

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБРОБКИ І АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ АНІЗОТРОПІЇ ШВИДКОСТЕЙ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ У ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ

Розробка автоматизованої системи математичного моделювання сейсмоакустичних параметрів діагностики процесів руйнування геологічного середовища є однією з актуальних проблем геоінформатики. Розроблено автоматизовану систему обробки даних ультразвукових вимірювань анізотропії швидкостей у гірських породах, яка має практичне значення при вивченні анізотропії порід-колекторів і природи геодинамічних процесів та палеорекострукції деформаційної історії формування структур земної кори.

Ключові слова: автоматизована система; стереопроекція; анізотропія; ультразвукові швидкості; пружні постійні.

Вступ

Геологічне середовище розглядається не лише як носій матеріальної речовини: мінеральної, гірськопорідної, геотектонічної, а також геодинамічних процесів і геофізичних внутрішніх і зовнішніх полів. Природним станом такого середовища є динамічний напружено – деформований та термпружний стан. Сучасний рівень ефективності інтерпретаційних технологій геофізичної інформації визначається рівнем досконалості і впровадження у виробництво новітніх комп'ютерних технологій, які забезпечують комплексну обробку, візуалізацію та аналіз великих об'ємів геолого-геофізичних даних. Більшість існуючих комп'ютерних технологій обробки геофізичної інформації ґрунтуються на фізико-геологічних та фізико-математичних моделях і зводяться до зв'язку обернених геофізичних задач і визначення параметрів цих моделей.

Визначення повних наборів матриць тензора акустичних констант і тензора пружних постійних в триклинному наближенні та їх симетрії, чисельні розрахунки параметрів анізотропії і їх графічна візуалізація вимагають значних об'ємів обчислень, які без залучення сучасних комп'ютерних технологій реалізувати неможливо. Ретельні дослідження упорядкованості текстур гірських порід дають важливу інформацію про послідовність розвитку деформацій і тектонічну природу умов формування і перетворення гірських порід. Дослідження анізотропії швидкостей пружних хвиль гірських порід представляє значний інтерес у зв'язку із розвитком трьохкомпонентних (3С) азимутальних 3D-сейсмічних методів, які забезпечують прогноз і оцінку продуктивності тріщинуватих колекторів нафти і газу.

Методи досліджень

Існуючі сучасні методи чисельних розрахунків і графічного відображення параметрів анізотропії пружних хвиль в анізотропному середовищі та автоматизовані системи чисельних розрахунків пружних постійних і параметрів анізотропії пружних хвиль зазнають великих труднощів при іден-

тифікації хвиль S – поляризації [Продайвода та ін., 2011а]. Визначення пружних постійних C_{ijkl} геологічного середовища доцільно здійснювати у триклинному наближенні [Продайвода, Безродний, 2011]. Подальша апроксимація більш високосиметричним наближенням матриці пружних сталих забезпечує об'єктивну оцінку похибок, які виникають внаслідок такої апроксимації [Продайвода та ін., 2011б].

Завдання дослідження

Метою роботи є розробка програмно-алгоритмічних засобів сучасної автоматизованої системи (АС) обробки даних ультразвукових (УЗ) вимірювань анізотропії фазових і поляризаційних характеристик швидкостей пружних хвиль гірських порід інваріантно-поляризаційним методом і чисельних розрахунків параметрів анізотропії пружних хвиль та їх графічної візуалізації.

Експеримент

Фазові швидкості V об'ємних пружних хвиль одержані за допомогою імпульсної установки УЗВШ-КНУ на частоті $f \approx 1670$ кГц. Точність визначення фазових швидкостей повздовжніх та поперечних мод $\frac{\Delta V}{V} \approx 0,5\%$ [Вишва та ін., 2011].

Результати і їх обговорення

Узагальнений аналіз результатів ефективних пружних постійних і параметрів анізотропії об'ємних пружних хвиль дозволяє стверджувати, що пружна симетрія текстур осадових порід Волино - Подільського регіону не вище за ромбічну. Текстури досліджуваних зразків можна віднести до класу планальних (акустично сланцюватих) або аксіальних (акустично лінійних) текстур. Поперечно – ізотропна апроксимація пружної анізотропії осадових порід є наближенням. Принципову схему алгоритму роботи АС чисельного аналізу і візуалізації даних УЗ вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль гірських порід представлено на рис. 1.

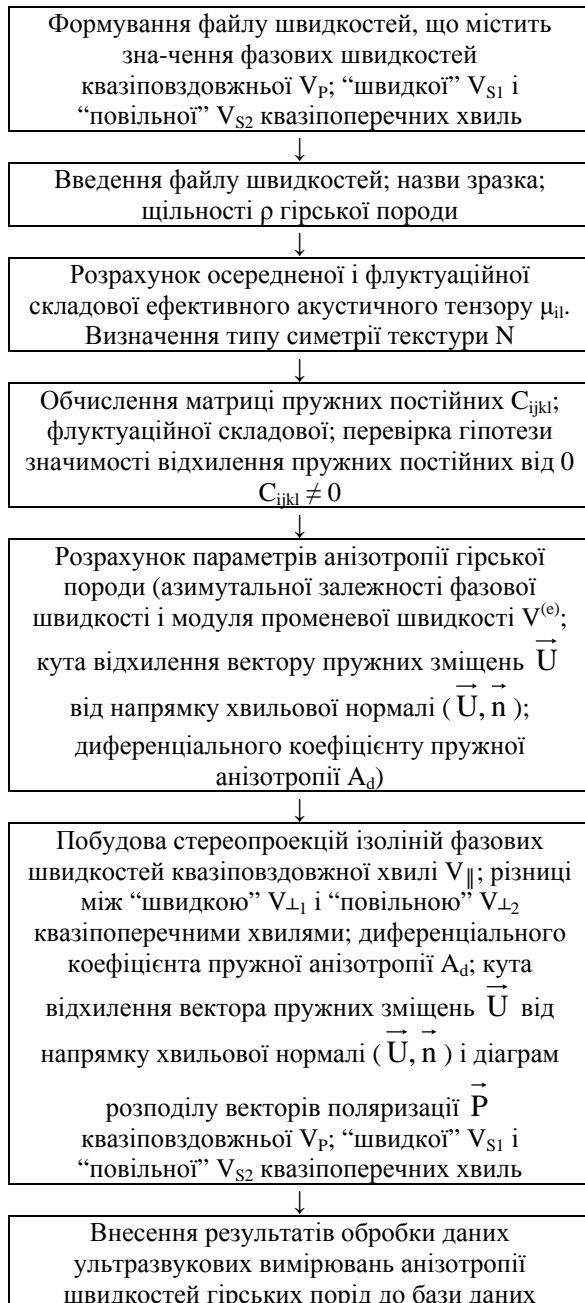


Рис. 1. Принципова блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи чисельного аналізу і візуалізації даних ультразвукових вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль гірських порід

Автоматизована система числових розрахунків та обробки даних УЗ вимірювань анізотропії швидкостей гірських порід має потужну систему візуалізації подання та оформлення результатів обробки даних. Цю функцію виконує модуль візуалізації, який керує виводом на екран монітора інформації, що передає модуль керування даними. Ілюстрація вікна завершеного третього етапу обробки даних УЗ вимірювань анізотропії швидкостей V гірської породи зображена на рис. 2 та 3.

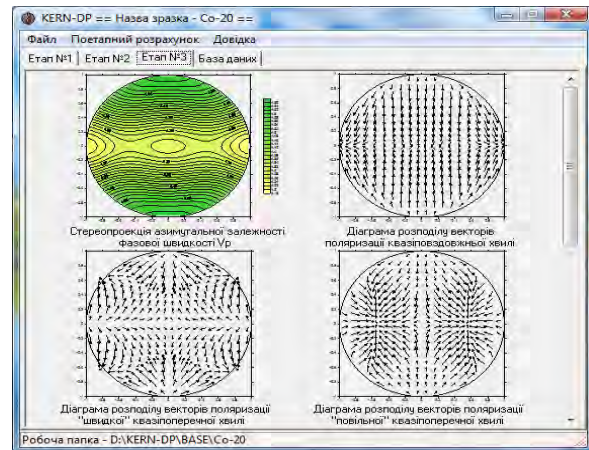


Рис. 2. Ілюстрація верхньої частини вікна завершеного третього етапу обробки даних ультразвукових вимірювань анізотропії швидкостей гірської породи

Команда "Етап №3" запускає послідовне виконання першого, другого та третього етапів розрахунків та обробки даних.

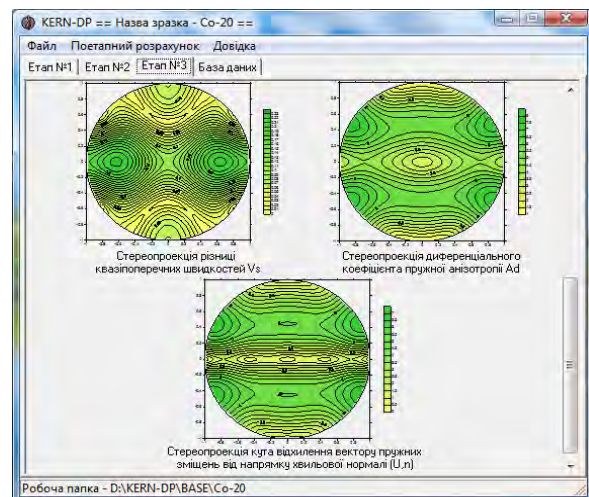


Рис. 3. Ілюстрація нижньої частини вікна завершеного третього етапу обробки даних УЗ вимірювань анізотропії швидкостей гірської породи

Встановлено, що для порід-колекторів вектори пружних зміщень \vec{U} і променевих швидкостей $\vec{V}^{(e)}$ відхиляються від напрямку хвильової нормалі \vec{n} ; фазові швидкості не співпадають з променевими швидкостями $\vec{V} \neq \vec{V}^{(e)}$. Інтегральний коефіцієнт пружної анізотропії \bar{A}_μ і кут поляризації – відхилення вектора пружних зміщень \vec{U} від напрямку хвильової нормалі \vec{n} $\varphi_{\vec{p}} = (\vec{U}, \vec{n})$ є найбільш чутливими характеристиками анізотропії гірської породи і свідчать про неоднорідну деформацію ϵ при гідро-статичному стиску P

породи. Модуль пружності E , коефіцієнт Пуассона

$$\mu = \frac{1}{2} \frac{V_{II}^2 - V_{\perp}^2}{V_{II}^2 - V_{\perp}^2}, \text{ внутрішнє тертя } Q^{-1} \text{ зале-}$$

жать від текстури, мікротріщиноутворення, анізотропії порід-колекторів.

Висновки

1. Розроблений алгоритм та програмне забезпечення, автоматизована система "KERN-DP" на мові програмування Delphi 7 за допомогою зовнішнього OLE 2.0 – сервера використовує програму Surfer 10 для чисельного та графічного аналізу і візуалізації в автоматичному режимі даних УЗ вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль гірських порід для експрес-обробки експериментальних значень фазових швидкостей квазіповздовжньої V_{\downarrow} , "швидкої"

$V_{\leftrightarrow 1}$ і "повільної" $V_{\leftrightarrow 2}$ квазіпоперечних хвиль інваріантно-поляризаційним методом.

2. Апробація програмного комплексу на гірських породах виявила перспективні можливості запропонованого геоінформаційного методу геологічної інтерпретації акустичних даних при оцінці тріщинуватості і мінералогічного складу. Значної перевагою автоматизованої системи є незалежність точності розрахунків від напрямку хвильової нормалі \vec{n} .

3. Обчислення урівноважених швидкостей об'ємних пружних хвиль, значень акустичного тензору μ_{ij}

в робочій системі координат, власних значень і їх довірчих границь та їх власних напрямків детермінованої складової акустичного тензору $\langle \mu_{ij} \rangle$ зразків порід і свердловин полігону, початкових наближень для пружних постійних C_{ijkl} здійснено за програмою розрахунків акустичних констант "KERN-DP", яка для розрахунків вище зазначених параметрів використовує дані експериментальних вимірювань фазових швидкостей квазіповздовжньої і квазіпоперечних хвиль. За результатами розрахунків було розраховано параметри акустичної лінійності L_a і сланцюватості S_a , а також визначено тип симетрії N текстури акустичного тензора $\langle \mu_{ij} \rangle$.

Література

- Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Безродний Д.А., Безродна І.М. Акустичний текстурний аналіз тектонофацій метаморфічних порід Криворіжжя. – К.: ВПЦ "КУ", 2011. – 368 с.
- Продайвода Г.Т., Безродний Д.А. Акустичний текстурний аналіз гірських порід. – К.: ВПЦ "КУ", 2011. – 303 с.
- Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Безродна І.М., Продайвода Т.Г. Геофізичні методи оцінки продуктивності колекторів нафти і газу. – К.: ВПЦ "КУ", 2011. – 367 с.
- Вижва С.А., Продайвода Г.Т., Онанко Ю.А. Сейсмоакустична діагностика процесів руйнування в геологічному середовищі // Геоінформатика. – 2011. - № 1. - С. 42-47.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АНИЗОТРОПИИ СКОРОСТЕЙ УПРУГИХ ВОЛН В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Ю.А. Онанко, Г.Т. Продайвода, А.П. Онанко

Разработка автоматизированной системы математического моделирования сейсмоакустических параметров диагностики процессов разрушения геологической среды является одной из актуальных проблем геоинформатики. Разработана автоматизированная система обработки данных ультразвуковых измерений анизотропии скоростей в горных породах, которая имеет практическое значение при изучении анизотропии пород-коллекторов и природы геодинамических процессов и палеорекострукции деформационной истории формирования структур земной коры.

Ключевые слова: автоматизированная система; стереопроекция; анизотропия; ультразвуковые скорости; упругие постоянные.

AN AUTOMATED SYSTEM FOR DATA PROCESSING AND ANALYSIS OF ULTRASONIC MEASUREMENTS OF VELOCITY ANISOTROPY OF ELASTIC WAVES IN ROCKS

Yu.A. Onanko, G.T. Prodaivoda A.P. Onanko

The creation of automated system for mathematical modelling of ultrasonic seismic parameters for diagnostics of processes of geological environment destruction is actual geoinformatics problem. The automated system for data processing of ultrasonic measurements of elastic wave anisotropic velocities in rocks are created, which has practical sense for study of rock-collectors anisotropy and the nature of geodynamic processes and paleoreconstruction of deformative history of Earth's crust.

Key words: automated system, stereoprojection; anisotropy; ultrasonic velocities, elastic constants.