

АНАЛІЗ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ СЕЙСМІЧНИХ РОЗРІЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ МАТЛАВ ДЛЯ СЕЙСМОРОЗВІДКИ

Стаття присвячена дослідженням у питаннях сучасного пошуку та розвідки корисних копалин, який складається з ряду послідовних стадій досліджень, описаних у роботі. На кожному етапі вирішується конкретне коло питань, пов'язаних з вивченням особливостей родовищ нафти і газу, закономірностей їх виявлення, а також місць розташування. Представлено аналіз та інтерпретацію сейсмічних розрізів з використанням системи комп'ютерної математики MATLAB для сейсморозвідки.

Ключові слова: пошук та розвідка корисних копалин; інтерпретація сейсмічних розрізів; системи комп'ютерної математики.

Постановка проблеми

Сучасний пошук та розвідка корисних копалин є складним процесом, який складається з ряду послідовних стадій досліджень. На кожній з таких стадій розв'язується конкретне коло задач, пов'язаних з вивченням особливостей родовищ корисних копалин, закономірностей їх розташування, а також виявлення промислових родовищ. Складність процесу геологічної розвідки викликана тим, що ресурс родовищ, які легко розробляються, значною мірою вже вичерпані, отже постає необхідність у розробці та вдосконаленні алгоритмів пошукових та розвідувальних методів, які б розв'язували задачу розширення мінерально-сировинної бази на вже освоєних територіях за рахунок розробки родовищ, які слабо себе проявляють, наприклад, глибинних та неструктурних [2].

Складність розв'язання поставлених задач спонукає до застосування високоточної сейсморозвідки та більш складних методів обробки сейсмічного матеріалу, а також методів подальшої їх інтерпретації [1]. Той об'єм даних, який необхідно при цьому якісно обробити, робить неможливим ручну обробку без використання електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). Побудова на базі ЕОМ автоматичних систем обробки даних (АСОД) дає змогу реалізувати промислово обробку сейсмічних даних. Необхідність реалізації АСОД у сучасній пошуковій сейсморозвідці стала поштовхом для розробки різноманітних та потужних програмних комплексів. Кожен з таких програмних комплексів автоматизує той чи інший етап обробки даних, отриманих у результаті польових знімачів. При створенні таких програмних комплексів розробники намагаються інтегрувати у свій продукт реалізацію якомога більшої кількості загальноприйнятих етапів обробки, доповнюючи їх новими галузевими розробками та методологіями, таким чином створюючи свій власний граф обробки даних. Значна кількість таких програмних комплексів створюється для подальшого комерційного поширення, модернізувати та розширити їх можуть безпосередньо

тільки автори даного конкретного програмного продукту. Такий підхід до побудови АСОД неефективний через те, що користувач обмежений тією якістю обробки даних, яка досягається в рамках запрограмованої методології.

Розв'язком такої проблеми є побудова програмних комплексів обробки геофізичних даних на базі вже існуючих програмних середовищ розробки, які мають власний компілятор і дозволяють розробляти та модернізувати процедури графів обробки даних та об'єднувати їх у окремі модулі.

Існуючі середовища розробки програмних комплексів обробки геофізичних даних

Найбільш популярний програмний пакет, який використовується у геофізиці для програмування процедур аналізу та обробки даних, які надалі об'єднують у модулі, тим самим створюючи програмний комплекс, є Seismic Unix. Однак цей пакет функціонує тільки під операційною системою Linux, що викликає ряд незручностей. Всім відомо, що Linux не є комерційною операційною системою і її розвиток тримається виключно на аматорських розробках, тому на сьогодні існує безліч модифікацій цієї операційної системи – Red Hat, Fedora, Susie, Kubuntu та інші. Поява великої кількості модифікацій не є показником розвитку самої ОС Linux, тому що багато з таких модифікацій, як і раніше, дуже складно, а часом неможливо, інстальувати на сучасні стаціонарні чи портативні комп'ютери. Отже перед геофізиком, який бажає створити власні програмні модулі обробки геофізичних даних, постає питання вибору зручної для нього модифікації ОС Linux, де можна було б працювати з середовищем Seismic Unix. Інша проблема полягає в тому, що людина, яка працює з програмними пакетами під Linux, повинна мати спеціальні навички, наприклад, володіти специфікою інсталювання програмного забезпечення, а також подальшого його використання. Розробка програмного забезпечення в ОС Linux вимагає від розробника не тільки знання програмування не нижче середнього рівня, тобто

недостатньо знати оператори та синтаксис побудови програмного коду, слід знати також структуру самої ОС та методику відладки та інтегрування створеного програмного коду в систему. Все це значною мірою ускладнює як сам процес розробки програмного комплексу, так і подальше його використання.

В операційній системі Windows існують також комерційні середовища розробки програмного забезпечення такі як Delphi, Visual C++, Matlab та інші. Але порівняно з ОС Linux їх кількість значно більша і перед розробником тепер вже постає питання вибору не модифікації операційної системи, а її зручного для себе середовища розробки. Зручність середовища розробки полягає в ефективності реалізації тих чи інших етапів аналізу та обробки даних сейсмозв'язки, тобто береться до уваги затрачений час та повнота розв'язання супутніх задач.

У сейсмозв'язці обробка даних передбачає проведення ряду математичних та логічних операцій для подальшого графічного представлення результату. Графічне представлення результату в сейсмозв'язці відіграє чи не найважливішу роль при інтерпретації та виділенні геологічних структур. Тобто в середовищі розробки повинно бути якомога більше інструментів для роботи з графікою і простота використання цих інструментів є головним критерієм при виборі середовища розробки за основу.

Методика створення функцій обробки та аналізу даних у системі Matlab для сейсмозв'язки

Перед тим, як почати виклад методик розв'язання геофізичних задач у системі комп'ютерної математики (СКМ) Matlab, розглянемо особливості побудови системи та її можливості. Matlab – одна з найстаріших систем автоматизації математичних розрахунків, яка побудована на розширеному представленні математичних співвідношень і застосуванні матричних операцій. Однак продуманість синтаксису мови програмування системи робить операції з матрицями настільки непомітними, що користувач навіть цього не відчуває. Використання матричного представлення даних викликано тим, що матрицями оперують у складних математичних розрахунках, таких як задачі лінійної алгебри моделювання статичних та динамічних систем. Однак сучасний пакет Matlab давно вже вийшов за рамки спеціалізованої матричної системи і став потужною універсальною інтегрованою СКМ, тому що в цій системі гармонійно поєднані оболонка, програмний редактор коду та текстових коментарів, а також графічний програмний процесор. СКМ Matlab використовується для розрахунків у всіх сферах науки та техніки, таких як акустика,

гідродинаміка, аеродинаміка, енергетика, механіка та ін. Перевагою системи є її відкритість та розширюваність, більшість її команд та функцій – це текстові файли з розширенням “.m” (m-функції), які доступні для редагування. Таким чином користувач може створювати не тільки власні функції, але й об'єднувати їх у власні бібліотеки, тим самим вирішуючи нестандартну, специфічну задачу [3].

Для створення m-функцій пакет Matlab має свою власну мову програмування, яка на перший погляд нагадує СІ (с домішкою Бейсик, Фортран та Паскаль). Програмний код можна редагувати за допомогою будь-якого текстового редактора, при цьому система має свій власний редактор коду зі своїм відлагоджувачем. Структура пакету Matlab має стандартний та традиційний характер, зрозумілий більшості розробників. Якщо функція створюється для подальшого використання в загальній бібліотеці, то для такої функції повинно бути задане явне ім'я, вхідні та вихідні параметри, після цього створюється тіло самої функції. Створену функцію викликають через командний рядок Matlab.

Сам математичний пакет Matlab увібрав у себе реалізацію сучасних чисельних методів комп'ютерної математики, створених за останні тридцять років. Отже на базі стандартної функції Matlab – швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) реалізуємо функцію частотно-часового аналізу сейсмічного профілю.

Вхідними параметрами функції будуть:

- мігрований профіль, отриманий методом спільної глибинної точки (МСГТ);
- кількість трас – m, кількість значень відхилень переміщень у трасі – n;
- час дискретизації сейсмограми;
- частота аналізу профілю (задана несуча частота, на якій розраховується Фур'є-спектр сигналу);
- кількість точок (вікно траси) – r;
- кількість значень частотного спектру ШПФ, що обробляється.

Кінцевим результатом роботи функції буде отриманий профіль зміни заданої частоти з часом. Цей профіль отримується шляхом побудови спектру у вікні кожної траси, заданого профілю ОГТ, яке рухатиметься з кроком, рівним часу дискретизації. З кожного отриманого спектру на заданій частоті, в нашому прикладі це частота 10 Гц, буде взяті значення амплітуди спектру. Таким чином, буде отримано масив даних, який буде мати розмірність $m \times (n-r)$.

На рис. 1 наведено сейсмічний профіль МСГТ, який необхідно проаналізувати на різних частотах з метою виявлення геологічних структур та ідентифікації їхніх резонансних частот. Ще раз підкреслимо, що частотний аналіз ведеться по кожній сейсмотрасі. На рис. 2 наведено спектр сигналу у вікні, який показує час-

тотний склад конкретної ділянки сейсмотраси, що відповідає конкретному часу від початку реєстрації (глибині). Кількість таких спектрів буде дорівнювати $n-r$, тобто результатом спек-

трально-часового аналізу однієї сейсмотраси є масив даних розмірності $(n-r) \times b$, де b – стала, яка дорівнює половині кількості елементів, що обробляються [2].

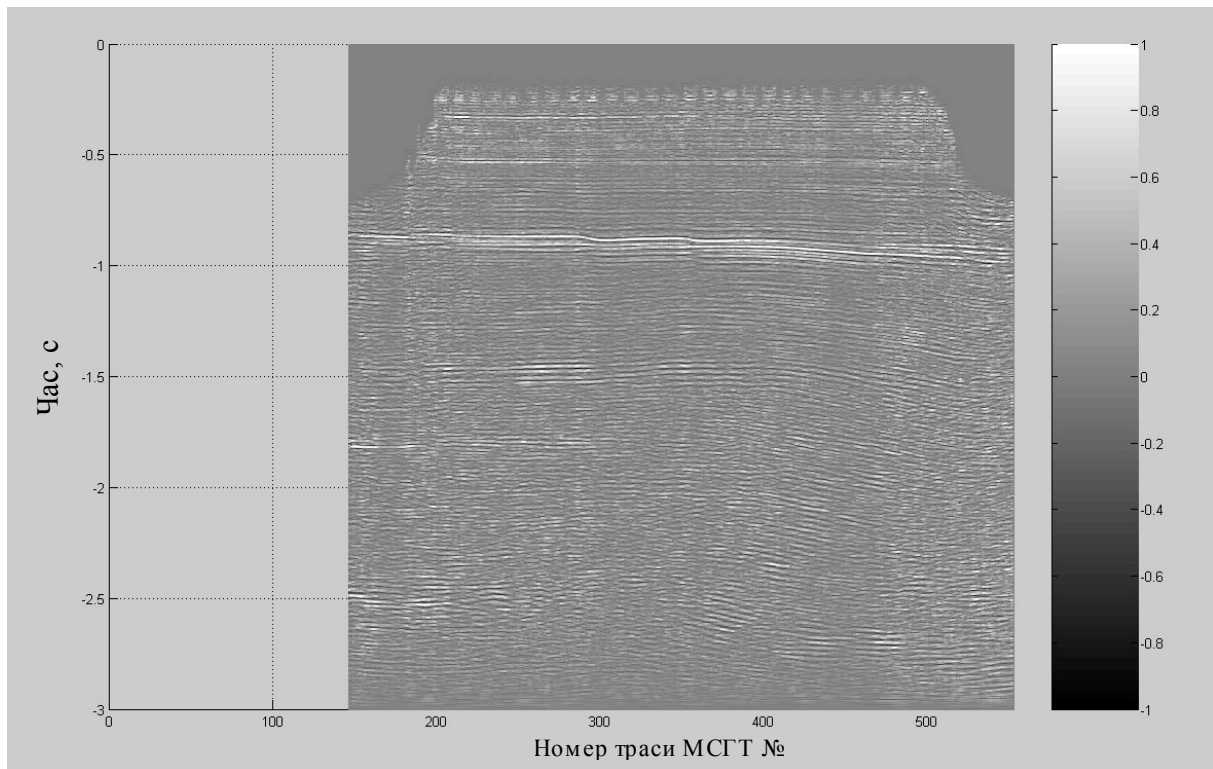


Рис. 1. Загальне поле сейсмічного профілю МСГТ

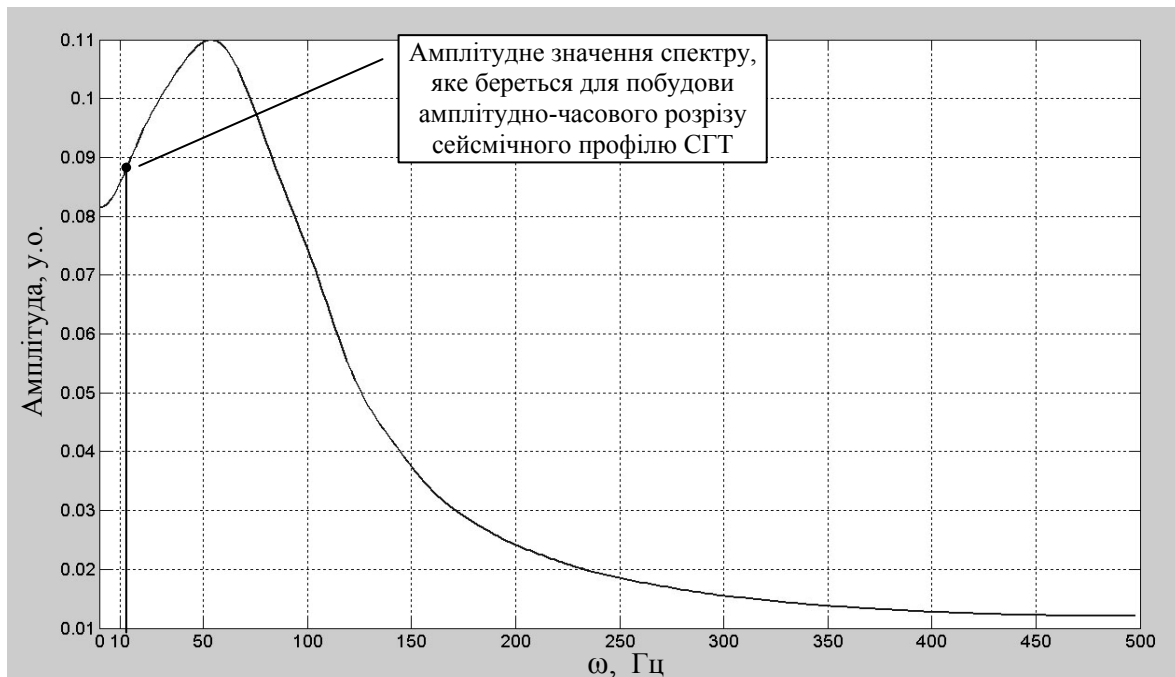


Рис. 2. Спектр одного вікна розміром у г точок

Аналізуючи частотно-часове представлення сейсмічного профілю (рис. 3), бачимо, що на рисунку присутні темні зони, які можна інтерпретувати як інтенсивність тієї чи іншої час-

тоти. Чим темніша зона, тим більша інтенсивність даної частоти. Більш того, на рисунку можна визначити конкретні місця, де саме проявляються частоти, які нас найбільше цікав-

лять. Зробивши вибірку амплітуд з спектру сейсмоотраси, які відповідають частоті 10 Гц,

отримуємо частотно-часовий аналіз сейсмічного профілю на обраній частоті (рис. 4).

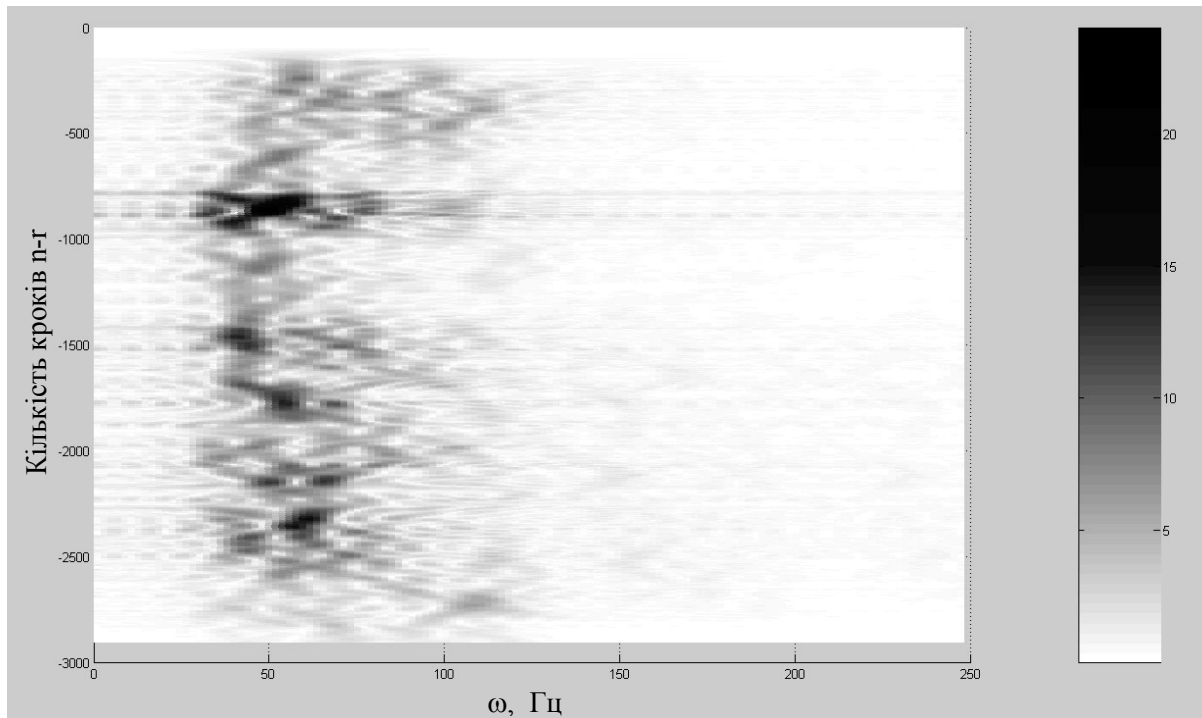


Рис. 3. Частотно-часовий спектр сейсмоотраси

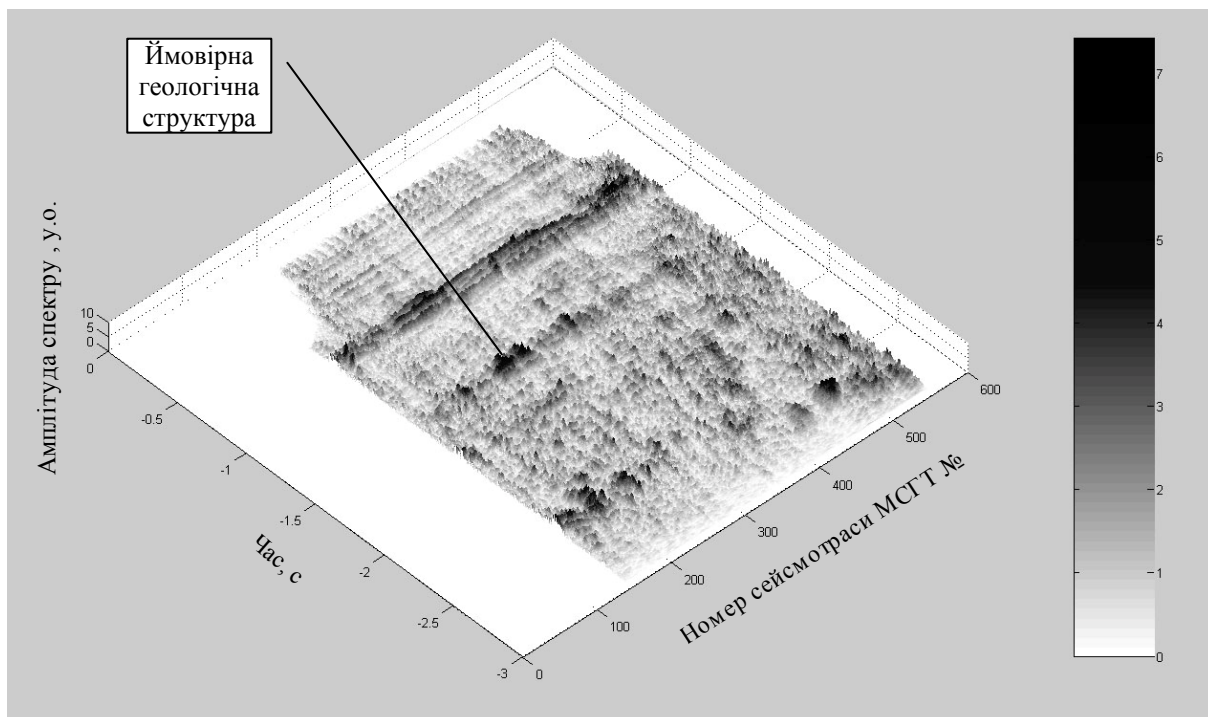


Рис. 4. Сейсмічний профіль МСГТ на частоті 10 Гц

На рис. 4 видно, що темніші ділянки відповідають місцям, де домінують сигнали з частотою 10 Гц. Однак це не є показником того, що вони відповідають резонансній частоті. Резонансну частоту можна отримати шляхом аналізу ділянки спектру сейсмічного профілю з

поступовим підвищенням частоти аналізу, тим самим отримуючи в кожній точці профілю функцію зміни амплітуди від вже заданих нами частот. Провівши частотний аналіз з поступовим підвищенням частоти аналізу від 5 Гц до 100 Гц з кроком 2 Гц, було визначено, що для

вказаної на рис. 4 ділянки імовірної геологічної структури резонансною є частота 40 Гц. Сейсмічний профіль на цій частоті показано на рис. 5. Саме на цій частоті ми отримали максимальну амплітуду на ділянці профілю, яка

позначена, як ймовірна геологічна структура. Подальше підвищення частоти аналізу призводить до зменшення амплітуди, а на частотах, вищих за 50 Гц, амплітуда зовсім зникає.

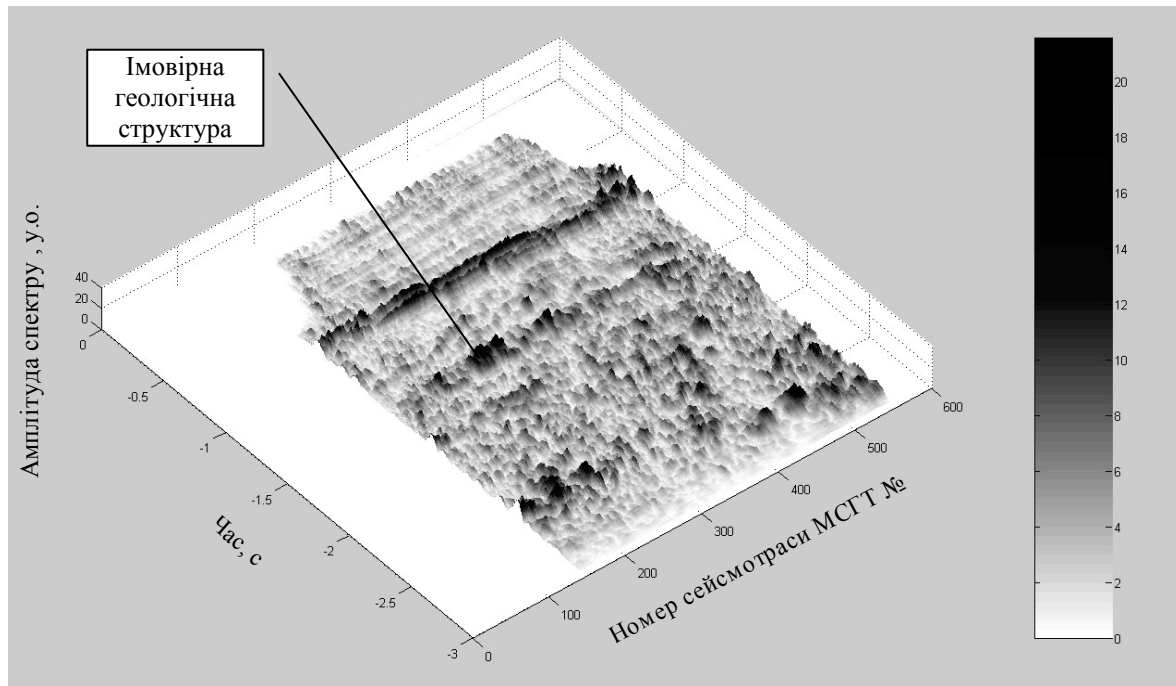


Рис. 5. Сейсмічний профіль МСГТ на частоті 40 Гц

Висновки

Висвітлений підхід частотного аналізу сейсмічних профілів МСГТ дає змогу визначити не тільки місце знаходження ймовірних геологічних структур, але по виявлених частотах, на яких вони резонують, також можна судити про їх розміри.

Адаптування системи комп'ютерної математики Matlab до задач сейсмозвідки значною мірою спрощує той факт, що в системі вже реалізована значна кількість алгоритмів, які проводять фундаментальні операції над сигналами, всі ці алгоритми об'єднані в окрему бібліотеку – Signal Processing Toolbox. Бібліотека дозволяє будувати різноманітні аналогові та дискретні фільтри; проводити статистичну обробку сигналів, спектральний аналіз; кепстральний аналіз; лінійний прогноз; змінювати частоту дискретизації та ін. Всі ці інструменти призначені для роботи з будь-якими сигналами – чи це сигнали в лініях зв'язку, чи це радіосигнали або коливання сейсмоприймача. Сказане підкреслює те, що на даний момент у системі немає окремої бібліотеки, призначеної повністю для аналізу та інтерпретації даних сейсмозвідки. Не реалізовано первинний граф обробки сейсмічних профілів, який допускає статичні та кінематичні поправки, процедуру міграції. Також немає реалізованих алгоритмів,

які дозволяють за сейсмографією отримувати годографи та фізичні параметри середовища. Однак зацікавленість геофізиків системою комп'ютерної графіки Matlab підтверджує той факт, що в новій версії Matlab 7.0 реалізовано роботу з файлами, які мають розширення системи міжнародного представлення геофізичних даних SEG-Y. Цією роботою було показано, що система комп'ютерної графіки Matlab дозволяє реалізовувати різні математичні алгоритми, що дозволяє використовувати її для розв'язання задач сейсмозвідки.

Література

1. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 1. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна". – 1997.
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. – М.: Недра, 1980.
3. Дьяконов В.П. МАТЛАБ 6: учебный курс – СПб.: Питер. – 2001.
4. Потемкин В.П. Система инженерных и научных расчетов МАТЛАБ 5-х, в 2-х т. Том 1. – М.: ДИАЛОГ, МИФИ. – 1999.
5. Зеленський К.Х., Ігнатенко В.М., Коц О.П. Комп'ютерні методи прикладної математики. – К.: Академперіодіка. – 2002.

**АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ
КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATLAB ДЛЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ**

В.М. Карпенко, О.В. Карпенко

Статья посвящена исследованиям в вопросах современного поиска и разведки полезных ископаемых, которые представляют собой сложный процесс, состоящий из ряда последовательных стадий исследований, описанных в работе. На каждом этапе решается конкретный круг вопросов, связанных с изучением особенностей месторождений нефти и газа, закономерностей их выявления, а также мест расположения. Представлен анализ и интерпретация сейсмических разрезов с использованием системы компьютерной математики MATLAB для сейсморазведки.

Ключевые слова: поиск и разведка полезных ископаемых; интерпретация сейсмических разрезов; системы компьютерной математики.

**ANALYSIS AND INTERPRETATION OF SEISMIC CUTS WITH THE USE OF MATLAB
COMPUTER MATHEMATICS FOR SEISMIC PROSPECTING**

V.M. Karpenko, O.V. Karpenko

The article is devoted to investigation in the questions of the modern research and prospecting of minerals, which shows by itself a difficult process, consists of row of the successive stages, described in-process. The concrete circle of questions, related to the study of features of deposits of oil and gas, conformities to law of their exposure, and also places of location is decided on every stage. The presented analysis and interpretation of seismic cuts is carried out with the use of system of MATLAB computer mathematics for seismic prospecting.

Key words: modern research and prospecting of minerals; interpretation of seismic cuts; system of computer mathematics.