

Івано-Франківський національний університет нафти і газу

Міністерства освіти і науки України

Факультет природничих наук

Кафедра нафтогазової геофізики

Щербаха Тимур Романович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

УДК 550.830

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розрахунок параметрів системи спостереження методу спільної глибинної точки на Північно-Залужанській площі

(назва роботи)

Геологія нафти і газу, геофізика, геоінформатика, інженерна геологія та гідрогеологія

(назва освітньої програми)

103 "Науки про Землю"

(шифр і назва спеціальності)

Здобувач освітнього ступеня _____ Т. Р. Щербаха

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ Габльовський Богдан Богданович, к. г. н., доцент.

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

зав. кафедри _____ І.О. Федак

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ - 2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет природничих наук
Кафедра нафтогазової геофізики
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Спеціальність 103 – Науки про Землю
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГГ

Федак І. О

« » 2025 року

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Щербасі Тимуру Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розрахунок параметрів системи спостереження методу спільної глибинної точки на Північно-Залужанській площі

керівник роботи Габльовський Богдан Богданович к геолог. н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від "3" квітня 2025 року № 245/7

2. Строк подання студентом роботи 9 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи спеціалізована література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП 1. Загальна частина 1.1 Географо-економічна характеристика району робіт; 1.2 Огляд, аналіз та оцінка раніше проведених робіт; 1.3 Геологічна характеристика об'єкта робіт; 1.3.1 Літолого-стратиграфічна характеристика розрізу; 1.3.2 Тектоніка; 1.3.3 Корисні копалини. Газоносність; 1.3.4 Обґрунтування першочергових геологічних задач; 1.4 Геофізична характеристика об'єкта робіт; 1.4.1 Фізичні властивості гірських порід; 1.4.2 Характеристика геофізичних матеріалів; 1.5 Обґрунтування вибору геофізичного методу для вирішення поставлених геологічних задач; 2. Обґрунтування методу для проведення досліджень; 2.1 Мета і задачі геофізичних робіт; 2.2 Методика і техніка польових робіт; 2.3 Дослідно-методичні роботи 2.4 Методика і техніка обробки та інтерпретації матеріалів; 2.4.1 Специфіка ряду процедур обробки даних 3D; 2.4.2 Типовий граф обробки даних 3D; 2.4.3 Специфіка контролю якості для обробки даних 3D; Висновок

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
«Презентаційна графіка»

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 05.04.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	05.04.2025 -	
		- 24.04.2025	<i>Виконано</i>
2	Обґрунтування методу для проведення робіт	25.04.2025 -	
		- 18.05.2025	<i>Виконано</i>
3	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка	19.05.2025 -	
	Презентації та доповіді для захисту	- 08.06.2025	<i>Виконано</i>

Студент _____
(підпис)

Щербаха Т.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Габльовський Б. Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота присвячена 3D-сейсмічним дослідженням Північно-Залужанської площі (Самбірський район, Львівська область) для уточнення геолого-тектонічної будови та підготовки нафтогазоперспективних об'єктів до буріння. Обсяг роботи – 54 сторінок, включає 11 рисунків, 4 таблиці, 2 розділи, вступ, висновки та список джерел.

Перший розділ описує географо-економічні умови району, аналіз попередніх досліджень, літолого-стратиграфічну і тектонічну будову, газоносність (13 горизонтів НД-5...НД-15, ВД-13, глибини 1081–3714 м). Обґрунтовано вибір 3D-сейсморозвідки через її ефективність у складних геологічних умовах.

Другий розділ розкриває методику досліджень: використання сейсмостанції Input/Output-2 з ортогональною системою (32-кратне перекриття), розрахунки параметрів сітки спостережень у MESA Expert (біни 25×25 м, крок ПЗ 100 м, ПП 50 м). Описано техніку польових робіт та обробки даних.

Ключові слова: 3D-СЕЙСМОРОЗВІДКА, ПІВНІЧНО-ЗАЛУЖАНСЬКА ПЛОЩА, ГАЗОНОСНІ ГОРИЗОНТИ, СТРУКТУРНА КАРТА, ЧАСОВИЙ РОЗРІЗ, MESA EXPERT, INPUT/OUTPUT-2, КРАТНІСТЬ, БУРІННЯ, МСГТ

ABSTRACT

The bachelor's thesis is devoted to 3D seismic surveys of the North-Zaluzhanska area (Sambir district, Lviv region) to clarify the geological and tectonic structure and prepare oil and gas prospects for drilling. The volume of the work is 54 pages, includes 11 figures, 4 tables, 2 sections, introduction, conclusions and a list of references.

The first section describes the geographical and economic conditions of the area, analysis of previous studies, lithological, stratigraphic and tectonic structure, gas content (13 horizons ND-5...ND-15, VD-13, depths 1081-3714 m). The choice of 3D seismic survey is substantiated due to its efficiency in difficult geological conditions.

The second section reveals the research methodology: the use of the Input/Output-2 seismic station with an orthogonal system (32-fold overlap), calculations of the observation grid parameters in MESA Expert (25×25 m bins, 100 m PS step, 50 m PP). The fieldwork and data processing techniques are described.

ЗМІСТ

	Сторінка
Вступ	8
1 Загальна частина	10
1.1 Географо-економічна характеристика району робіт.....	10
1.2 Огляд, аналіз та оцінка раніше проведених робіт..	12
1.3 Геологічна характеристика об'єкта робіт.....	15
1.4 Геофізична характеристика об'єкта робіт.....	20
1.5 Обґрунтування вибору геофізичного методу для вирішення поставлених геологічних задач.....	24
2 Обґрунтування методу для проведення досліджень.....	29
2.1 Мета і задачі геофізичних робіт.....	29
2.2 Методика і техніка польових робіт.....	30
2.3 Дослідно-методичні роботи.....	47
2.4 Методика і техніка обробки та інтерпретації матеріалів.....	48
Висновки.....	51
Список використаних джерел	53

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

БС – блок спостереження

ГП – геофізична партія

ДПЗ – крок між пунктами збудження

ДПП – крок між пунктами прийому

ДЛП – відстань між лініями прийому

ЗМШ – зона малих швидкостей

ЛЗ – лінія збудження

ЛП – лінія прийому

МСГТ – метод спільної глибинної точки

ПЗ – пункт збудження

ПП – пункт прийому

ПР – профіль

ПСС – площинна система спостережень

СК – сейсмокаротаж

СР – сейсморозвідка

ВЧР – верхня частина розрізу

ВСТУП

Актуальність теми. Проведення тривимірних (3D) сейсмічних досліджень на Північно-Залужанській площі, розташованій у Самбірському районі Львівської області, є актуальним через високу нафтогазову перспективність регіону та недостатню деталізацію попередніх геологічних даних. Складна геолого-тектонічна будова Передкарпатського прогину, зокрема Крукеницької западини, зумовлює потребу в сучасних геофізичних методах для точного картування газоносних горизонтів і зниження ризиків пошуково-розвідувального буріння.

Мета роботи. Метою бакалаврської роботи є розрахунок параметрів системи спостереження МСГТ для проведення 3D-сейсмічних досліджень на Північно-Залужанській площі.

Завдання роботи:

1. Виконати аналіз географо-економічних умов і попередніх геолого-геофізичних досліджень району.
2. Охарактеризувати літолого-стратиграфічну, тектонічну будову та газоносність Північно-Залужанської структури.
3. Обґрунтувати вибір 3D-сейсморозвідки як основного методу досліджень.
4. Розрахувати параметри системи спостережень за допомогою програмного забезпечення MESA Expert.

Об'єкт досліджень. Північно-Залужанська площа в межах Передкарпатського прогину Більче-Волицької зони, що включає верхньопротерозойські, мезозойські та кайнозойські відклади.

Предмет досліджень. Параметри системи спостереження методу спільної глибинної точки на Північно-Залужанській площі для картування

газоносних горизонтів сарматських відкладів та визначення їхніх колекторських властивостей.

Методи досліджень. Розрахунки параметрів системи спостережень виконано в програмному середовищі MESA Expert. Додатково використано аналіз архівних даних, каротаж, денситометрію та метод гідростатичного зважування для визначення фізичних властивостей порід.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Географо-економічна характеристика району робіт

Північно-Залужанська площа розташована у Самбірському районі Львівської області за 16 км. від м. Самбір.

Рельєф представлений горбистою рівниною з балками, ярами та розгалуженою мережею річкових долин. Абсолютні висоти коливаються від 270 до 325 м. Клімат помірно-континентальний, із середньорічною температурою +8...+10°C. Понад 75 % досліджень зосереджені на сільськогосподарських угіддях і присадибних ділянках. Лісові насадження та штучні посадки займають близько 10 %, заболочені території — приблизно 15 %. Заболочений лісовий масив представлений переважно березою та ялиною з підліском, діаметр стовбурів яких не перевищує 0,2 м. Водні об'єкти — річки Дністер та Стрив'яж з їх притоками. Оглядова карта району робіт наведена на рис. 1.1.



Умовні позначення:


 Контур площі робіт

Рисунок 1.1 – Оглядова карта району робіт

Умови виконання робіт:

85 % території віднесено до III категорії складності для сейсмозв'язувальних та топогеодезичних досліджень.

База партії розміщена в м. Самбір, середня відстань до зони робіт – 25 км. Підбаза організована в м. Рудки. Територію перетинають автомобільні та залізничні шляхи.

1.2 Огляд, аналіз та оцінка раніше проведених робіт

Геолого-геофізичні дослідження Передкарпаття ведуться понад 100 років, через виявлення газових покладів.

У 60-х – 70-х роках минулого століття здійснювалося планомірне вивчення Крукеницької підзони методами сейсмозв'язки. Початковий етап (1960-ті роки) характеризувався використанням простих малократних систем спостережень, при цьому роботи концентрувалися в зоні контакту сарматських порід з площиною Стебницького насуву, на південний схід від Хідновицького родовища газу, яке було відкрите незадовго до цього. Наступне десятиліття (1970-ті роки) відзначилося переходом до тотального застосування багатократних систем спостережень, що базувалися на методиці спільної глибинної точки (МСГТ).

У попередні роки сейсмічні дослідження велися за рідкорозташованою сіткою профілів із застосуванням односторонньої флангової схеми та винесенням точок вибуху. Відстань між каналами становила 75 метрів, а збудження пружних коливань здійснювалося у свердловинах глибиною 11–30 метрів зарядами 15,6–20,8 кг. Отримані дані були оброблені методом СГТ з використанням ЕОМ «Сигма-5» та «Мінськ-32».

У 60-х роках ці роботи дозволили виявити кілька газових родовищ: Садківське, Пинянське, Залужанське. Наступне дослідження у 70-х роках

було зосереджене на глибше залягаючих ділянках Крукеницької підзони — як у напрямку південного заходу, під Стебницьким насувом, так і на північний схід до Краковецького розлому. Попри виявлення понад десяти перспективних структур і проведення буріння, нових відкриттів здійснено не було. Лише в межах Краковецького розлому, який відокремлює Крукеницьку та Косівсько-Угерську підзони, у стратиграфічно екранованих пастках сарматських пісковиків було виявлено незначні запаси газу — на Макунівському, Сусолівському та Майницькому родовищах.

У 80–90-х роках Крукеницьку западину вивели з активної сейсмозвідки, натомість здійснювали тривале геолого-геофізичне узагальнення наявних даних для пошуку нетипових, переважно літологічно екранованих пасток газу не лише в сарматських, а й у нижньонеогенових (баденських і карпатських) відкладах.

У 1989–1990 роках тематична партія №65 ЗУГРЕ провела детальний аналіз сейсмічних даних Крукеницької западини з метою пошуку неантиклінальних структур, зокрема в межах Північно-Залужанської площі. Тут за результатами сеймостратиграфічного аналізу хвильового поля були виявлені лінзоподібні тіла, складені теригенними відкладами — імовірно, залишки просувної дельти чи конусів зміщення, що сформувалися в карпатський час у морському середовищі. Аналіз морфології палеорельєфу доверхньобаденської поверхні та геометрії відбиваючих границь дозволив спрогнозувати існування ще одного піщаного тіла вздовж розлому, паралельного до Краковецького.

У межах однієї з таких структур пробурено свердловину Залужани-201, яка виявила газовий приплив з карпатських відкладів із дебітом 8 тис. м³/добу та 250 л/добу газоконденсату. Це засвідчує необхідність точного окреслення можливих продуктивних пасток у надгіпсових і підгіпсових горизонтах — одна з ключових задач цього проєкту.

Інше завдання пов'язане з безпосереднім дослідженням Північно-Залужанської площі, розташованої в межах Краковецького розлому. Тут, за результатами попередніх робіт, відкриті кілька невеликих газових родовищ у сарматських відкладах, однак спроби буріння (свердловини 1, 2-Чайковичі) не дали результату.

До останнього часу Краковецький розлом вважався системою східчастого занурення донеогенової основи разом із сарматсько-баденськими відкладами, що нібито створювало сприятливі умови для формування тектонічно-екранованих пасток. Проте нові сейсморозвідувальні дослідження в регіоні показали, що під час тривалого конседиментаційного періоду ця система була розмита. Утворилася широка смуга крайового розмиву припіднятого крила розлому, на яку з порушенням стратиграфічної відповідності осідали сарматські відклади. У верхній частині цієї товщі ймовірно навіть формування зсувних тіл. Така геологічна будова дозволяє припустити, що кожен піщаний горизонт, що прилягає до крайового розмиву чи площин зсувів, потенційно здатен накопичувати газ. Ключовим є точне визначення їх апікальних частин.

Раніше застосовувані підходи до інтерпретації будови зони Краковецького розлому не забезпечували необхідної деталізації, що, ймовірно, стало причиною низької ефективності буріння. Наприклад, свердловина 2-Макунів, яка була закладена за межами прогнозованого поширення горизонту НД-15, пробила його і дала високий дебіт — 84 тис. м³/добу. Така розбіжність між бурінням і сейсморозвідкою зумовлена різними моделями будови зони розлому (ступінчате занурення чи розмив). Це переконливо свідчить про необхідність створення детальних погоризонтних структурних карт із точним визначенням апікалей, що суттєво підвищить ефективність пошукових бурових робіт у межах Північно-Залужанської площі.

1.3 Геологічна характеристика об'єкту робіт

1.3.1 Літолого-стратиграфічна характеристика розрізу

У геологічній будові району досліджень беруть участь відклади верхнього протерозою, мезозою та кайнозою.

Верхній протерозой представлений давніми осадовими породами рифейського віку, які були виявлені у фундаменті Крукеницької западини свердловинами Ходновичі-24, 29, 31, Пиняни-9, Чижевичі-1 та 2. Ці породи складаються з метаморфізованих хлорит-серицитових сланців і філітів із прошарками кварцитів і кварцитовидних пісковиків. Загальна потужність рифейського комплексу перевищує 15 000 м.

Кайнозой представлений неогеновими відкладами міоценового віку, до яких належать карпатський, баденський і сарматський яруси.

Відклади карпатського ярусу утворені пухкими різнозернистими кварц-глауконітовими пісковиками з поодинокими прошарками глин і мергелів, що залягають у найбільш знижених ерозійних ділянках рифейського фундаменту. Їх потужність варіюється від 0 до 50 м.

У складі баденського ярусу виділяють баранівські верстви (нижній баден), тираську та косівську світи.

- Баранівські верстви, виявлені свердловинами 1, 2-Чижевичі та Залужани-201, представлені темно-сірими слабозцементованими глинами з прошарками кварцевих пісковиків і алевролітів. Їх потужність змінюється в межах 0–50 м.
- Тираська світа, що сформувалась на початку верхнього бадену, складається з гіпсоангідритових порід і трангресивно

перекриває нижчі відклади. Потужність – 5–20 м. Саме з нею пов'язаний один із основних сейсмічних рефlectorів.

- Косівська світа (верхній баден) представлена темно-сірими глинами з прошарками пісковиків і алевролітів. Її потужність може перевищувати 250 м, хоча у свердловинах 1 і 2-Чижевичі вона складає 109 та 159 м відповідно.

Сарматські відклади представлені дашавською світою, яку поділяють на нижньодашавську та верхньодашавську підсвіти.

- Нижньодашавська підсвіта утворена чергуванням вапняковистих, іноді аргілітоподібних глин, алевролітів, світло-сірих пісковиків, а також рідких прошарків туфів і туфітів.

- Верхньодашавська підсвіта має подібний склад, але відрізняється більшою кількістю сірих і зеленувато-сірих вапняковистих глин, меншою пісковистістю та значним розвитком туфових прошарків.

У нижньодашавській підсвіті виділяється до 17 піщано-глинистих горизонтів, у верхньодашавській — до 14. Загальна потужність дашавської світи, сформованої в нижньому сарматі, може перевищувати 3000 м.

Антропогенні відклади поширені по всій площі робіт і представлені алювіальними валунно-галечниковими, галечно-піщаними відкладами заплав і терас річок, а також глинами і суглинками алювіально-делювіального та еолового походження. Їхня потужність сягає 15–20 м і більше.

1.3.2 Тектоніка

У межах регіональної тектоніки Північно-Залужанське родовище приурочене до південно-східної частини Крукеницької підзони, яка є найбільш зануреною ділянкою Більче-Волицького структурного елемента в

межах зовнішньої смуги Передкарпатського прогину. У цьому районі покривні структури Самбірської зони повністю насуваються на Крукеницьку западину, наближаючись до Краковецького розлому, який відмежовує її від піднятої Угорської підзони прогину.

Північно-Залужанська структура утворює найглибше розташовану складку на осі антиклінальних піднять, що тягнуться у північно-західному напрямку, паралельно до лінії насуву Самбірської зони і досягають українсько-польського кордону. У межах цього загального підняття пластів, баденські й сарматські відклади утворюють єдину брахіантикліналь, яка витягнута й розкривається у південно-західному напрямі.

Тектонічні порушення по горизонтах тираської світи розбивають структуру на окремі блоки, охоплюючи як рифейські породи, так і нижні частини дашавської світи. Інтенсивність розривів і крутизна крил поступово зменшуються з наближенням до поверхні. Наймасштабніше порушення ускладнює північно-західне крило структури до горизонту НД-9, тоді як інші тектонічні порушення згасають у баденських і нижньосарматських відкладах.

Куполоподібна частина структури за сарматськими горизонтами розміщується в районі свердловин 12-3л і 22-3л. Крутизна падіння шарів варіюється від 1° до 10° . Найкрутішим є північно-східне крило — його занурення становить 500–600 м по горизонту НД-15 та 275–325 м по горизонту НД-5 при ширині близько 3–3,5 км. Південно-західне крило має похил менш як 7° , який поступово зменшується у верхніх частинах розрізу. Більшість горизонтів верхньодашавської підсвіти на цьому крилі, крім ВД-13 і ВД-14, перерізані насупом Самбірської зони.

Південно-східна частина структури (перикліналь) із залишками верхньодашавських відкладів також перерізана насупом. Нижньодашавські горизонти тут помірно деформовані, що зумовило зміну простягання осі

складки з південно-східного на східний. Ця зона занурюється під кутом 3–6°, з амплітудою 300–350 м по НД-15 на відстані 4–4,5 км та 280 м по НД-5.

Північно-західна периклиналь характеризується незначним зануренням з кутами падіння 1–2°. Амплітуда прогину збільшується з глибинами: від 35–40 м по горизонту НД-5 до 130 м по НД-15.

Розміри сарматської складки за ізогіпсами покрівлі НД-15 становлять 7100 × 3400 м при замиканні ізогіпси на позначці 3100 м. За ізогіпсою покрівлі НД-5 — 4900 × 2350 м при відмітці 1450 м.

1.3.3 Корисні копалини

1.3.3.1 Газоносність

На підставі випробувань та аналізу промислово-геофізичних даних, у межах Північно-Залужанської площі підтверджено наявність промислових запасів газу у тринадцяти продуктивних горизонтах. Йдеться про шари нижньодашавської підсвіти – НД-5 до НД-15, а також горизонт ВД-13 верхньодашавської світи, що належать до нижньосарматського ярусу. Ці газоносні інтервали залягають у діапазоні глибин від 1081 до 3714 метрів, утворюючи розвідану газоносну товщу потужністю близько 1639 метрів.

Літологічна будова продуктивних горизонтів представлена складним чергуванням глинистих, піщаних та алевролітових прошарків, що мають лінзоподібний характер розповсюдження. Товщина окремих пісковикових і алевролітових прошарків зазвичай не перевищує 1–2 м, іноді становить лише кілька сантиметрів. Частка таких піщаних прошарків у загальній товщі продуктивних горизонтів варіює від 10 до 40 %. Зі зростанням по розрізу спостерігається тенденція до збільшення піскуватості й потужності піщаних прошарків, зокрема в горизонтах ВД-13, НД-5 – НД-8, які відзначаються кращими колекторськими та фільтраційними характеристиками.

Основними колекторами газу на родовищі є кварцеві дрібнозернисті пісковики та алевроліти з глинисто-карбонатним або карбонатно-глинистим цементом, вміст якого коливається в межах 10–20 %. Алевроліти мають подібний до пісковиків мінералогічний склад, проте характеризуються дещо вищим ступенем цементації.

Колекторські властивості порід загалом залишаються на невисокому рівні, а в глибших горизонтах (НД-10 – НД-15) вони помітно погіршуються. Газонасичення розрізу має нерівномірний, вибірковий характер –

газонасичені прошарки чергуються з водонасиченими, що зумовлює формування покладів прошарково-лінзовидного типу.

Серед характерних особливостей Північно-Залужанського родовища слід відзначити аномально високі пластові тиски у нижній частині продуктивного розрізу (горизонти НД-12 – НД-15), істотне зміщення контурів

газонасичення між різними горизонтами, а також наявність газового конденсату в горизонті НД-15.

1.3.4 Обґрунтування першочергових геологічних задач

Ключовим завданням геологічних досліджень є проведення комплексного тривимірного сейсмічного аналізу для точного визначення місць розташування потенційних газових родовищ. Цей процес включає детальне картографування сейсмічних горизонтів, що відбивають хвилі, у відкладах верхнього протерозою, мезозою та кайнозою. Особлива увага приділяється уточненню геологічної будови Північно-Залужанської структури та її підготовці як об'єкта для глибокого буріння. Робота передбачає послідовні етапи: обробку зібраних даних 3D-сейсморозвідки, їх подальшу геологічну інтерпретацію, на основі якої створюються візуалізації підземної будови, а саме: структурні карти, сейсмологічні та геологічні профілі (розрізи). Завершальними етапами є підготовка підсумкового звіту, що документує всі результати проведених робіт, та оформлення необхідної паспортної документації на виявлений та підготовлений до розробки об'єкт.

1.4 Геофізична характеристика об'єкта робіт

1.4.1 Фізичні властивості гірських порід

Аналіз узагальнених даних щодо густини гірських порід у Передкарпатському регіоні вказує на те, що цей параметр визначається

насамперед їхнім літологічним складом та геологічним віком. Оскільки вік порід часто корелює з глибиною їх залягання, спостерігається також відома залежність густини від глибини. Проте, важливо зазначити, що інтенсивність ущільнення порід з глибиною не є однаковою і залежить як від конкретного типу породи (літології), так і від тривалості впливу статичного тиску вищезалеглих товщ.

На основі наявних узагальнених даних про густину, можна відзначити тенденцію до її зростання при русі від Залужан у напрямку Північних Залужан (зафіксовані значення за рівних умов лежать в діапазоні від 1.57×10^3 кг/м³ до 2.85×10^3 кг/м³).

Для визначення густини гірських порід у цьому дослідженні використовувалися переважно два лабораторні методи: денситометрія, що застосовувалася до зразків без парафінового покриття, та метод гідростатичного зважування, який проводився на попередньо висушених взірцях. Конкретні результати вимірювань густини порід, отримані для Північно-Залужанського родовища, зведені у таблицю (1.1), представлену нижче.

Таблиця 1.1 – Щільність порід Північно-Залужанського родовища

Вік		Район досліджень	Літологія	Інтервал глибин, м	К - с т ь вимірювань	Середня щільність, $1 \cdot 10^3$ кг/м ³
1		2	3	4	5	6
Че твертині		Північні-Залужани	Торф,	0,2-15	32	1,57
			суглинки			1,84
			глини			2,11
			галька			1,95

Неоген	Сармат-баден	Північні-Залужани	Глини і аргіліти	0-300 300-900 900-1400	860	2,15 2,33 2,38
			пісковики	70-800 700-1400		138 877
Ріфей		Північні-Залужани	пісковики аргіліти	1680-1840 1840-2804	40129	2,69 2,85

Північно-Залужанська площа характеризується складною сейсмогеологічною ситуацією, зумовленою як структурними особливостями глибинної будови, так і морфологією поверхневих комплексів Крукеницької підзони. Геофізичні дослідження, зокрема каротаж, свідчать про поступове зниження пластових швидкостей у відкладах сарматського та баденського віку при русі на північний захід: від 3200–4000 м/с у межах Залужан до 2700–3300 м/с поблизу Садковичів і Чижевичів. Це формує виражений градієнт швидкостей у межах Крукеницької западини, із тенденцією до їх зростання від Чижевичів у напрямку Залужан. У корінних породах, що залягають під зоною малих швидкостей (ЗМШ), спостерігається значна варіативність сейсмічних швидкостей — від 1700 до 2500 м/с, при середньому значенні близько 2000 м/с

Таблиця 1.1 – Швидкісна характеристика розрізу

Вік порід	Швидкість, м/с	
	Min	Max
N_1	2700	3000
N_{1st}	2800	2900
N_{b_3}	2850	3300
Rf	1800	2000

1.4.2 Характеристика геофізичних матеріалів

Аналіз сейсмічних даних, отриманих у межах досліджуваної території, свідчить про складну морфологію сейсмічних відбиваючих меж, що є результатом неоднорідних та динамічних процесів осадконагромадження. У межах неогенової товщі спостерігаються як добре виражені, протяжні рефлектори, так і ділянки зі слабо диференційованим сейсмічним сигналом. Відбиття демонструють як характерне покрівельне, так і підшвенне прилягання, що вказує на складну стратиграфічну будову. Локальні викривлення і структурні ускладнення хвильового поля, зафіксовані в розрізі, найімовірніше зумовлені присутністю зон фаціальних змін, ерозійних врізів та ділянок латерального приросту осадових тіл, пов'язаних з діяльністю конусів зміщення. Ілюстрацією до сказаного є часовий сейсмозріз по лінії LXXI 57-5975, наведений на рис. (1.4).

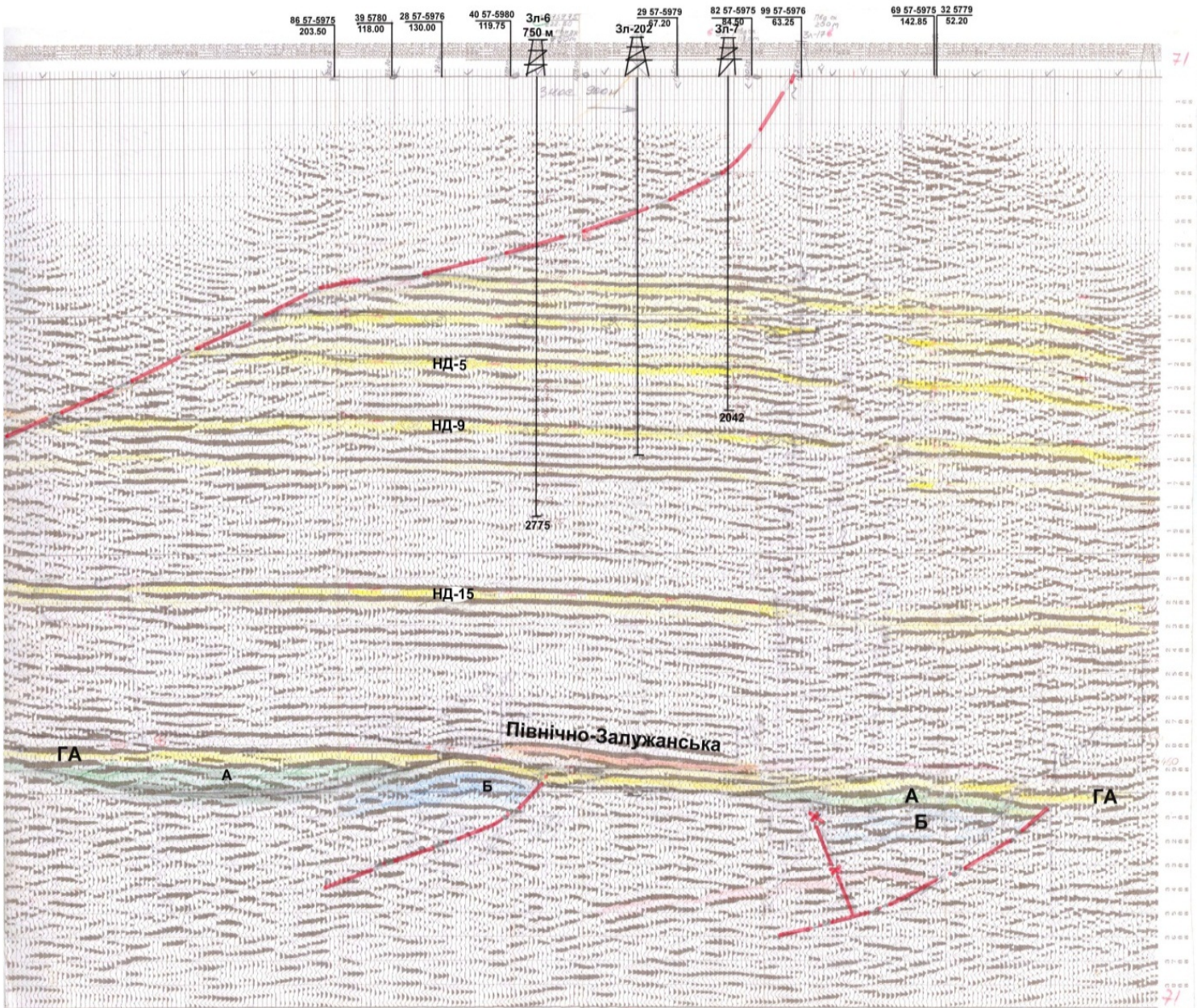


Рисунок 1.4 - Фрагмент часового розрізу по профілю LXXI 57-5975

1.5 Обґрунтування вибору геофізичного методу

Сейморозвідка посідає одне з провідних місць серед геофізичних методів, які активно застосовуються у різних секторах господарства. Її роль особливо вагома в процесі пошуку та детальної розвідки родовищ нафти і газу, а також при вивченні інших корисних копалин і вирішенні інженерно-геологічних завдань.

Цей метод дозволяє з високою точністю визначати нахили осадових шарів навіть на значних глибинах, що робить його незамінним у вирішенні структурно-геологічних питань та локалізації перспективних покладів вуглеводнів.

Для досягнення зазначеної мети використовується сучасна технологія — тривимірна (3D) нафтогазова сейсмозв'язка. Вона забезпечує вирішення трьох основних завдань:

1. виявлення та контурне окреслення нафтогазоносних об'єктів;
2. оцінювання ресурсної бази вуглеводнів;
3. моніторинг змін у покладах на різних етапах їх розробки.

Комплекс робіт 3D сейсмозв'язки поділяється на три основні етапи:

- етап планування;
- польові роботи (збір сейсмічної інформації);
- камеральна обробка.

Під час планування визначається оптимальна методика збору й обробки даних, з урахуванням геологічних умов і економічної доцільності. Основною задачею є створення раціональної системи спостережень, що забезпечить максимальну інформативність. Для цього використовуються спеціалізовані програмні засоби, які враховують взаємозв'язки ключових параметрів спостережень — таких як розміри б'єнів, щільність перекриття, геометрія джерело-приймач, азимутальне покриття тощо.

На польовому етапі виконується реєстрація хвильових полів відповідно до розрахованих систем спостережень. Для цього застосовуються високотехнологічні телеметричні багатоканальні комплекси з кількістю каналів, що вимірюється тисячами. Найпоширенішими в міжнародній практиці є системи Inp

ut/Output-2, I/O-2000, Imig I/O, SN-388, SN-408, EAGLE-88, BOX, GDAPS-4, DAS-1 тощо. Усі вони здатні забезпечити синхронну фіксацію сигналів на 8064 і більше каналах, використовуючи 24-розрядні АЦП з частотою дискретизації 0,5–4 мс. Хоча в Росії також розроблялися аналогічні системи (УКВ-АРС, СТС-1, Прогресс-Т, ТМСМС, ТСМ-24), їхнє промислове використання залишилось обмеженим через низку організаційних факторів.

Джерелами сейсмічних коливань на суходолі виступають вібратори або вибухи у свердловинах, а в морських умовах — пневматичні джерела.

Оброблення й інтерпретація отриманих даних виконується у спеціалізованих обчислювальних центрах, оснащених потужною комп'ютерною технікою. Незважаючи на відмінності в апаратному забезпеченні, програмні комплекси здебільшого реалізують схожі алгоритми обробки та аналізу, що забезпечує стандартизований підхід до інтерпретації 3D сейсмічних матеріалів.

Проведений аналіз геолого-геофізичних та сейсмозвідувальних досліджень Північно-Залужанської площі свідчить про високу перспективність об'єкта для подальшого пошуку та розвідки газових покладів. Географо-економічна характеристика району показала зручну транспортну доступність (автомобільні та залізничні шляхи), прийнятні умови базування партії в м. Самбір і Рудки, а також розташування робочої площі поблизу складних за рельєфом ділянок із балками та ярами (абс. відмітки 270–325 м). Помірно-континентальний клімат і незначний лісовий покрив сприяють ефективному проведенню польових робіт.

Огляд та аналіз попередніх сейсмозвідувальних досліджень показав, що в 1960–70-х роках на південь від Хідновицького родовища було виявлено кілька газових об'єктів (Садківське, Пинянське, Залужанське), проте подальші буріння не дали значних відкриттів через неточність зонування й

моделювання розлому. Лише в межах Краковецького розлому було зафіксовано незначні запаси газу у стратиграфічно екранованих пастках. У 1989–1990 рр. за результатами сеймостратиграфічного аналізу було виявлено лінзоподібні теригенні тіла карпатського часу, а свердловина Залужани-201 підтвердила наявність карпатського газу з дебітом 8 000 м³/добу та газоконденсату 250 л/добу.

Літолого-стратиграфічна характеристика розрізу свідчить про багат шаровість продуктивного комплексу: від рифейського фундаменту (метаморфізовані шисти й кварцити) до верхньосарматських відкладів, що включають дашавські пісковики та алевроліти висотою понад 3 000 м. Антропогенні відклади мають потужність до 20 м, що не ускладнює промислові роботи. Тектонічна структура характеризується брахіантиклінальною, розділеною системою насувів та розломів, з амплітудами занурення шарів до 600 м і площею під ізогіпсою НД-15 близько $7,1 \times 3,4$ км.

Газоносність підтверджена в тринадцяти горизонтах НД-5...НД-15 та ВД-13 з загальною потужністю газоносної товщі приблизно 1 639 м і діапазоном глибин 1 081–3 714 м. Колекторські властивості пісковиків і алевролітів є помірними, з коефіцієнтом цементації 10–20 %, проте у верхніх горизонтах (ВД-13, НД-5...НД-8) вони кращі, що визначає пріоритет буріння в цих інтервалах. Важливою особливістю є нерівномірне газонасичення та аномально високі пластові тиски у глибших горизонтах (НД-12...НД-15), а також наявність газового конденсату.

Геофізична характеристика розрізу підтверджує значні варіації щільності від $1,57 \times 10^3$ до $2,85 \times 10^3$ кг/м³ та сейсмічних швидкостей від 1 700 до 4 000 м/с, що зумовлено різним літологічним складом і структурними особливостями Крукеницької западини. Це формує виражений градієнт швидкостей і вкотре підкреслює необхідність високодеталізованого 3D-моделювання.

На основі вищезазначеного до першочергових геологічних завдань належать:

1. Комплексний 3D-сейсмічний аналіз з метою створення високоточних погоризонтних структурних карт і точного визначення апікалей потенційних газових пасток.
2. Подальше уточнення тектонічної моделі з врахуванням актуальних даних каротажу та сеймостратиграфічного аналізу, аби мінімізувати розбіжності між прогнозом і результатами буріння.
3. Картування газоносних горизонтних комплексів (НД-5...НД-15, ВД-13) із виділенням пріоритетних інтервалів для пошукового буріння.
4. Визначення закономірностей розподілу пластових тисків та газоконденсату для оптимізації технології буріння й випробувань свердловин.
5. Розробка рекомендацій із використання сучасних цифрових інструментів обробки даних (ЕОМ, алгоритми машинного навчання) для підвищення ефективності інтерпретації 3D-сейсміки.

Застосування комплексу зазначених заходів дозволить істотно підвищити успішність пошуково-розвідувальних робіт, знизити ризики «сліпих» бурінь та ефективно залучити промисловий потенціал Північно-Залужанської площі до розробки.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Мета і завдання геофізичних робіт

Метою запланованих геофізичних досліджень є реалізація детальної тривимірної сейсморозвідки, спрямованої на виявлення та підготовку перспективних на нафту і газ структур для подальшого глибокого буріння в межах міоценових відкладів Крукеницької западини, що входить до складу Передкарпатського прогину, в межах Північно-Залужанської ділянки.

Ключові завдання, що покладені на геофізичний етап досліджень, охоплюють:

- просторове картування відбивальних сейсмічних горизонтів у товщах верхньопротерозойських, мезозойських і кайнозойських порід;
- дослідження колекторських характеристик порід кайнозойського віку;
- оцінювання ізолюючих властивостей геологічних комплексів протерозою і кайнозою як потенційних екранів для пасток вуглеводнів.

Беручи до уваги складність тектонічної будови регіону, неоднорідність геологічного середовища на глибинах, а також специфіку рельєфу, доцільним є впровадження методу тривимірної сейсмічної зйомки (3D).

Водночас, зважаючи на відсутність попередніх 3D сейсмічних досліджень на цій території, вихідною інформаційною базою для розробки роботи та подальшого виконання об'ємної сейсміки є дані з архівних матеріалів попередніх сейсморозвідувальних робіт, результати яких були опрацьовані із застосуванням методики спільної глибинної точки (МСГТ).

2.2 Методика та техніка польових робіт

Польовий етап робіт буде реалізовано з використанням сучасної 3D-сейсморозвідувальної технології, що передбачає детальну реєстрацію хвильового поля за допомогою цифрової телеметричної сейсмостанції Input/Output-2. Передача сигналу здійснюватиметься від сеймоприймачів типу GS-20DX (по 12 сенсорів на кожен канал) до центрального електронного блока реєстрації. Збудження пружних хвиль забезпечуватиметься трьома сейсмічними вібраторами ANV4-362 PLS, які працюватимуть синхронно. Ці генератори хвиль, оснащені сучасним програмним забезпеченням Pelton Advance Two Plus із супутниковою GPS-прив'язкою, створюватимуть контрольований синусоїдальний сигнал (свіп) з максимальною силою до 275 кН на площині контакту між опорною плитою та земною поверхнею. Четвертий вібратор залишатиметься в резерві для обслуговування або оперативної заміни без переривання робіт.

Сейсмічні спостереження супроводжуватимуться високоточними геодезичними вимірюваннями з використанням супутникових навігаційних систем GPS для топографічної прив'язки елементів спостережної сітки.

Для даної ділянки передбачено застосування ортогональної конфігурації спостережень, відомої як "хрестова система". Такий підхід дозволяє охопити широкий діапазон відстаней між пунктами збудження та прийому, а також різноманітні азимути, хоча певною вадою залишається нерівномірний розподіл середніх точок по цих параметрах.

Формування конфігурації системи спостережень базується на кількості пунктів збудження ($S = N_{впв}$) і прийому ($r = N_{ппп}$), що забезпечує фіксацію відбитих хвиль у центральних точках сейсмограм.

Проектування сітки спостережень виконується у програмному середовищі MESA Expert, яке забезпечує гнучкий інструментарій для 3D-

планування як на суходолі, так і на морі чи в перехідних зонах. Програма дозволяє враховувати різні картографічні матеріали — від космічних знімків і топографічних карт до інформації про антропогенні об'єкти. Завдяки цьому вже на етапі проєктування можна виявити потенційні проблеми землекористування, що сприяє оптимізації логістики та зменшенню вартості польового етапу.

Процес планування у MESA Expert охоплює кілька ключових етапів:

1. Визначення меж досліджуваної території;
2. Розрахунок основних параметрів сітки спостережень;
3. Формування системи спостережень із урахуванням особливостей рельєфу;
4. Перетворення координат, а також їх зміщення чи обертання в межах заданої системи;
5. Завантаження топооснови у вигляді GMG Image;
6. Моделювання обмежень території через інструмент Edit Exclusions;
7. Розміщення ліній збудження та прийому через функцію Layout;
8. Параметризація бінової сітки (Bin Grid Settings);
9. Віртуальний простріл за допомогою функції Shoot;
10. Аналіз кратності покриття через модуль Bin Analysis/Fold Calculation;
11. Фінальне редагування та перевірка конфігурації системи спостережень.

Вибрана прямокутна (ортогональна) система передбачає перпендикулярне розташування ліній збудження та прийому. Для її реалізації необхідно задати:

- відстань між приймальними лініями;
- крок між приймачами вздовж лінії;
- інтервал між профілями збудження;
- відстань між точками збудження на кожному профілі.

Крім того, вихідними даними для моделювання та розрахунків у програмі є:

- координати контрольних точок і меж ділянки;
- параметри просторової прив'язки (Warp Control Point);
- підключення й відображення топографічних шарів (Layer Display);
- встановлення контурів дослідження (Exclusions Display);
- збереження й експорт бази даних проєкту;
- просторове налаштування систем збудження (Sources) і прийому (Receivers);
- детальне конфігурування бінової сітки (Bin Grid Settings).

Таблиця 2.1- Вихідні дані для розрахунку параметрів системи спостереження 3D

№ п/п	Параметри	Вихідні дані
1	Розмір площі досліджень по осі X, м	28400
2	Розмір площі досліджень по осі Y, м	30000
3	Середня глибина до цільового горизонту, м	3500
4	Середній розмір цільового горизонту по латералі, м	1100
5	Максимальний нахил відбиваючої границі, °	5
6	Азимут (кут з віссю X) падіння цільового пласта, °	0
7	Середня швидкість у товщі, що покриває горизонт, м/с	2850
8	Пластова швидкість в інтервалі товщини пласта, м/с	3075

9	Гранична ефективна в м/сек	3000
10	Швидкість хвилі – завади, м/с	1800
11	Швидкість низькошвидкісної хвилі – завади (звукова хвиля, хвиля Лява/Релея), м/с	380
12	Кратність	32
13	Загальна кількість груп сейсмоприймачів в косі	586
14	Глибина до наймілкішого горизонту, м	1200

Визначення максимальної та мінімальної відстані джерело-приймач

Визначення оптимальної відстані між пунктами прийому та збудження у сейсморозвідувальній мережі здійснюється на підставі попередніх розрахунків, результатів польових тестів або чисельного моделювання. На основі накопиченого досвіду встановлено, що мінімальна база спостережень $L_{min}=ВП_{min}$, як і максимально допустима відстань $L_{maxmin}=ВП_{maxmin}$, не повинні перевищувати глибину залягання найменш заглибленого об'єкта дослідження H_{min} , який вважається першим цільовим горизонтом.

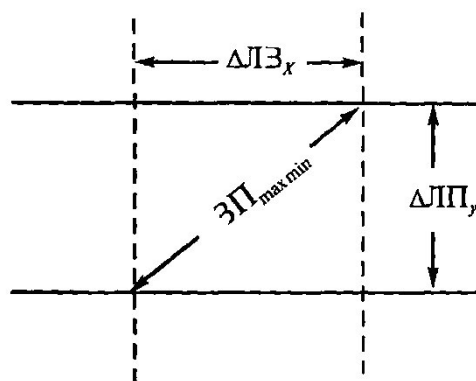


Рисунок 2.1. - Вибір відстані ДЛЗ між ЛЗ(лінія збудження) і ДЛП між ЛП(лінія прийому)

Для визначення L_{min} використовуємо формулу:

$$ВП_{min} = L_{min} = \frac{2}{H_{min} \sqrt{\left(\frac{v^2}{v_p^2} - 1\right)}}, \quad (2.1)$$

Цей вираз описує відстань $L = \text{ПЗ} - \text{ПП}$, за якої час проходження хвилі $t = t_n$ дорівнює прямому часу t_{pt_ptr} , тобто відповідає точці перетину гіперболічної годографічної кривої, що відповідає хвилям, відбитим від горизонту, розташованого на мінімальній глибині H_{\min} .

$$t = \frac{1}{V} \sqrt{l^2 + 4H_{\min}^2}$$

і прямолінійного годографа $t(l)$ хвилі-перешкоди

$$t_n = \frac{1}{V_n}.$$

У цьому контексті V представляє собою ефективну швидкість поширення хвиль для відбиваючої границі, що залягає на мінімальній глибині H_{\min} , тоді як V_n — це швидкість поширення хвиль у перешкодах (шарах вище цільової границі). Максимальна відстань між пунктом збудження та прийому $ЗП_{\max}$ повинна бути співставною з глибиною залягання найглибшого горизонту — орієнтовно в межах $1 \div 1,5 H_{\max}$, де H_{\max} — глибина найбільш глибокого цільового об'єкта. Для визначення цієї відстані можна скористатись наступною формулою:

$$ЗП_{\max} = 0,5 \times H_{\max} \left(\frac{V_c + V_{BЧР}}{V_c - V_{BЧР}} \right) \quad (2.2)$$

У цьому випадку V_c позначає середню швидкість хвильового розповсюдження в товщі порід, що перекриває горизонт на глибині H_{\max} , тоді як $V_{BЧР}$ відповідає швидкості у верхніх шарах геологічного розрізу. Формула (2.2) дозволяє обчислити критичну відстань, за межами якої ускладнюється достовірне трасування відбитих хвиль, що мають геологічну цінність. Проте слід враховувати, що така оцінка зазвичай дає занижене значення максимальної відстані між пунктами

збудження та прийому $Z_{\text{Пmax}}$, порівняно з величинами, які є необхідними для проведення повноцінного кінематичного та динамічного аналізу сейсмоданих.

Визначення відстані між ПЗ і між ПП

Відстань між суміжними пунктами прийому вздовж приймальних ліній (крок ДПП) визначається з урахуванням необхідності забезпечення стабільної та достовірної кореляції сигналів, що містять сейсмичну інформацію. Цей підхід ґрунтується на положеннях теореми дискретизації (вибірки). Згідно з її вимогами, інтервал між пунктами прийому не повинен перевищувати половину довжини хвилі найбільш високочастотного корисного сигналу, що реєструється після застосування відповідної фільтрації.

$$D_{\text{ПЗ}} \leq \frac{V^*}{2f} \quad (2.3)$$

Тут V^* — позірна швидкість; f — максимальна частота в спектрі корисної хвилі.

Такі ж самі вимоги висуваються і до інтервалу між точками збудження (кроку ДПЗ) на лініях генерації сигналу. Значення кроків як між приймачами, так і між джерелами, що розміщені в межах блоку спостережень (БС) уздовж ліній з фіксованим азимутом α , мають відповідати визначеним критеріям у всьому діапазоні напрямків: $0 < \alpha < 2\pi$.

$$D_l < \frac{V_{\text{ef}}}{2f \sin \alpha}, \quad (2.4)$$

де V_{ef} — ефективна швидкість, α — максимальний кут виходу променя на поверхню спостережень, f — максимальна частота.

Після внесення кінематичних і статичних поправок спостерігається значне зростання ефективної швидкості V^* на

сейсмограмах ЗТВ і ЗТП, що асимптотично наближається до нескінченності. Це могло б створити хибне враження, ніби після застосування таких поправок можна без обмежень збільшувати кроки між приймачами (ДПП) і джерелами (ДПЗ). Однак така інтерпретація є помилковою. Занадто великі значення ДПЗ, ДПП або відстаней, які не відповідають критеріям, встановленим у формулах (2.2—2.4), унеможливають навіть сам процес обчислення кінематичних поправок. До того ж, розраховані згідно з цими формулами інтервали для реальних геологічних швидкостей та кутів падіння променів можуть сягати кількох сотень метрів, що неприйнятно для високодеталізованих сейсморозвідувальних досліджень. На практиці ж, у рамках етапу розвідки родовищ, зазвичай використовують значення кроку між джерелами в межах 50–100 м, а між приймачами — 25–50 м, що дозволяє забезпечити формування бінів із характеристиками, максимально наближеними до ідеальних.

Визначення розмірів біна й кількості СТ у його межах

Бін відбиття є ключовим елементом у побудові 3D-системи спостережень, оскільки саме він визначає просторову дискретизацію відбитої хвильової інформації. Його розміри підбираються залежно від основної мети досліджень, бажаної просторової роздільної здатності та з урахуванням фінансових обмежень. У межах одного біна групуються сейсмічні траси, що мають близьке просторове положення. Геометрія біна може бути різною — від прямокутної та квадратної до круглої. Якщо бін має прямокутну форму, його розміри по координатах площини можуть відрізнятися, тобто $B_x \neq B_y$. Для квадратного біна ці значення рівні: $B_x = B_y = B$.

Далі розглянемо формулу, яка лежить в основі визначення допустимого лінійного розміру біна. Його максимальні розміри повинні відповідати критеріям, що гарантують необхідну точність локалізації відбиттів.

$$B < \frac{V_i}{4f \sin \alpha}$$

де V_i = інтервальна швидкість на рівні цільового об'єкта

f = максимальна частота сигналу від цільового об'єкта

α = кут нахилу / падіння

Ефективні параметри визначаються шляхом наближення реальної геологічної структури до умовно однорідного середовища. З цього випливає, що вздовж простягання геологічної границі розмір біна теоретично може бути довільно великим. Водночас зазначене припущення свідчить, що зі зростанням робочої частоти необхідно зменшувати як розмір самого біна, так і відстань між його центрами, оскільки це впливає на просторову роздільну здатність. І навпаки — при зменшенні частоти ці параметри можуть бути більшими.

Наприклад, якщо ефективна швидкість $V_{\text{еф}}=3600$ м/с, робоча частота $f=110$ Гц, а ефективний кут падіння $\alpha_{\text{еф}} = 9^\circ$, $q = \sin \alpha_{\text{еф}}$, тоді припустимий розмір біна складає 52 м. Якщо ж $\alpha_{\text{еф}} = 25^\circ$, то допустимий розмір біна зменшується до 19 м.

Як уже зазначалося, параметр K характеризує кількість серединних точок (СТ), що потрапляють у межі одного біна, не враховуючи при цьому номінальну кратність їхнього накладання. Зі збільшенням значення K підвищується якість подальшого аналізу даних, однак вибір його оптимального значення є частиною загального процесу розробки системи спостережень. При цьому варто враховувати взаємозв'язок K з іншими характеристиками зйомки, а також економічну доцільність реалізації тієї чи іншої конфігурації.

Визначення відстані між лініями збудження

Після визначення параметра P , стає можливим обчислення одного з ключових геометричних параметрів — відстані ДЛЗ між суміжними лініями збудження (у метрах), що є характерною величиною для ортогональної системи $x_n y_n$:

$$ДЛЗ_x = 10^6 / (B_x \times P) \quad (2.6)$$

Величина $ДЛВ_x$ (відстань між паралельними лініями збудження) визначається таким чином, щоб при заданій кількості одночасно активних каналів забезпечувалася необхідна кратність покриття (у нашому прикладі $N = 24$). У реальних умовах допускається як зменшення, так і збільшення цього параметра, однак варто враховувати, що при зростанні $ДЛВ_x$, наприклад, до певного значення за умови $B = 50$ м та $P = 40$, досягти потрібного рівня кратності $N = 24$ уже не вдасться.

У результаті проведених розрахунків сформовано набір параметрів для сейсмогеометричної схеми, які наведено в таблиці 2.2. Виходячи з цих даних, виконуються подальші обчислення ключових характеристик конфігурації за відповідними аналітичними виразами.

Таблиця. 2.2 - Результати, отримані після розрахунку основних параметрів

/п	Зміст параметрів	Числові значення
	Розмір біна по осі X, в метрах	25
	Розмір біна по осі Y, в метрах	25
	Необхідна кількість ПЗ на 1 кв.км площі	11
	Відстань між профілями збудження, в метрах	300

	Відстань між профілями прийому, в метрах	200
	Крок ПЗ, в метрах	100
	Крок ПП, в метрах	50
	Розмір зони Френеля	414
	Мінімальний винос ПЗ-ПП	0
0	Максимальний винос ПЗ-ПП	2000

Для формування геометрії системи спостережень застосовується програмне забезпечення MESA Expert, яке є потужним і універсальним інструментом для моделювання та оптимізації параметрів 3D-сейсморозвідувальних зйомок.

Системи спостереження в MESA Expert:

На основі отриманих даних у програмі MESA Expert виконується розрахунок ключових параметрів системи спостережень. Нижче наведено приклад послідовності дій, які ілюструють процес формування геометрії зйомки.

Після завантаження топографічної основи у середовище MESA (рис. 2.3), межі запланованої площі досліджень були визначені за допомогою інструмента Edit Exclusions. Наступним кроком є перехід у вкладку Layout та вибір опції Receiver. У вікні налаштувань (рис. 2.2) задаються параметри ліній прийому: у полі Inline Spacing встановлюється відстань між центрами сейсмогруп — 50 м, а у Crossline Spacing — міжлінійний інтервал для ліній збудження, що дорівнює 200 м.

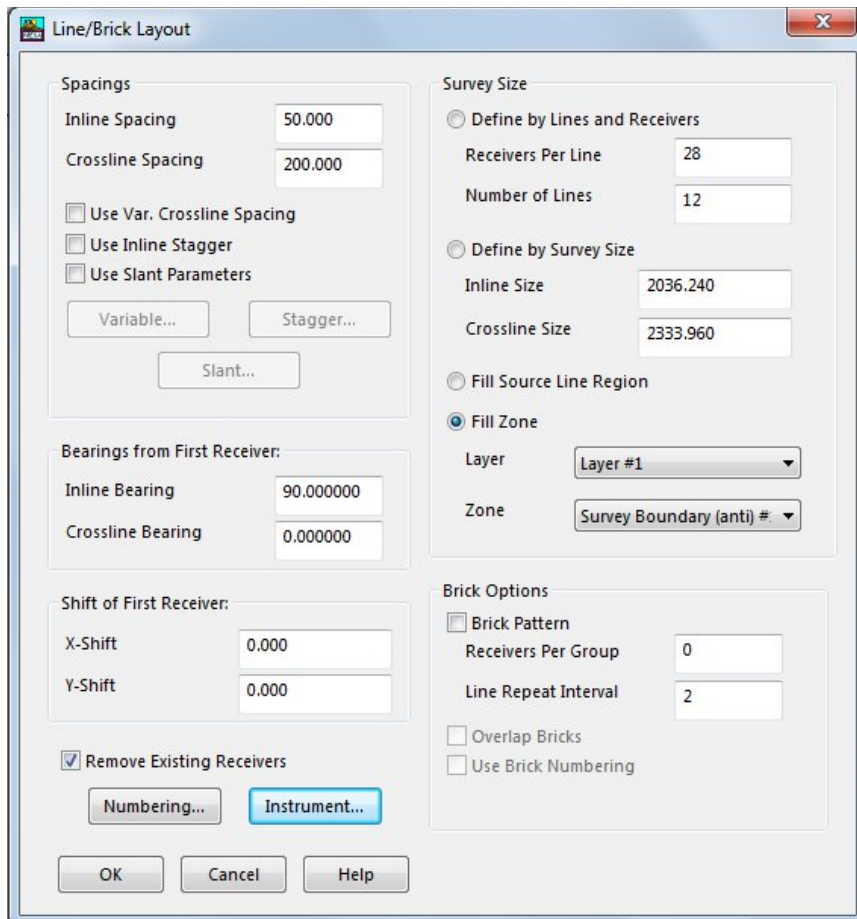


Рисунок 2.2 - Задавання параметрів ліній прийому

Вмикаємо опцію **Fill Zone**, щоб автоматично розмістити всі елементи в межах обраної ділянки. Натискаємо **OK**, після чого знову відкриваємо вкладку **Layout** і переходимо до розділу **Sources**. У результаті з'явиться діалогове вікно для налаштування параметрів збудження (див. рис. 2.5).

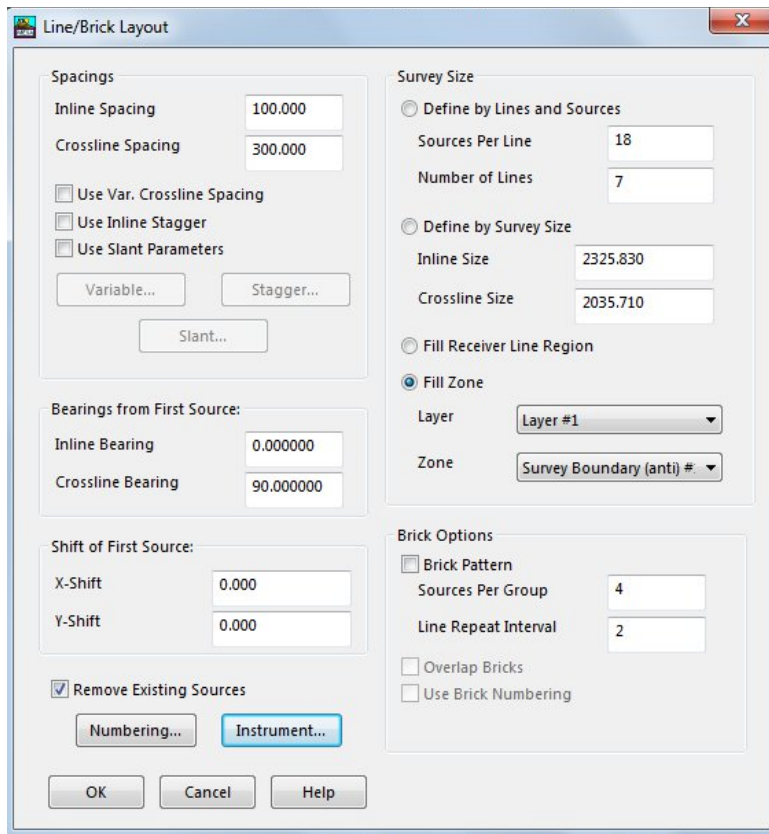


Рисунок 2.3 - Задавання параметрів ліній збудження

Аналогічно процесу, описаному для (рис. 2.4), заповнюємо параметри в новому віконці, де для збудження встановлюємо відстань між пікетами на 100 м, а між лініями збудження — 500 м. Після цього натискаємо ОК. Після того, як ми задали всі параметри для ліній прийому та збудження, система спостережень буде виглядати, як показано на (рис. 2.5).

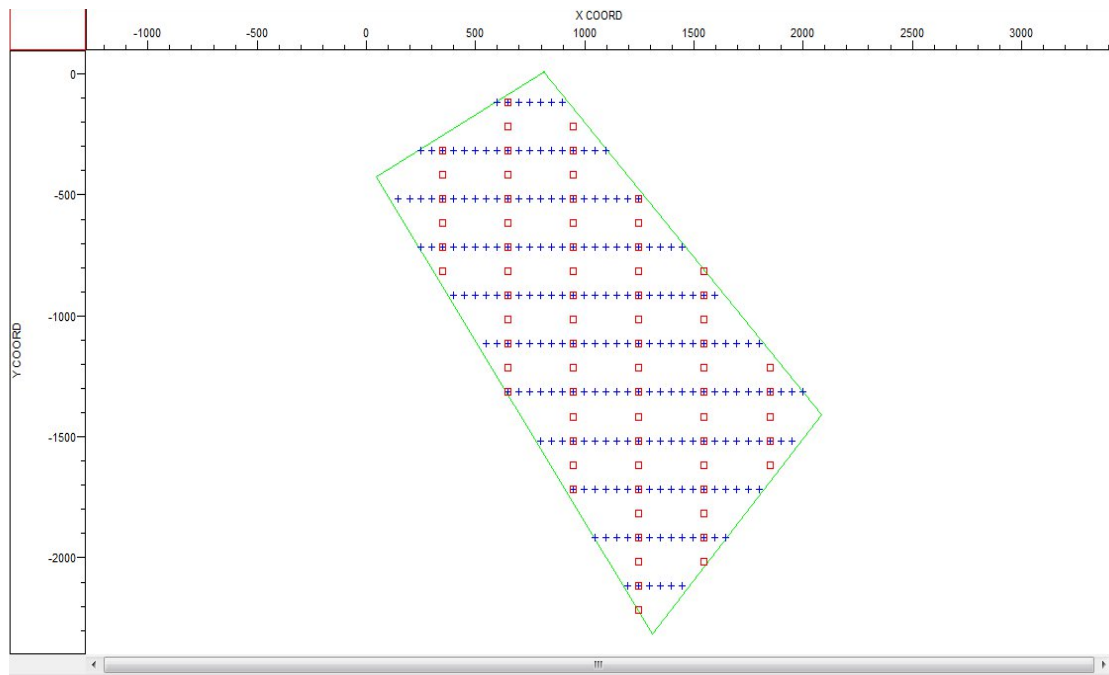


Рисунок 2.4 - Схема профілів

+ + + + + -профіля прийому
 □ □ □ -профіля збудження

Далі відкриваємо Bin Grid Settings (рис. 2.6) та встановлюємо параметри біна 25x25 м у заголовку Bin Size. Після цього натискаємо Auto Fit для автоматичного налаштування Grid Dimension. Це дозволить програмі оптимізувати розміри та розташування бінів в межах робочої площі.

Bin Definition

Grid Dimension

Specify Grid Size

Inline Grid Number: 75

Crossline Grid Number: 81

Bin Size

Inline Bin Size: 25.00000

Crossline Bin Size: 25.00000

Bin Grid Orientation

Specify Bin Position:

Bin Corner X: 146.720

Bin Corner Y: -2115.140

Line Bearing: 90.00000

Cursor Definition

Snap to Nearest Record

Define Centers Auto Fit

Fit To Multiple Databases

OK Cancel Help

Рисунок 2.5 - Задання параметрів біна

Shoot

Automatic Shooting Options

Automatic Template Centering

Salvo Shooting

AutoCenter Options...

Template Roll On/Off

Offset Shooting

Offset Options...

Rectangular Shooting

Rect. Options...

Fire All Sources

Template Options

Select Template:

Mesa Generated(1214)

Unshoot Survey

Delete

Delete All

Consolidate

Edit Templates...

Create Template...

Display template during shoot

Sequential Roll Shooting

Label Shooting

Swath Sequence Shooting

General Sequence Shooting

Snap to 1/4 Roll-on

Use Starting Sources

Starting Source Selection...

Edit Shooting Sequence...

Shooting Via File Import

Import Templates

Interactive Shooting

Manual Shoot

Shooting Grid

Use Shooting Grid

Grid...

Filtering

Use Line Filtering

Line Filters...

Shoot Done Help

Рисунок 2.6 - Вибір параметрів функції прострілу

Далі натискаємо кнопку Bin Analysis/Fold Calculation, і перед нами з'являється віконце (Рис. 2.7) для розрахунку кратності. Встановлюємо галочку в полях Fold, Offsets і Azimuth для розрахунку кратності разом з зміщеннями та азимутами. Після цього натискаємо ОК.

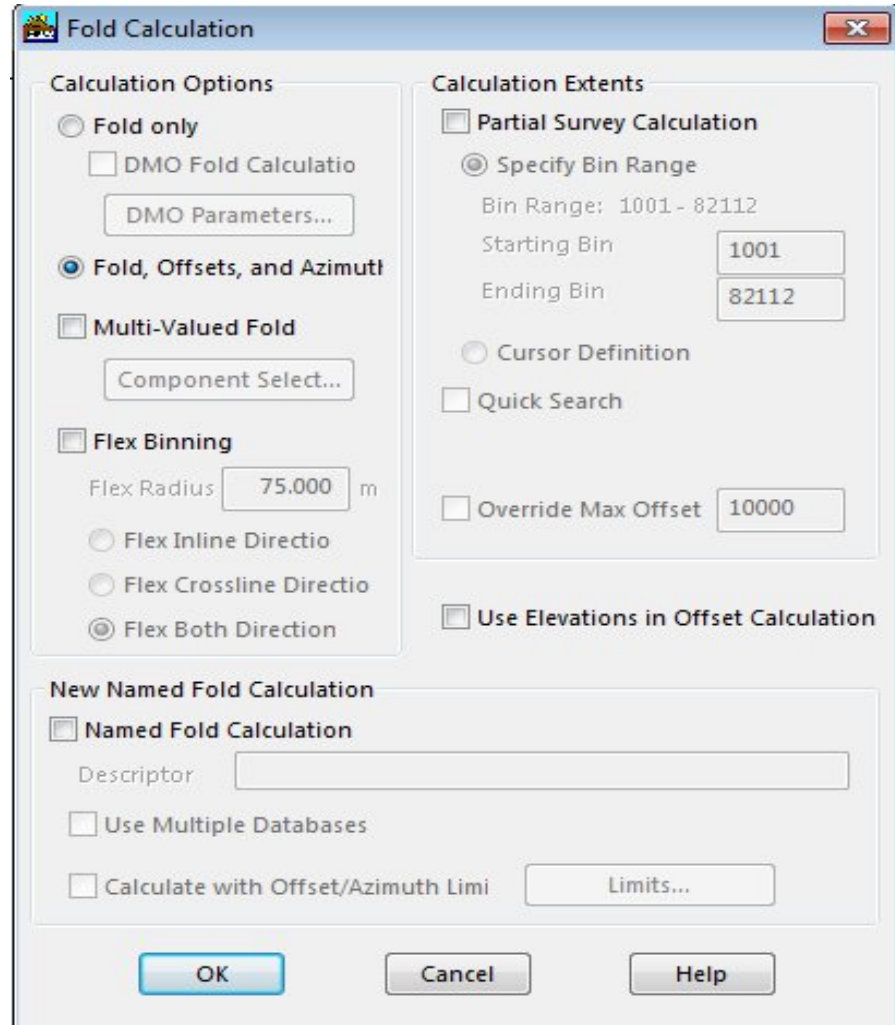


Рисунок 2.7 - Задавання умов розрахунку кратності, зміщення, і азимутів

Далі натискаємо кнопку Fold Graph, і на екрані з'являється зображення кратності на системі спостереження.

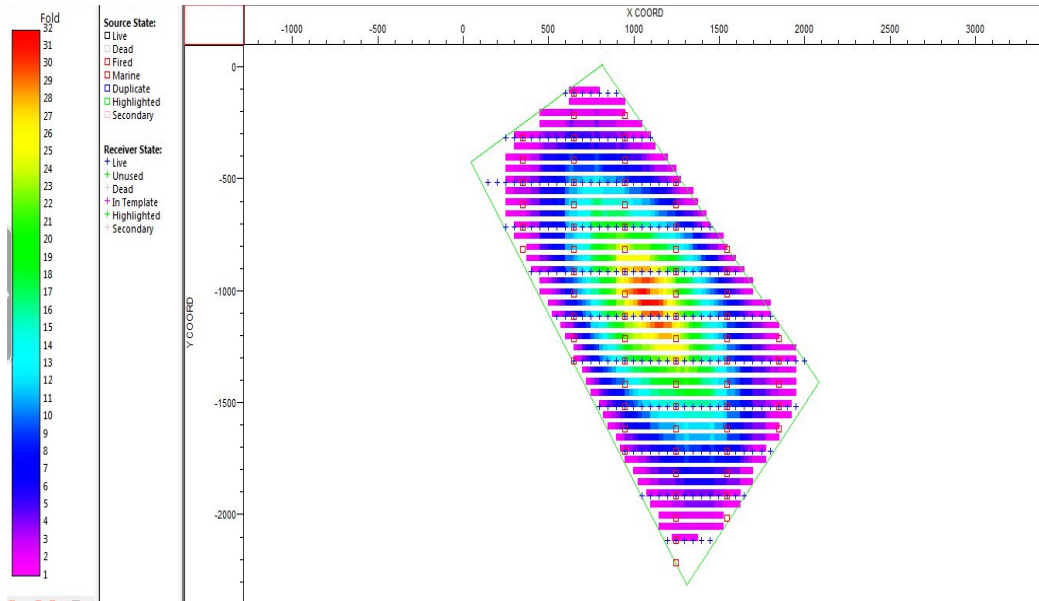


Рисунок 2.8 - Зображення кратності на системі спостереження

Натискаючи кнопку Azimut Graph, ми отримуємо графік азимутів на системі спостереження.

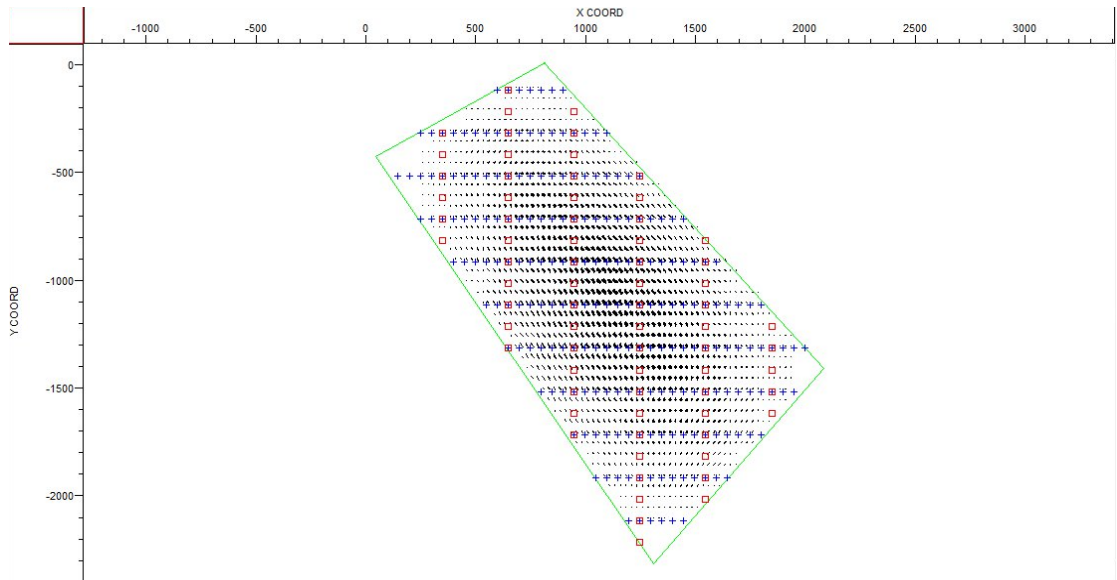


Рисунок 2.9 - Зображення графу азимутів на системі спостереження

Натискаючи кнопку Offset Graph, ми отримуємо зображення зміщенняв на робочій системі.

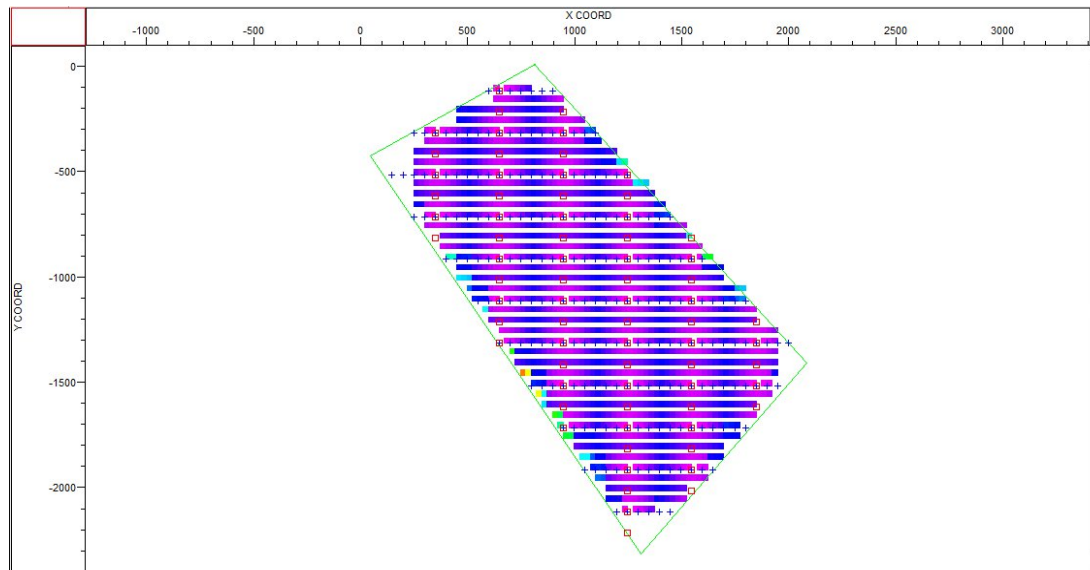


Рисунок 2.10 - Зображення графу зміщенняу на робочій системі

2.3 Дослідно-методичні роботи

Для визначення параметрів збудження та прийому пружних коливань перед початком польових робіт проводитимуться спеціальні дослідні роботи, з метою: • підбору параметрів свіп-сигналу; • аналізу хвильової картини та спектрального складу сейсмічних коливань; • визначення оптимальної кількості накопичень для одного збудження. Для вибору параметрів збудження буде створено субмеридіональний дослідний профіль із кроком пунктів прийому 50 м у межах контуру 3D спостережень. Групи сейсмоприймачів (по 12 одиниць у групі) розміщуватимуться вздовж профілю з базою 50 м. Профіль для досліджень обиратиметься в тектонічно спокійній зоні, що забезпечує отримання чітких і корельованих відбиттів від цільових горизонтів у широкому діапазоні глибин для визначення оптимальних параметрів збудження та прийому.

2.4 Методика і техніка обробки та інтерпретації матеріалів

2.4.1 Специфіка ряду процедур обробки даних 3D

Більшість процедур обробки даних 2D і 3D збігаються, зокрема однотрасові процедури, як-от балансування, одноканальна деконволюція чи фільтрація. Однак низка багатоканальних процедур враховує тривимірний характер даних, включаючи: • бінування (розподіл даних на двовимірні біни); • ДМО; • корекцію статичних поправок; • розрахунок статички за заломленими хвилями; • придушення регулярних хвиль-перешкод; • міграцію; • придушення нерегулярних перешкод (FXY-деконволюція); • глибинну міграцію до підсумовування. Ці 3D-процедури не можуть бути замінені подвійним застосуванням 2D-аналогів. Наприклад, послідовна 2D-міграція по осях X і Y не еквівалентна однопрохідній 3D-міграції. Для якісної обробки 3D даних необхідні спеціалізовані програми для тривимірних задач.

2.4.2. Типовий граф обробки 3D даних

1. Граф і параметри обробки обираються на основі тестування матеріалів на контрольних профілях.

2. Різноманітність процедур дозволяє підібрати оптимальний граф обробки. Типовий граф включає:

- демультимплексування польових даних із відновленням польового посилення;
- введення геометрії спостережень (X, Y координати, пункти збудження/прийому, перевищення, апріорні статичні поправки);
- об'єднання сейсмічних даних із геометрією;
- заповнення заголовків трас;
- накладання сітки та бінування;
- контроль якості геометрії;
- редагування сейсмограм/трас;
- придушення середньо- чи низькошвидкісних хвиль-перешкод із урахуванням нерівномірного спектру;
- регулювання амплітуд у заданому вікні;
- тестування параметрів деконволюції;
- одноканальна пророча деконволюція;
- тестування параметрів фільтрації;
- смугова фільтрація;
- сортування за бінами;
- введення статичних і кінематичних поправок за апріорним швидкісним законом;
- формування сумарного куба;
- виведення контрольних перетинів;
- аналіз швидкостей у вузлах сітки (не рідше 1×1 км);
- створення куба швидкостей підсумовування;
- 3D-корекція статички;

- введення уточнених статичних і кінематичних поправок;
- повторне формування сумарного куба;
- повторення циклу корекції за необхідності;
- придушення кратних хвиль із контролем якості;
- корекція залишкових фазових зсувів і формування остаточного куба;
- створення куба швидкостей міграції з контролем якості;
- однопрохідна 3D-міграція;
- нульфазова деконволюція по розрізу;
- смугова фільтрація;
- придушення нерегулярних перешкод (FXY-деконволюція);
- підготовка остаточних результатів.

2.4.3. Особливості контролю якості обробки 3D даних

1. Для забезпечення надійності результатів застосовуються процедури контролю якості, які залежать від графа обробки. Набір процедур може варіюватися залежно від поставлених завдань.

2. Більшість етапів контролю якості для 2D і 3D збігаються, але для 3D є специфічні аспекти.

3. Замість перегляду всього обсягу даних виводяться лише контрольні перетини з кроком, що залежить від розміру куба та геологічної моделі (наприклад, 1 км).

4. Для аналізу геометричних даних (X, Y координати, статика, перевищення тощо) використовуються двовимірні карти-планшети, що допомагають виявити помилки.

5. Аналіз карти кратності після бінування дозволяє виявити помилки в параметрах сітки (початок координат, кут повороту).

6. Контроль на етапах геометрії, деконволюції, фільтрації, корекції статика та придушення перешкод аналогічний 2D, але з більшим обсягом контрольних перетинів.

7. Особлива увага приділяється контролю швидкісної інформації для підсумовування чи міграції. Швидкості задаються у вузлових точках, а методи просторової інтерполяції потребують додаткової перевірки. Куби швидкостей аналізуються так само, як сейсмічні куби, з отриманням вертикальних і горизонтальних перетинів.

У другому розділі бакалаврської роботи обґрунтовано вибір і розроблено методику проведення 3D-сейсмічних досліджень на Північно-Залужанській площі з метою уточнення геолого-тектонічної будови та підготовки нафтогазоперспективних об'єктів до буріння. Враховуючи складну тектонічну будову Крукеницької западини, неоднорідність геологічного середовища та рельєф місцевості, підтверджено доцільність застосування тривимірної сейсморовідки як основного методу.

Запропонована методика базується на використанні цифрової телеметричної сейсмостанції Input/Output-2 з ортогональною системою спостережень, що забезпечує 32-кратне перекриття та високу просторову роздільну здатність. За допомогою програмного забезпечення MESA Expert виконано детальне проєктування геометрії сітки спостережень, включаючи розрахунок розмірів бінів (25×25 м), кроків між пунктами збудження (100 м) і прийому (50 м), а також відстаней між лініями. Вибір вібраторного джерела (АНV4-362 PLS) забезпечує стабільну якість сигналу, а геодезична прив'язка з GPS підвищує точність розташування елементів системи.

Описано дослідно-методичні роботи для оптимізації параметрів збудження та прийому пружних коливань, а також методику обробки й інтерпретації даних, включаючи специфіку 3D-процедур (бінування, ДМО, міграція, FXY-деконволюція) і контролю якості. Розроблена методика відповідає сучасним технологічним стандартам і забезпечує надійну основу для побудови точних структурних моделей, зниження ризиків буріння та підвищення ефективності розвідки нафтогазового потенціалу Північно-Залужанської площі.

ВИСНОВОК

У ході виконання бакалаврської роботи було розраховано параметри системи спостереження методу спільної глибинної точки на Північно-Залужанській площі. Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю вдосконалення геолого-геофізичних моделей у межах Передкарпатського прогину, де тривалий час спостерігалось зниження ефективності пошуково-розвідувального буріння через брак просторової деталізації.

Роботою було досягнуто низку цілей, подано літолого-стратиграфічну характеристику, обґрунтовано застосування 3D сейсмозв'язки як ключового методу для досягнення поставлених цілей. Було реалізовано планування оптимальної геометрії сітки спостережень із урахуванням літолого-геофізичних характеристик об'єкта та рельєфу території. Використано систему Input/Output-2 з 32-кратним перекриттям, що забезпечило якісну реєстрацію хвильового поля. Параметри бінової сітки, кратності й відстаней між джерелами та приймачами було розраховано на основі швидкісних характеристик середовища. Особливу увагу приділено геофізичній інтерпретації.

Застосування цифрових систем обробки та візуалізації даних, зокрема програмного середовища MESA Expert, продемонструвало високу ефективність комплексного підходу.

У підсумку слід зазначити, що за результатами, які були розраховані на основних параметрах, такі:

- Розмір біна по осі X: 25 метрів
- Розмір біна по осі Y: 25 метрів
- Необхідна кількість точок джерел на 1 кв. км площі: 11
- Відстань між профілями джерел: 300 метрів
- Відстань між профілями приймачів: 200 метрів
- Інтервал точок джерел: 100 метрів
- Інтервал точок приймачів: 50 метрів
- Розмір зони Френеля: 414 (ймовірно, метри)

- Мінімальне співвідношення джерело-приймач: 0
- Максимальний зсув: 2000

Застосування параметрів системи спостереження методу спільної глибинної точки в умовах складної геологічної будови Передкарпаття може бути рекомендована для масштабного впровадження в аналогічних геолого-структурних районах України з метою оптимізації пошукових і розвідувальних заходів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тектоніка Українських Карпат, В. С. Буров, І. Б. Вішняков, В. В. Глушко, ін., Київ 1986 р., 152 с.
2. Галецький Л. С. Атлас геологія і корисні копалини України / Л. С. Галецький. — Київ 2001 р.
3. Продайвода Г.Т. Сейсморозвідка / Г.Т. Продайвода, О.А. Трипільський, С.С. Чулков: Підручник для вузів. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008, 351 с.
4. Г. Т. Продайвода, П. М. Кузьменко, А. П. Тищенко, О. А. Трипільський. Сейсмометрія. ВПЦ “Київський університет”, 2018.
5. Вижва С.А., Тищенко А.П. Математична обробка сейсмічних даних: навчальний посібник. Київ: Київський університет, 2013. 153 с.
6. Розловська С.Є. Сейсморозвідка : конспект лекцій (частина 1). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. – 146 с.
7. Розловська С.Є. Сейсморозвідка : конспект лекцій (частина 2). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 102 с.
8. Розловська, С. Є. Проектування площинних систем спостережень у сейсморозвідці[Текст] : метод. вказівки / С. Є. Розловська, Н. С. Ганженко. – Івано-Франківськ ІФНТУНГ, 2013. – 133 с.
9. Стародуб, Ю. П. Сейсморозвідка : ел. лекції / Ю. П. Стародуб. – Івано-Франківськ ІФНТУНГ, 2017. – 200 с.
10. Вижва С.А., Тищенко А.П. Математична обробка сейсмічних даних: навчальний посібник. Київ: Київський університет, 2013. 153 с.

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема магістерської роботи: “Розрахунок параметрів системи спостереження методу спільної глибинної точки на Північно-Залужанській площі “

Пояснювальна записка до магістерської роботи містить 53 сторінок, 11 рисунків, 4 таблиці.

Графічний матеріал (презентація містить 10 слайдів)

дата _____ підпис _____ Тимур ЩЕРБАХА