

МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРІ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА

У роботі представлені результати моделювання сейсмічного хвильового поля на моделі перетину земної кори (на прикладі Дробишівського газоконденсатного родовища). Складнопобудований розріз земної кори, отриманий геофізичним дослідженням свердловин, представлений у виді пластової моделі. При моделюванні хвильового поля сейсморозвідки враховувалися особливості двовимірного перетину: поздовжні, поперечні і обмінні хвилі отримані на сейсмограмах поздовжніх і поперечних коливань унаслідок задання розподілу швидкостей поздовжніх, поперечних хвиль і густини середовища в півпросторі.

Ключові слова: моделювання, хвильове поле, модель структури, розріз земної кори, сейсморозвідка.

Для моделі гірської породи складної структури розв'язуємо динамічну задачу теорії пружності, враховуючи задання швидкостей поздовжніх і поперечних хвиль, густини середовища і малого загасання коливань в пластах [1]. На бічних і нижній границях модельного півпростору задаються нульові переміщення. На верхній границі задається напруження у вигляді імпульсу заданої амплітуди і тривалості, яке моделює лінійне джерело вздовж денної границі півпростору. У моделюванні використовується метод скінчених елементів (МСЕ). З допомогою МСЕ апроксимується задання швидкостей, густини і малого загасання величин кусково-неперервними функціями на скінченій кількості підобластей-елементів. Цими функціями є лінійні поліноми, що визначаються для кожного елемента, зокрема. Порядок полінома – формою елемента, яким є трикутник і кількістю – три вузли в елементі. У МСЕ вектор переміщень апроксимуємо на кожному скінченному елементі через значення переміщень у вузлах елемента, що представляється в матричному записі. Записується залежність між деформаціями і переміщеннями для елемента і закон Гука. Задається вектор зовнішнього навантаження.

В результаті отримується скінчена система лінійних алгебраїчних рівнянь відносно вектора переміщень у вузлах розбиття в матричному представленні. Задаючи інерційну і дисипативну сили, отримуємо систему звичайних диференціальних рівнянь початковими умовами, в яких задаються значення переміщень і швидкостей переміщень в початковий момент часу в вузлах розбиття.

Використовуючи розроблену методику було проведено моделювання хвильового поля для сейсмічного перерізу земної кори Дробишівської площі (рис. 1)

При моделюванні МСЕ важливу роль відіграє сітка розбиття моделі. Розбиття дає відчутний вплив на точність та частотний діапазон експерименту. Тому враховуючи великі лінійні розміри моделі, було проведено масштабування моделі.

Враховуючи, що використана модель є лінійною, було зменшено лінійні розміри на один порядок, а щоб це не відбилосся на хвильовому полі було також знижено на один порядок швидкості поздовжніх та поперечних коливань середовища. Масштабування в свою чергу дало можливість, використовуючи швидкодію та параметри сучасних персональних комп'ютерів, добитися достатньо тонкого (сторона трикутника 2-3 м) розбиття для забезпечення необхідної точності числового експерименту.

На рис.2 показано модель шаруватого середовища, з нанесеною на неї сіткою розбиття, приймачі розміщені на вільній границі. На рис.3 – рис.6 представлені результати моделювання хвильового поля у випадку побудованої моделі – вертикальна (рис.3) та горизонтальна (рис.4) компоненти швидкості переміщення відповідно. На правій частині рис.5 показано порівняння хвильового поля, отриманого без врахування горизонтальних коливань в програмному пакеті Petrel і результатів розрахунку вертикальної компоненти хвильового поля МСЕ. На рис.6 представлено спектр горизонтальної компоненти швидкості переміщення. Діапазон спектру від 0 до 40 Гц вказує на достатню чутливість числового експерименту.

На приведених теоретичних сейсмограмах можна бачити характерні відбиття від верхніх шаруватих структур моделі, натомість після часів вступу 2.2с., через плавне зростання швидкості поширення сейсмічних хвиль, на хвильовому полі не можемо побачити чітко виявлених горизонтів, а спостерігаємо лиш зашумленість моделі.

У таких випадках доцільно проводити дослідження окремих елементів хвильового поля, вплив ключових структурних елементів на загальне поле.

У модельному експерименті виділено окремі елементи структури, задано геофізичні параметри, побудовано сітку розбиття і проведено моделювання при вирішенні прямої динамічної задачі сейсміки для виділених зон у загальній структурі.

