевої повнохвильової міграції після підсумовування трас методом СГТ.** Граф обробки, який використовувався для обробки сейсмічних профілів, спостережених на північно-західному шельфі Чорного моря у 2013 р., містив наступні процедури: підготовка даних до обробки (переведення у стандартний формат, редагування паспортів трас), попередня обробка (фільтрація, деконволюція, підсилення амплітуд, внесення кінематичних поправок і підсумовування трас методом СГТ), результатом якої є сума трас за спільною глибинною точкою. На завер-

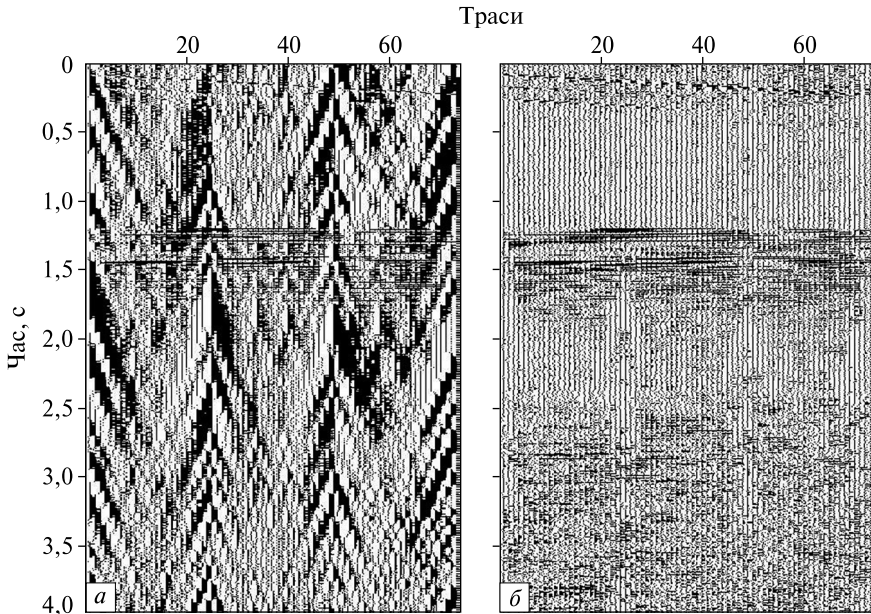


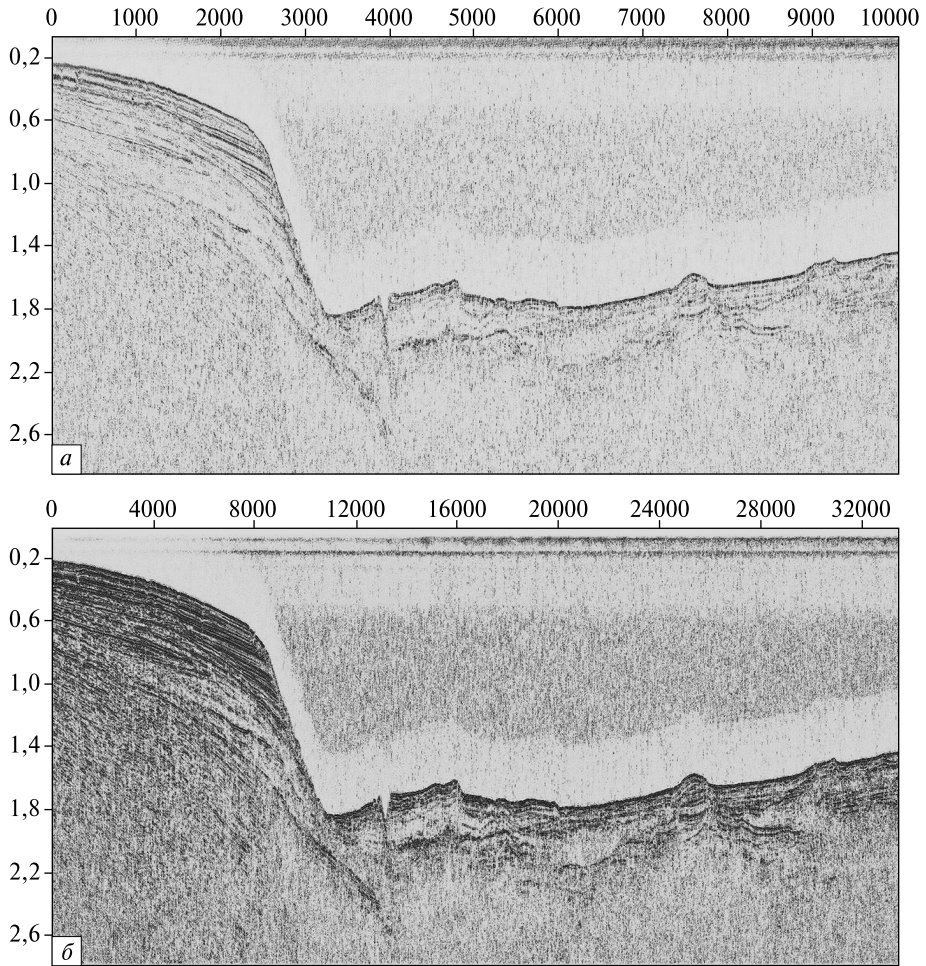
Рис. 2. Спостережене хвильове поле окремого пункту збудження до процедури фільтрації (а) і після неї (б)

шальному етапі виконувалася скінченно-різницева міграція після підсумовування трас методом СГТ, яка є оптимальним варіантом формування зображення геологічного середовища при дослідженні відносно невеликої глибини земної кори морських акваторій. Результати дослідження математичної коректності теоретичних основ скінченно-різницевої міграції, а саме визначення стійкості розв'язку і ступеня апроксимації диференційного рівняння різницеvim були викладені раніше [2].

У зв'язку з наявністю в спостереженому у 2013 р. хвильовому полі дуже сильних низькочастотних завад насамперед необхідно було застосувати фільтрацію для виділення і підсилення частоти корисного сигналу. На рис. 2 показано спостережене хвильове поле для окремого пункту збудження коливань до застосування процедури фільтрації (рис. 2, а) і після неї (рис. 2, б). Як видно обраний варіант фільтру дозволив видалити з зареєстрованого хвильового поля низькочастотну складову. Після приведення даних до стандартного формату, редагування паспортів трас та фільтрації, всі сейсмограми окремих пунктів збудження були зведені в один файл для подальшої обробки. На рис. 3, а показано зведене хвильове поле для одного з профілів, спостережених у 2013 році.

Найбільш вимогливою процедурою обробки даних багатократних перекриттів є підсумовування трас методом СГТ. Для даної процедури необхідним є внесення в хвильове поле кінематичної поправки, яка розраховується за реальною швидкістю сейсмічних хвиль у середовищі, що задається у вигляді функції. Таким чином, важливою умовою коректного результату застосування процедури підсумовування трас методом СГТ є найбільш точне визначення швидкісних характеристик середовища у районі досліджень. Рис. 4 дозволяє наглядно продемонструвати наскільки результат підсумовування трас методом СГТ залежить від обраних значень швидкості.





**Рис. 3.** Приклад зведеного хвильового поля за всіма пунктами збудження (*a*) і сума трас МСГТ (*б*) для одного зі спостережених у 2013 р. профілів на шельфі Чорного моря

Сума трас методом СГТ є стандартним результатом обробки даних методу відбитих хвиль (МВХ) багатократних перекриттів. Результат суми трас методом СГТ для профілю наведено на рис. 3, б. Однак для полегшення інтерпретації даних сейсморозвідки необхідно виконати міграцію, яка дозволяє більш точно перемістити границі розділу і інші особливості будови середовища на свої реальні місця за глибиною. Як було доведено виконаними дослідженнями, для обробки даних багатократних перекриттів морської сейсморозвідки оптимальним варіантом міграції хвильового поля є скінченно-різницева повнохвильова міграція після процедури підсумовування трас методом СГТ. Даний варіант скінченно-різницевої міграції гарантує стійкість і точність результату за рахунок високого ступеня апроксимації диференційного хвильового рівняння скінченно-різницевим з використанням спеціальної просторово-часової сітки з 12-точковим шаблоном [2].

Скінченно-різницева повнохвильова міграція після суми дозволяє більш детально відобразити будову глибинного розрізу ніж сума трас методом СГТ, що продемонстровано на рис. 5, де наведено порівняння частини розрізу СГТ до і

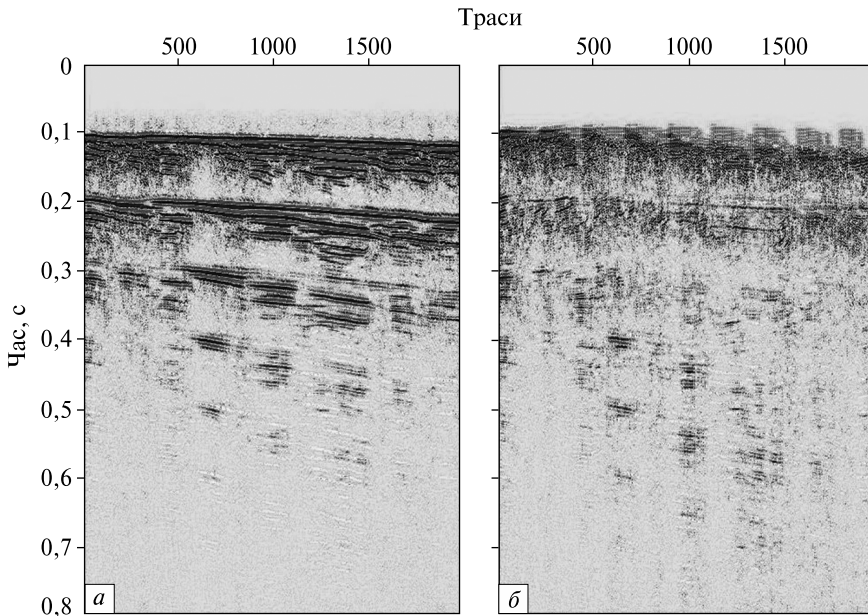


Рис. 4. Демонстрація впливу значення швидкості на результат процедури підсумовування трас методом СГТ: реальна швидкість (а) і хибна швидкість (б)

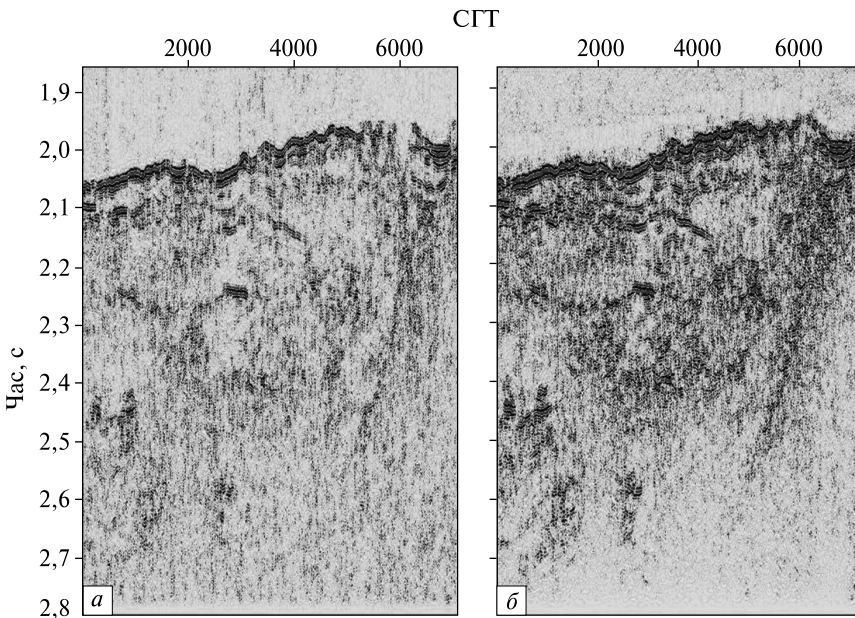
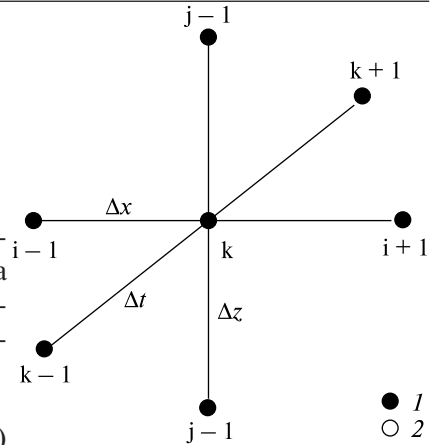


Рис. 5. Порівняння результату процедури підсумовування трас методом СГТ (а) і повнохвильової скінченно-різницевої міграції після суми (б)

після міграції. Результат міграції (рис. 5, б) містить деталі структури наявних в розрізі границь, які відсутні або не чітко проявляються на результаті підсумовування трас методом СГТ (рис. 5, а).

**Дослідження ефективності і коректності застосування скінченно-різницевої повнохвильової міграції після підсумовування трас МСГТ за допомогою моделювання.** Моделювання хвильового поля, що розроблено в Інституті геофізики ім. С.І. Суб-

**Рис. 6.** Семиточковий шаблон різницевої сітки для зворотного продовження хвильового поля. 1 — вузли сітки, де значення поля відомі; 2 — вузли сітки, де значення поля розраховуються



ботіна НАН України, базується на прямому продовженні поля точкового джерела в глибину на основі скінченно-різницевого розв’язку скалярного хвильового рівняння, яке в декартовій системі координат має вигляд:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{V^2(x, z)} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

де  $u$  — амплітуда хвильового поля,  $V(x, z)$  — швидкість сейсмічних хвиль в точці  $(x, z)$  середовища.

Продовження хвильового поля виконується з застосуванням тривимірної просторово-часової сітки з сітковими координатами  $i, j, k$ , що відповідають координатам  $x, z, t$ . Кроки по осям сітки  $\Delta x, \Delta z, \Delta t$  обираються з умов стійкості, яка була виведена при дослідженні стійкості різницевого розв’язку [6]:

$$\Delta t V_{\max} \leq \frac{\Delta x \Delta z}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta z^2}} .$$

Хвильове поле визначається за явною схемою на різницевій сітці з семиточковим шаблоном (рис. 6):

$$u_{i,j}^{k+1} = 2u_{i,j}^k - u_{i,j}^{k-1} + V_{i,j}^2 \left[ \frac{\Delta t^2}{\Delta x^2} (u_{i+1,j}^k + u_{i-1,j}^k) + \frac{\Delta t^2}{\Delta z^2} (u_{i,j+1}^k + u_{i,j-1}^k) - 2u_{i,j}^k \left( \frac{\Delta t^2}{\Delta x^2} + \frac{\Delta t^2}{\Delta z^2} \right) \right], \quad (2)$$

де  $u_{i,j}^k$  — значення хвильового поля у вузлі з сітковими координатами  $(i, j, k)$ ;  $V_{i,j}$  — швидкість у вузлі  $(i, j)$ .

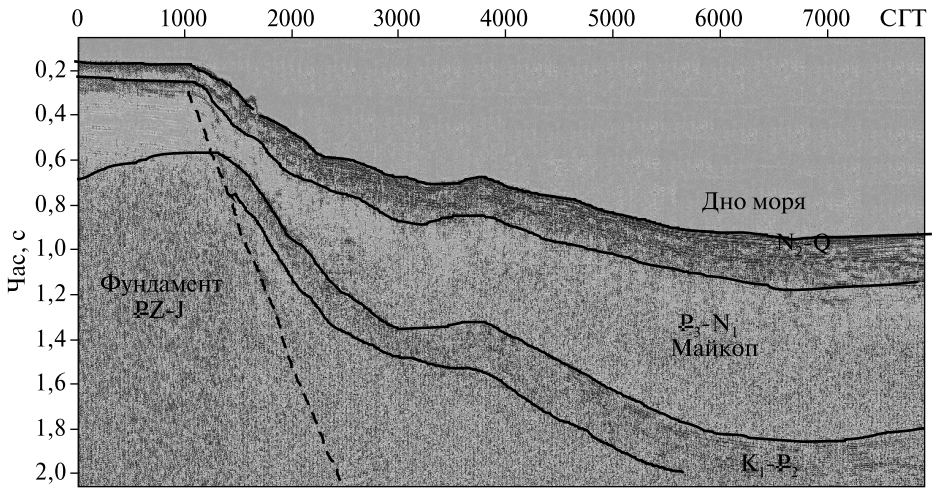
Розрахунок хвильового поля здійснюється за схемою (2) послідовно у всіх вузлах часового рівня  $k + 1$  за значенням поля на двох часових рівнях  $k$  і  $k - 1$ . Передбачається, що в точці простору  $x_0, z_0$ , яка належить області розрахунку поля, діє джерело сейсмічних коливань, у відповідності з формулою, що описує імпульс Берлаге:

$$u(x_0, z_0) = a \sin \left( 2\pi \frac{t}{p} \right) \cdot t \cdot \exp \left( -\frac{t}{r} \right);$$

де  $p$  — домінуючий період сигналу,  $r$  — коефіцієнт затухання,  $t$  — час,  $a$  — амплітуда.

Швидкісна модель геологічного середовища описується набором границь, які є неперервними вздовж всього сейсмічного розрізу і однозначними відносно лінії профілю. Швидкісні характеристики товщі, яка міститься між двома описаними границями, задаються додатковими параметрами відповідно до координат профілю.





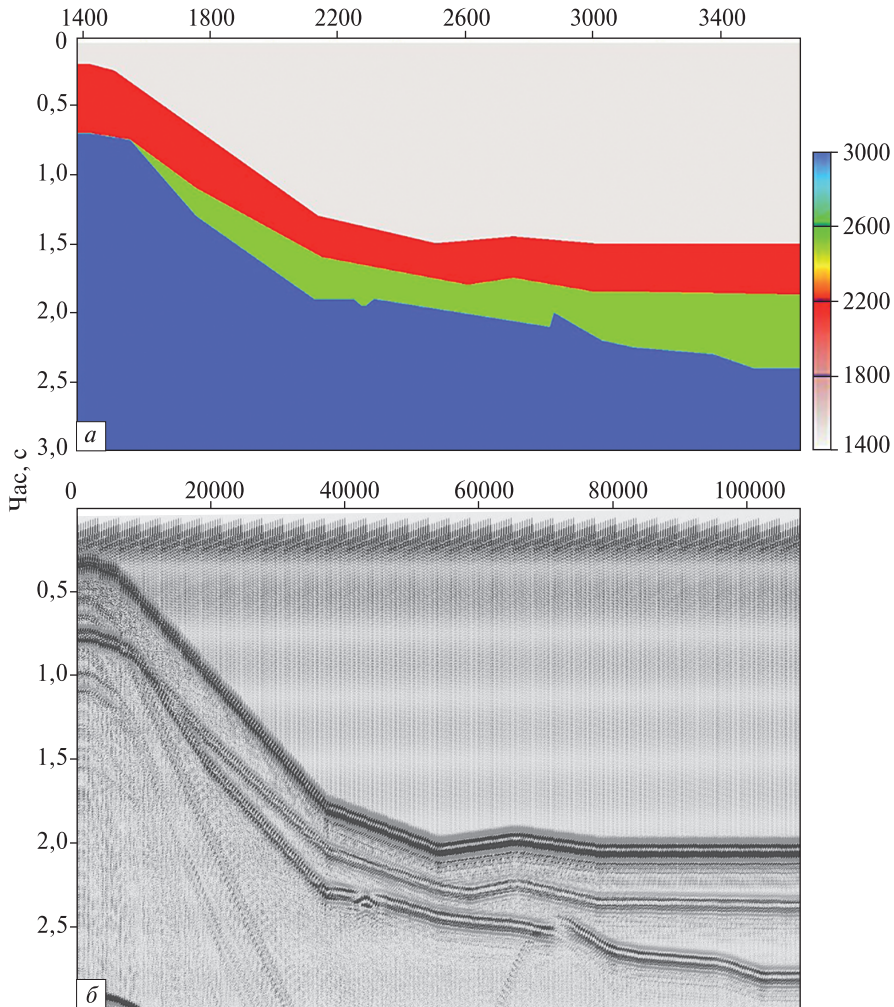
**Рис. 7.** Фрагмент хвильового поля з умовними елементами стратиграфічної інтерпретації в зоні переходу північно-західного шельфу до континентального схилу і прилеглої частини Західно-Чорноморської западини. PZ—J — породи палеозой-мезозойського фундаменту; K<sub>1</sub>—P<sub>2</sub> — нерозчленовані відклади від нижньої крейди до еоцену; P<sub>3</sub>—N<sub>1</sub> — глинисті відклади майкопської серії; N<sub>2</sub>—Q — перешаруванням глин і пісків від середнього міоцену по четвертинний період

Алгоритм моделювання хвильового поля багатократних перекриттів передбачає введення параметрів системи спостережень, а саме кількість пунктів збудження, початкову координату профілю, крок між пунктами збудження, крок між пунктами прийому, максимальну відстань між пунктом прийому і пунктом збудження, максимальний час розрахунків та крок по часу. Таким чином, моделюється зведене хвильове поле заданої кількості пунктів збудження для профілю.

На рис. 7 наведено фрагмент хвильового поля, зареєстрованого в 2013 р. на одному з профілів, який демонструє зону переходу північно-західний шельфу до континентального схилу і прилеглої частини Західно-Чорноморської западини на глибинах 1200—2000 м. У зоні континентального схилу спостерігається різке зниження інформативності сейсмічного матеріалу — зони хаосу, круті кути нахилу відображених границь розділу, що призводить до неоднозначної стратиграфічної інтерпретації. Слід також зазначити, що на незначних глибинах визначити на хвильовому полі корисні і кратні хвилі досить складно. Тому в даному випадку було визнано правомірним застосування кінцево-різницевого моделювання хвильового поля.

Область континентального схилу і прилеглої частини Західно-Чорноморської западини свердловинами не охарактеризована, тому вікові датування осадових товщ на рис. 7 є умовними. Від пізньої крейди до кінця еоцену на дослідженій акваторії відбувалось накопичення переважно карбонатних і кремністе-карбонатних осадів. Пізніше режим осадконакопичення змінився на теригенний, і з олігоцену до кінця раннього міоцену на всій площі акумулювалися глинисті відклади майкопською серії, яка являє собою досить монотонну товщу. При цьому її потужність значно збільшується в напрямку Західно-Чорноморської западини, досягаючи майже 1000 м. Починаючи з середнього міоцену по четвертинний період включно відклади представлені перешаруванням глин і пісків з переважанням тонкозернистого матеріалу [5].

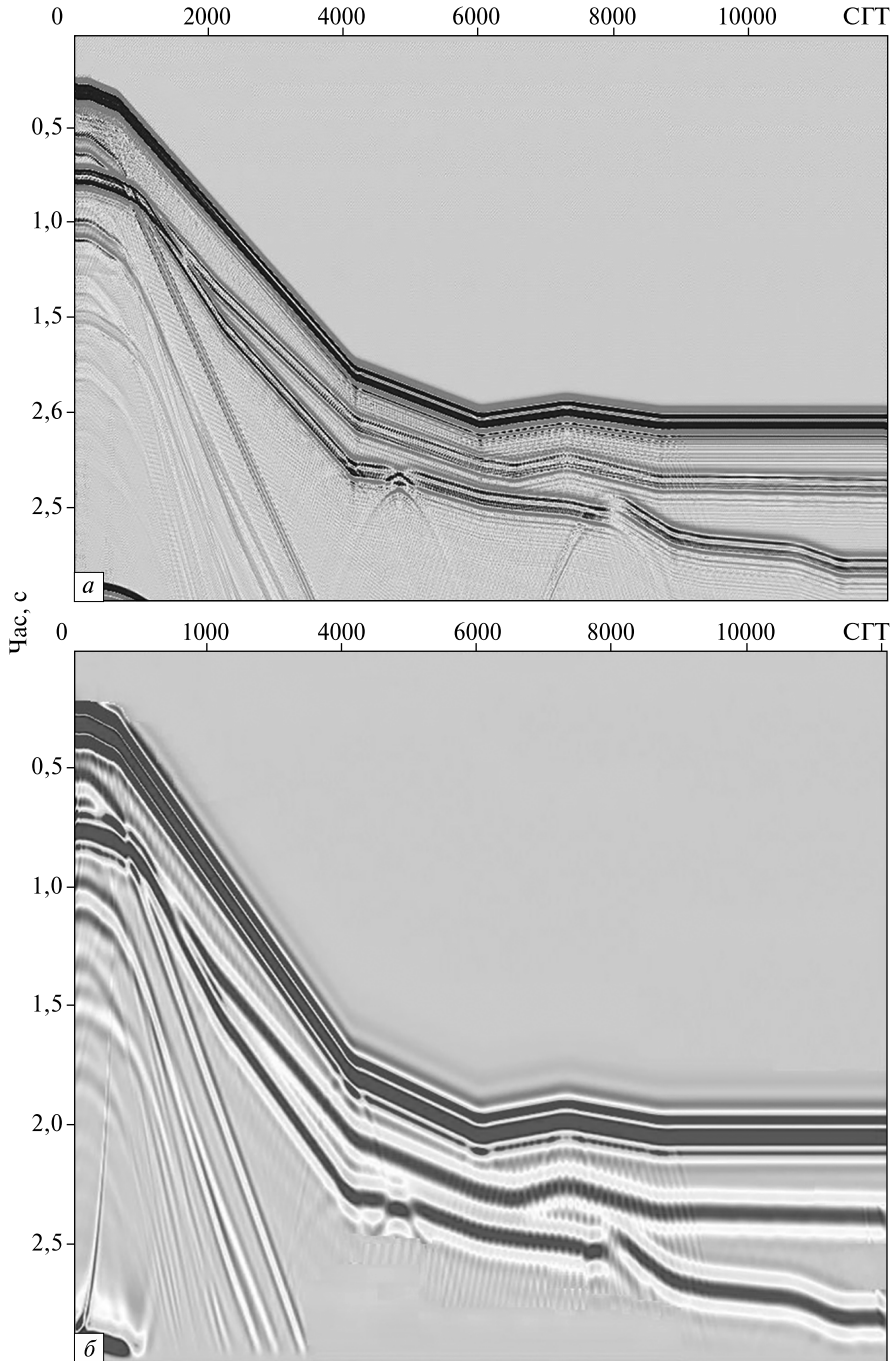




**Рис. 8.** Швидкісна модель середовища (а) і змодельоване хвильове поле для 1500 пунктів збудження, що відтворює спостереження системою багатократних перекриттів (б)

Оскільки метою моделювання в даному випадку було підтвердження ефективності і коректності використання обраного методу міграції, передбачалось що швидкісні характеристики середовища і система спостереження повинні найбільш повно відповідати реальним. При цьому глибина залягання границь для скорочення часу обчислень при моделюванні була трохи змінена. В той же час на моделі були розміщені невеликі порушення з метою визначення коректності їх відтворення на міграційному розрізі. Згідно цих положень була сформована швидкісна модель будови морської акваторії (рис. 8, а). Швидкість поширення сейсмічних хвиль в водній товщі становить 1500 м/с, збільшується на границі дна до 2200 м/с, на першій границі — до 2600 м/с, а на другій границі приймає значення 3000 м/с. При цьому швидкість поширення сейсмічних хвиль в товщах вважалася незмінною.

Було задано профіль, загальною довжиною біля 18 км. Система спостережень імітує ту, що використовувалась при сейсмічних роботах на північно-



**Рис. 9.** Результати застосування процедури підсумовування трас МСГТ до змодельованого хвильового поля (а) і скінченно-різницевої повнохвильової міграції після підсумовування трас методом СГТ (б)

західному шельфі Чорного моря в 2013 році. Розміщення пунктів збудження, загальною кількістю 1500, сплановано через кожні 12 м. При цьому пункти прийому, загальною кількістю 72, розташовані з кроком в 3 м. Оскільки перший прий-

мач розміщено на 90 м від джерела, а загальна довжина запису для одного пункту збудження становить 216 м, отже максимальна відстань між джерелом і приймачами складає 306 м.

На рис. 8, б продемонстровано зведене хвильове поле за всіма пунктами збудження для обраного профілю спостережень, яке має стандартний вигляд морських сейсмічних спостережень багатократними перекриттями. В даному випадку хвильове поле було змодельоване з кроком по часу в 0,5 мс загальною довжиною в 3,0 с.

До змодельованого хвильового поля було застосовано стандартний граф обробки даних морської сейсморозвідки, серед основних процедур якого є редагування паспортів трас (в даному випадку розрахунок і занесення в паспорти трас номерів СГТ), внесення кінематичних поправок, а також підсумовування трас методом СГТ. На рис. 9, а показано суму СГТ, яка була отримана в результаті обробки змодельованого хвильового поля, наведеного на рис. 8, б.

Основною задачею застосування моделювання хвильового поля була оцінка ефективності обраного для обробки даних морської сейсморозвідки варіанту міграції з метою виявлення всіх особливостей глибинної будови морської акваторії. Оскільки моделювання передбачало дослідження невеликої глибини земної кори, то до модельного розрізу СГТ (див. рис. 9, а) була застосована повнохвильова скінченно-різницева міграція після процедури підсумовування трас методом СГТ [2], результат якої приведено на рис. 9, б.

Порівняння швидкісної моделі середовища (див. рис. 8, а), часового розрізу суми трас методом СГТ (див. рис. 9, а) і результату застосування повнохвильової скінченно-різницевої міграції після підсумовування трас МСГТ (див. рис. 9, б), дозволяє зробити висновок, що на міграційному зображенні більш чітко відображені всі неоднорідності, що присутні на границях швидкісної моделі. У півніжжя схилу виділяються різномасштабні зони дислокацій і порушень. Однак порушення, яке має вигляд різкого підйому не зовсім чітко прорисовується зі сторони підйому. Це, скоріш за все, зумовлено односторонністю системи спостережень і потребує більш ретельного дослідження, що буде враховано в подальшій роботі.

## **Висновки**

Специфіка спостережених у 2013 році методом відбитих хвиль (МВХ) багатократними перекриттями на північно-західному шельфі Чорного моря хвильових полів дозволила зробити висновки щодо обробки даних морської сейсморозвідки. Необхідно виділяти і підсилювати на фоні завад корисні хвилі за рахунок використання певних процедур підготовки зареєстрованих спостережень. При обробці даних морської сейсморозвідки МВХ багатократними перекриттями, як правило, якщо досліджується відносно невелика глибина земної кори достатньо застосування міграції після процедури підсумовування трас методом СГТ. Моделювання хвильового поля значно полегшує визначення корисних хвиль на реальних зареєстрованих даних. Крім того, представлене скінченно-різницева моделювання хвильового поля є дієвим інструментом при перевірці коректності і ефективності застосування процедур обробки даних сейсморозвідки, зокрема різних варіантів міграції.



Результати моделювання хвильового поля, яке повністю відповідає реальним швидкісним характеристикам геологічного середовища на північно-західному шельфі Чорного моря і реальній системі сейсмічних спостережень, підтверджують коректність застосування скінченно-різницевої повнохвильової міграції після підсумовування трас методом СГТ та дають підстави стверджувати про точність відтворення структурних особливостей будови геологічного розрізу на міграційному зображенні.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Верпаховская А.О. Эффективность обработки данных морской сейсморазведки с применением конечно-разностной миграции. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2017. 49 (3). С. 73—85. <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/145179>
2. Верпаховская А.О., Пилипенко В.Н., Коболев В.П. Особенности обработки морских сейсмических наблюдений с использованием конечно-разностной полноволновой миграции. *Геофизический журнал*. 2013. Т.35, № 5. С. 187—195. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i5.2013.116447>
3. Коболев В.П., Чулков С.С., Ганиев А.З., Козленко Ю.В., Захаров И.Г., Любицкий А.А., Игнатъев С.М. 74-й рейс НИС «Профессор Водяницкий» — комплексные экспедиционные исследования на континентальном склоне северо-западного шельфа Черного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2013. № 3. С. 175—180. <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/99520>
4. Орленок В.В. Морская сейсмоакустика: учеб. пособие. Калининград: Калининград. ун-т, 1997. 150 с.
5. Пинус О.В., Колосков В.Н., Хипели Р.В., Надежкин Д.В. Сиквенс-стратиграфия неоген-четвертичного разреза северо-западной акватории Черного моря. *Геология нефти и газа*. 2014. №2. С. 46—53.
6. Самарский А.А. Теория разностных схем. Москва: Наука, 1983. 616 с.
7. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. Москва: Мир, 1989. 216 с.

Стаття надійшла 20.09.2022

О.О. Verpakhovska, Dr. Sci. (Phys. & Math.), Leading Researcher

e-mail: alversim@gmail.com

ORCID 0000-0002-6607-2360

В.П. Kobolev, NAS Corresp. Member, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Chief Researcher

e-mail: kobol@igph.kiev.ua

ORCID 0000-0001-5625-5473

В.М. Pylypenko, Dr. Sci. (Phys. & Math.), Chief Researcher

e-mail: vpylypenko@gmail.com

S.I. Subbotin Institute of geophysics of the NAS of Ukraine

32 Palladin Ave, Kyiv, 03142, Ukraine

#### FINITE-DIFFERENCE MODELING OF THE WAVEFIELD ON THE SEISMOMETRY OBSERVATIONS ON NW BLACK SEA SHELF

In current seismic studies, special attention is given to the correctness of both the processing methods and the results of their using. In particular, this applies to the migration procedure, which allows reproducing the deep structure of the research area directly from the observed wave field. In the Institute of Geophysics named after S.I. Subbotina of the National Academy of Sciences of Ukraine, for many years, methods of migration and modeling of the wave field, which are theoretically based on the finite-difference method of solving differential equations, have been developed. Modeling the wave

field makes it possible to identify useful waves in the real observed seismic field for the effective formation of a migration image of the geological environment and to confirm the correctness and accuracy of the reproduction of various types of disturbances on it.

S.I. Subbotin Institute of geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2013 on the continental slope of the northwestern part of the Black Sea, seismometry observations with reflection CDP (Common Deep Point) profiles were carried out. When processing the registered wave fields to form a depth image of the geological section, post-stack full-wave finite-difference migration was used. As a tool for assessing the correctness of the obtained results, the finite-difference modeling of the wave field is considered, which is based on the solution of the wave equation on a grid with a seven-point pattern.

**Keywords:** Black Sea shelf, finite-difference post-stack migration, CDP-reflection data, seismic exploration.