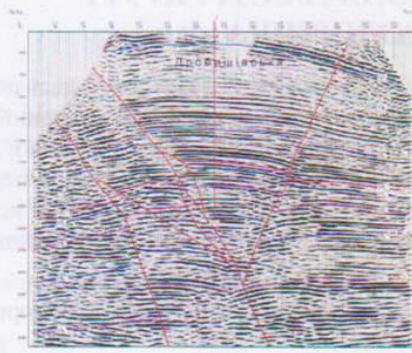


Рис. 1. Переріз часового мігрованого кубу по профілю 211 ІЛ через проектну св.2.

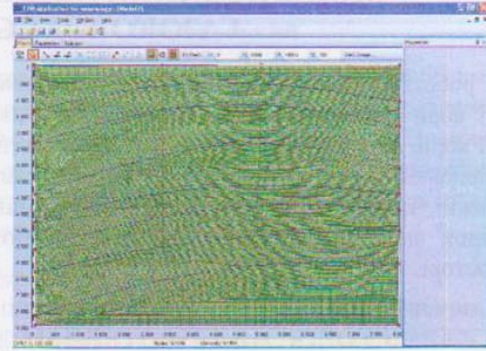


Рис.2 Модель шаруватого середовища побудована за геофізичними та сейсмічними даними

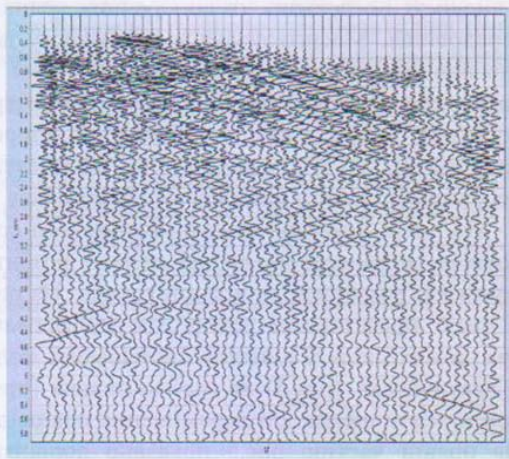


Рис.3. Вертикальна компонента швидкості переміщення.

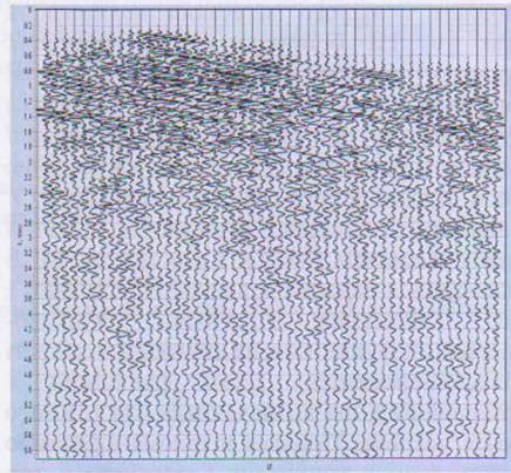


Рис.4. Горизонтальна компонента швидкості переміщення.

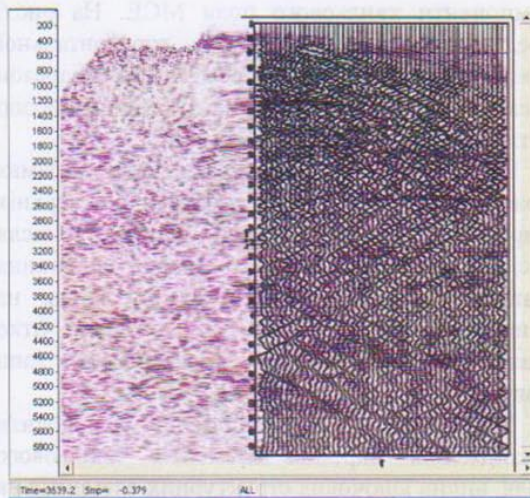


Рис.5 У правій частині рисунка показано порівняння хвильового поля, отриманого без врахування горизонтальних переміщень в програмному пакеті Petrel і результатів розрахунку вертикальної компоненти хвильового поля МСЕ.

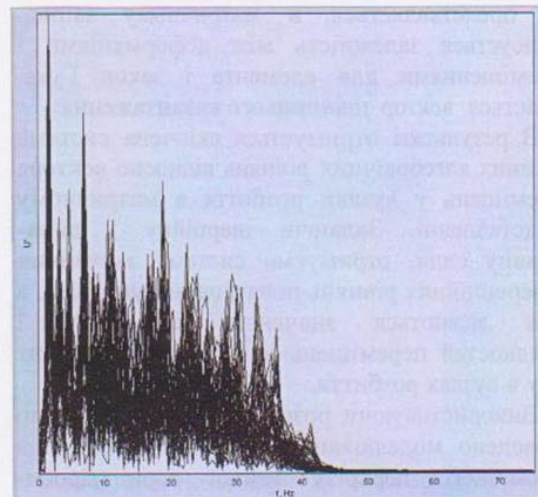


Рис.6 Спектр горизонтальної компоненти швидкості переміщення.

На рис.7 показано виділену ділянку перетину Дробишівської площі для числового експерименту МСЕ. Приймачі розміщені на денній поверхні.

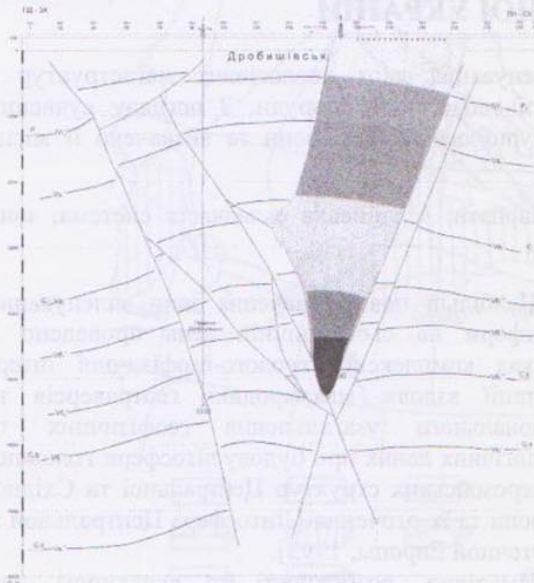


Рис.7 Виділена ділянка перетину Дробишівської площі моделювання МСЕ.

Геофізичні параметри (швидкість поширення поздовжніх V_p і поперечних хвиль V_s та густина ρ) середовища для окремо виділеного об'єкту на рис.7 із загальної структури Дробишівського родовища подано у таблиці.

V_p (м/с)	V_s (м/с)	ρ (кг/м ³)
3220	1660	1980
3180	1650	2180
4160	2280	2400
4340	2360	2500
4340	2300	2600
4300	2710	2500
4400	2750	2700

Розраховані траси вертикальної і горизонтальної компонент переміщення, що відповідають точкам розміщення приймачів на денній поверхні півпростору на рис.7, показують суттєвий вплив горизонтальних коливань на хвильове поле.

Висновки. У даній роботі представлено результати моделювання хвильового поля в неоднорідному гірському масиві Дробишівського газоконденсатного родовища з використанням представленої моделі півпростору. Показано суттєвий вплив горизонтальних і обмінних коливань на хвильове поле у випадку задач нафтогазової сейсморозвідки

Література

Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. Fifth edition. – Oxford. – 2000.–V. 1-3.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ю.П. Стародуб, Б.Е. Куплевский, Т.М. Гончар

В работе представлены результаты моделирования сейсмического волнового поля на модели сечения земной коры (на примере Дробишівського газоконденсатного месторождения). Сложнопостроенный разрез земной коры, полученный геофизическим исследованием скважин, представлен в виде пластовой модели. При моделировании волнового поля сейсморазведки учитывались особенности двумерного сечения: продольные, поперечные и обменные волны, полученные на сейсмограммах продольных и поперечных колебаний вследствие задания распределения скоростей продольных, поперечных волн и плотности среды в полупространстве.

Ключевые слова: моделирование; волновое поле; модель структуры; разрез земной коры; сейсморазведка.

WAVE FIELD SIMULATION ON THE GAS-CONDENSATE FIELD STRUCTURE

G.P. Starodub, B.Y. Kuplyovsky, T.M. Gonchar

The results of seismic wave field modeling on the cross-section model of the crust (for Drobyshevske gas-condensate field example) were presented. Complicated cut of the crust, resulting geophysical study, represented as a reservoir model. When modeling, seismic wave field features of two-dimensional cross section were taken into account: longitudinal, transverse and exchange waves received on seismograms of longitudinal and transverse vibrations as a result of default distribution of velocities of longitudinal, transverse waves and the density in half-space medium.

Keywords: modeling; wave field; the model structure; cut of the crust; seismic prospecting.

¹ Державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів

² Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів