

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.НЗ – 06.00.00.000 ПЗ

Група НЗФ-22-1

Чорній

Ольга Василівна

2026

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Міністерство освіти і науки України**

Факультет природничих наук
Кафедра нафтогазової геофізики

Чорній Ольга Василівна .
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 550.835

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Особливості формування просторового розподілу статичних поправок для
(назва роботи)
3D сейсморозвідки

Нафтогазова геофізика .
(назва освітньої програми)

103 «Науки про Землю» .
(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і
текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело**

Здобувач освітнього ступеня О. В. Чорній .
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Розловська Світлана Євгеніївна, к.геол.н., доцент .
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
в. о. завідувача кафедри

доцент С. М. Багрій .
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

м. Івано-Франківськ — 2026 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Факультет природничих наук
Кафедра нафтогазової геофізики
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Спеціальність 103 «Науки про Землю»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри НГГ

доц. Федорів В.В.
“ ____ ” _____ 2026 р.

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

Чорній Ользі Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Особливості формування просторового розподілу статичних поправок для 3D сейсморозвідки

Керівник роботи Розловська Світлана Євгеніївна

Затверджені наказом закладу вищої освіти від “07” квітня 2026 р. №165/7.

2. Строк подання студентом роботи 5 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Завдання на бакалаврську роботу. Геолого-геофізичні дані з вивчення Безпалівської площі. Спеціалізована література.

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

1) Вступ

2) Загальна геолого-геофізична характеристика Безпалівської площі.

3) Статичні поправки та методи їхнього визначення.

4) Польові дослідження та обробка матеріалів.

5) Висновки. Перелік використаних джерел. Додаток.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація бакалаврської роботи в обсязі 14 слайдів

6.Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 07 квітня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Формулювання мети і завдання роботи	07.04.2026– 13.04.2026	виконано
2.	Аналіз джерел і вихідних даних	14.04.2026– 22.04.2026	виконано
3.	Опрацювання апріорної геологічної інформації Безпалівської площі. Написання розділу 1	23.04.2026– 04.05.2026	виконано
4.	Аналіз результатів визначення параметрів ЗМШ методами мікросейсмокаротажу та заломлених хвиль. Побудова залежності величин апріорної статичної поправки від альтитуди точок спостереження та визначення її аналітичної характеристики. Написання розділу 2	05.05.2026– 16.05.2026	виконано
5.	Розрахунок апріорних статичних поправок для всіх пунктів приймання та збудження для сейсмічної зйомки 3D на досліджуваній площі. Побудова моделі просторового розташування поверхні ЗМШ. Написання розділу 3.	17.05.2026– 28.05.2026	виконано
6.	Написання висновків та переліку посилань на джерела.	29.05.2026– 01.06.2026	виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки, підготовка презентації та графічного матеріалу до захисту.	02.06.2026– 05.06.2026	виконано

Студент

(підпис)

Чорній О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Розловська С.Є.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврську роботу викладено на 62 сторінках, містить 22 рисунки, додаток. Використано 15 джерел.

Бакалаврська робота присвячена дослідженню особливостей формування просторового розподілу статичних поправок для 3D сейсморозвідки. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення точності сейсморозвідувальних досліджень в умовах складної будови верхньої частини розрізу та впливу рельєфу місцевості на якість сейсмічних записів.

Метою роботи є формування підходу до визначення статичних поправок у просторових системах спостережень сейсморозвідки з урахуванням параметрів зони малих швидкостей та рельєфу поверхні. Для досягнення поставленої мети було проаналізовано геологічну будову площі досліджень, виконано обробку та інтерпретацію матеріалів мікросейсмокаротажу і методу заломлених хвиль, визначено залежність величини апріорної статичної поправки від альтитуди пунктів спостереження і проведено розрахунок статичних поправок для 3D сейсмічної зйомки.

У роботі застосовано результати польових досліджень методами мікросейсмокаротажу та заломлених хвиль по 28 точках спостережень. На основі отриманих даних побудовано аналітичну залежність між величиною статичної поправки та висотними відмітками пунктів збудження і приймання. Виконано інтерполяцію статичних поправок на усю площу досліджень і зведено просторову модель зони малих швидкостей.

3D СЕЙСМОРОЗВІДКА, СТАТИЧНА ПОПРАВКА, ВЕРХНЯ ЧАСТИНА РОЗРІЗУ, ЗОНА МАЛИХ ШВИДКОСТЕЙ, МІКРОСЕЙСМОКАРОТАЖ, МЕТОД ЗАЛОМЛЕНИХ ХВИЛЬ.

ABSTRACT

The bachelor's thesis comprises 62 pages, includes 22 figures and an appendix. It draws on 15 sources.

This bachelor's thesis is devoted to investigating the characteristics of the spatial distribution of static corrections for 3D seismic surveys. The relevance of this topic stems from the need to improve the accuracy of seismic surveys in conditions where the upper part of the section has a complex structure and where the terrain influences the quality of seismic records.

The aim of the thesis is to develop an approach for determining static corrections in spatial seismic observation systems, taking into account the parameters of the low-velocity zone and surface topography. To achieve this objective, the geological structure of the study area was analyzed, microseismic logging and refracted wave data were processed and interpreted, the dependence of the a priori static correction on the elevation of observation points was determined, and static corrections for 3D seismic surveys were calculated.

The study utilized the results of field investigations using microseismic logging and refracted wave methods at 28 observation points. Based on the obtained data, an analytical relationship was established between the magnitude of the static correction and the elevation elevations of the source and receiver points. The static corrections were interpolated over the entire study area, and a spatial model of the low-velocity zone was constructed.

3D SEISMIC SURVEY, STATIC CORRECTION, UPPER PART OF THE SECTION, LOW-VELOCITY ZONE, MICROSEISMIC LOGGING, REFRACTION METHOD.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗПАЛІВСЬКОЇ ПЛОЩІ.....	8
1.1 Географо-економічна характеристика району робіт	8
1.2 Огляд, аналіз та оцінка раніше проведених робіт	9
1.3 Геологічна характеристика площі робіт	12
1.3.1 Літолого-стратиграфічна характеристика розрізу.....	12
1.3.2 Тектоніка.....	19
1.3.3 Нафтогазоносність	23
2 СТАТИЧНІ ПОПРАВКИ ТА МЕТОДИ ЇХНЬОГО ВИЗНАЧЕННЯ.....	27
2.1 Поняття статичних поправок	27
2.2 Розрахунок статичних поправок.....	27
2.3 Корекція статичних поправок.....	29
2.4 Сучасні методи визначення статичних поправок у сейморозвідці.....	34
3 ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ	38
3.1 Польові дослідження мікросейсмокаротажу.....	38
3.2 Польові роботи методом заломлених хвиль	40
3.3 Обробка матеріалів МСК та МЗХ	41
3.4 Розрахунок статичних поправок для зйомки 3D	46
ВИСНОВОК.....	52
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТОК.....	56

ВСТУП

Широкий перехід від лінійних до просторових систем спостереження у сейсморозвідці неодмінно спричинив потребу застосовувати нові підходи в обробці та інтерпретації даних, зокрема і для визначення статичних поправок, які є надважливим етапом в обробці польового сейсмічного матеріалу, оскільки зміна рельєфу, товщини верхньої частини розрізу (ВЧР) та швидкостей у зоні малих швидкостей (ЗМШ) суттєво впливає на якість сейсмічних записів через викривлення осей синфазності. Основним підходом щодо послаблення цього спотворення є застосування статичних поправок, які усувають вплив змінної товщини ВЧР і рельєфу поверхні спостережень, покращуючи якість прослідковування хвиль.

У випадку використання лінійної методики багатократного перекриття, статичні поправки обчислюються за швидкістю в корінних породах, тоді як для непоздовжніх систем або просторових систем спостережень потрібна додаткова інформація про ЗМШ, які з основних сейсморозвідувальних досліджень визначити неможливо. Для вивчення параметрів ЗМШ застосовують мікросейсмокаротаж (МСК) та метод заломлених хвиль (МЗХ), із подальшою інтерполяцією для точок між вимірами.

Актуальність роботи полягає вдосконаленні методів отримання та застосування статичних поправок для просторових сейсмічних досліджень, що має критичне значення для забезпечення точності сейсморозвідувальних робіт.

Метою роботи є формування підходу визначення статичних поправок у просторових системах спостереження сейсморозвідки з урахуванням впливу рельєфу поверхні та параметрів зони малих швидкостей.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено такі **завдання**:

1. Опрацювати апріорну геологічну інформацію про площу досліджень.

2. Проаналізувати результати визначення параметрів ЗМШ методами мікросейсмокаротажу та заломлених хвиль.

3. Побудувати залежність величини апіорної статичної поправки від альтитуди точок спостереження та визначити аналітичну характеристику цієї залежності.

4. Розрахувати апіорні статичні поправки для всіх пунктів приймання та збудження для сейсмічної зйомки 3D на досліджуваній площі та побудувати модель просторового розташування поверхні ЗМШ.

Об'єкт дослідження: геологічна будова верхньої частини розрізу площі дослідження.

Предмет дослідження: статичні поправки для сейсмічної 3D зйомки.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження сприятимуть підвищенню точності сейморозвідувальних даних шляхом мінімізації впливу рельєфу і ЗМШ на якість сейсмічних записів. Запропоновані підходи визначення просторового розподілу статичних поправок можуть бути впроваджені у практику сейморозвідувальних досліджень, забезпечуючи покращення якості прослідковування хвиль та зменшення похибок при побудові геологічних моделей.

1 ЗАГАЛЬНА ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗПАЛІВСЬКОЇ ПЛОЩІ

1.1 Географо-економічна характеристика району робіт

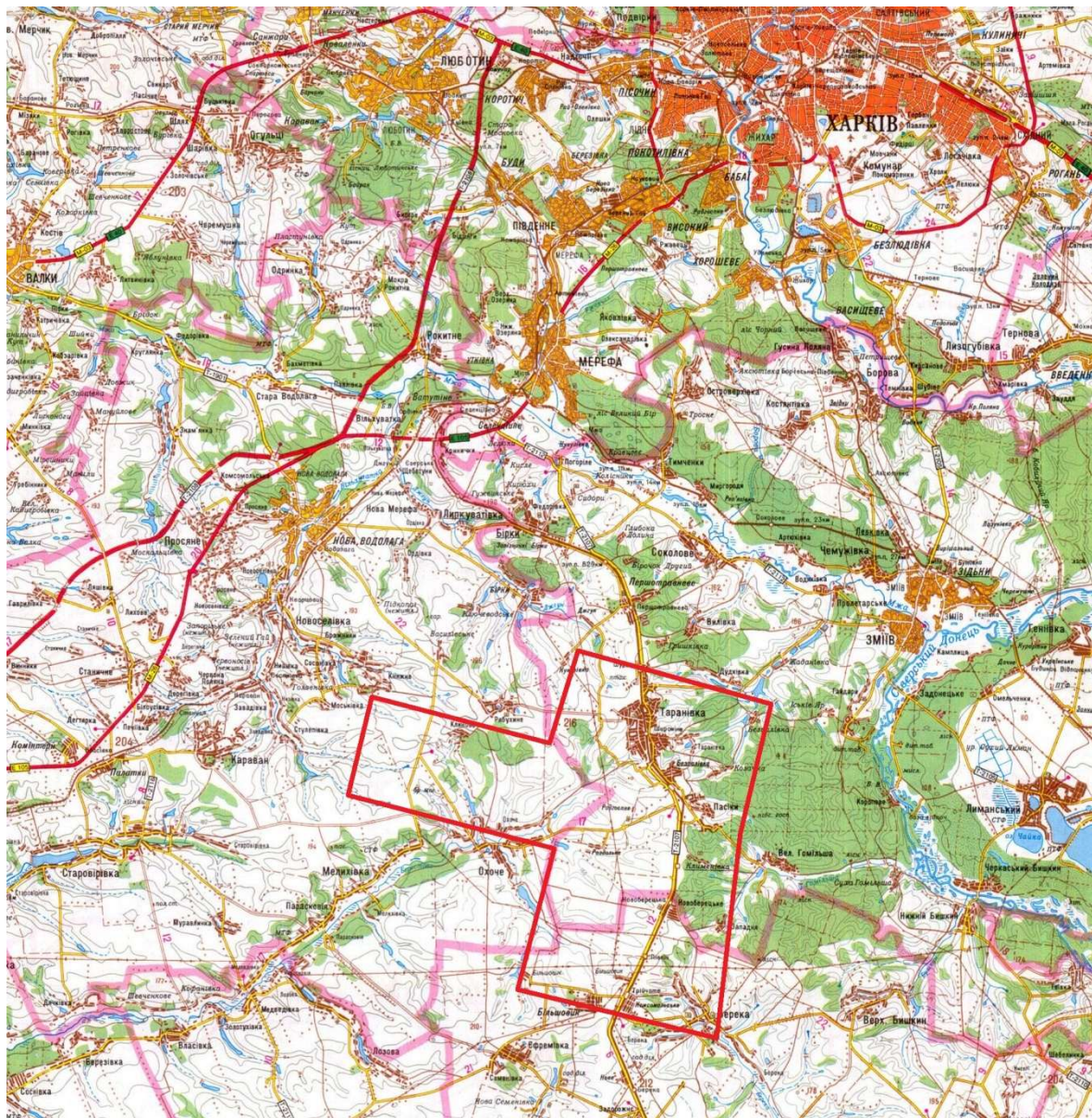
В адміністративному плані територія проведення робіт розміщується у межах Нововодолазького та Зміївського районів Харківської області [1].

З географічної позиції досліджувана місцевість являє собою горбисту рівнину, пересічену річковими долинами, ярами і балками. Зона дослідження знаходиться на вододільному просторі між річками Берестова та Мжа. Найвищі точки рельєфу розташовані на плато вододілів і сягають висоти близько 216,2 м, тоді як найнижчі позначки зосереджені на ділянках річкових долин і сягають 128,1 м над рівнем моря (рисунок 1.1) [1].

Гідрографія району представлена річками Сіверський Донець, Берестова, Ольховатка, Мжа, Ольшанка, Гомильша, а також численними сезонними водотоками і ставами. Річкові долини здебільшого вкриті чагарниками й мають заболочені ділянки [1].

Клімат регіону помірно континентальний. Середньорічна температура становить приблизно $+8^{\circ}\text{C}$. Глибина промерзання ґрунту коливається від 30 до 60 см. Кількість опадів за рік не перевищує 600 мм, з найбільшим скупченням у весняний та осінній періоди. Зима триває переважно з грудня до березня, найбільш холодні місяці – січень і лютий із середньомісячними температурами близько -12°C . Висота снігового покриву може сягати 30–50 см. Липень є найтеплішим місяцем із середньою температурою від $+20$ до $+25^{\circ}\text{C}$. Період весняного бездоріжжя зазвичай припадає на березень-квітень, а осіннього – на листопад-грудень [1].

Район має переважно сільськогосподарську спрямованість, він досить густо заселений. Більшість місцевих мешканців залучена до аграрного сектору. Промисловість здебільшого представлена переважно дрібними об'єктами місцевого значення [1].



1.2 Огляд, аналіз та оцінка раніше проведених робіт

На досліджуваній площі протягом минулих років було здійснено чималий обсяг геолого-геофізичних робіт [1].

Сучасні уявлення про геологічну будову району сформовані на підставі даних різних видів геофізичних досліджень, зокрема гравіметричних, магнітометричних, електророзвідувальних та сейсморозвідувальних. Останні проводилися із застосуванням методів КМЗХ, МВХ та МСГТ. Вагому інформацію також здобуто під час структурно-картувального і пошукового буріння, а також у процесі багаторазового аналізу та переінтерпретації накопичених геологічних і геофізичних матеріалів [1].

Гравіметричні дослідження на цій території площі розпочалися у 1949 році. За результатами робіт, виконаних у 1949–1951 рр., було визначено наявність негативної аномалії сили тяжіння, що пов'язується з соляним тілом Рябухинського штоку. Подальші гравіметричні дослідження, здійснені у 1975–1991 роках, підтвердили існування цього штоку. На основі отриманих даних було побудовано структурно-тектонічні карти за щільнісними межами та окреслено перспективні ділянки для пошуку локальних структур [1].

Електророзвідувальні роботи із використанням методу вертикального електричного зондування були проведені у 1957 році. За результатом виконаних досліджень було складено геоелектричний розріз території, що дозволило уточнити особливості геологічної будови району [1].

У 1968–1969 роках на цій території виконано аеромагнітну зйомку. Отримані результати показали наявність слабо варійованого позитивного магнітного поля, в межах якого локальні структури осадового чохла майже не виявляються [1].

Найбільш змістовними для вивчення геологічної будови району стали результати сейсморозвідувальних досліджень, виконаних методами МВХ, МСГТ і КМЗХ, а також дані буріння свердловин. Узагальнення матеріалів, отриманих за регіональними профілями КМЗХ і МСГТ, дало змогу визначити особливості будови кристалічного фундаменту, простежити характер його занурення, а також встановити наявність розломів, виступів та інших структурних елементів. У перебігу цих досліджень було виділено Рябухинську западину та Таранівський виступ. В осадовій товщі над ними фіксуються

Рябухинський соляний шток, а також Кленівська, Козачківська та Безпалівська структури [1].

У 1972–1974 роках було виконано повторну інтерпретацію та узагальнення сейсмічних даних у районі Рябухино–Волохівка. У підсумку у кам'яновугільних відкладеннях були встановлені Таранівське, Безпалівське, Лавриківське, Східно-Рябухинське, Північно-Рябухинське і Західно-Рябухинське підняття. Матеріали досліджень за профілем 31/83 стали підставою для обґрунтування буріння параметричної свердловини №671 на Безпалівській площі. Під час її випробування у 1990 році з відкладів московського ярусу (продуктивний горизонт М-2, інтервал 4484–4491 м) було отримано промисловий приплив газу з дебітом 135 тис. м³ на добу та конденсату – 13 т/добу через діафрагму діаметром 8 мм. Того ж року родовище було занесено до Державного балансу [1].

Досліджувана територія також вивчалася сейсморозвідувальними роботами методом МСГТ у породах пермського та кам'яновугільного віку. За результатами цих досліджень було уточнено геологічну будову Рябухинської, Кленівської, Княжинської та Безпалівської структур [1].

У 2007–2009 роках співробітниками УкрНДІгазу було підготовлено і затверджено у Державній комісії України по запасах корисних копалин «Геолого-економічну оцінку запасів Безпалівського газоконденсатного родовища Харківської області (станом на 01.01.2010 р.)» [1].

У межах Безпалівської площі було пробурено ряд свердловин: №1, 2, 3, 3s2, 3-bis, 4, 50, 51, 52 та 671. У результаті буріння було розкрито розріз осадових порід від четвертинних відкладів до кам'яновугільних утворень, що належать до башкирського ярусу середнього карбону. Отримані результати свідчать про складну геологічну будову пастки, а також про ключову роль літологічних чинників у процесі її формування [2].

1.3 Геологічна характеристика площі робіт

1.3.1 Літолого-стратиграфічна характеристика розрізу

Згідно з даними буріння свердловин та результатами сейсморозвідувальних досліджень з'ясовано, що геологічну будову досліджуваної території формують осадові породи палеозойського, мезозойського і кайнозойського віку [1].

Відклади кам'яновугільної системи добре досліджені за даними буріння численних свердловин як у межах досліджуваної площі, так і на сусідніх родовищах – Мелихівському, Медведівському, Єфремівському та інших. Кам'яновугільні породи залягають на давніших утвореннях зі стратиграфічною незгідністю та представлені відкладами нижнього, середнього і верхнього відділів [1].

Найдавніші відклади нижнього карбону, виявлені на північ від району досліджень, відносяться до *серпухівського ярусу*. У літологічному плані вони представлені переважно глинистими породами з прошарками пісковиків, алевролітів і зрідка вапняків. Пісковики мають темно-сірий або сірий колір, вирізняються дрібною та середньою зернистістю і кварцовим складом. У верхній частині розрізу фіксується зростання кількості й потужності вапнякових прошарків. Виявлена потужність нижньокам'яновугільних відкладів сягає близько 492 м (рисунок 1.2) [1].

Відклади середнього карбону представлені *башкирським та московським ярусами*, які неузгоджено залягають на нижньокам'яновугільних породах. Загальна потужність відкладів середнього карбону коливається у великих межах – від 111 до 897,5 м [1].

Башкирський ярус утворений переважно пластами пісковиків та алевролітів сірого і зеленувато-сірого кольору.

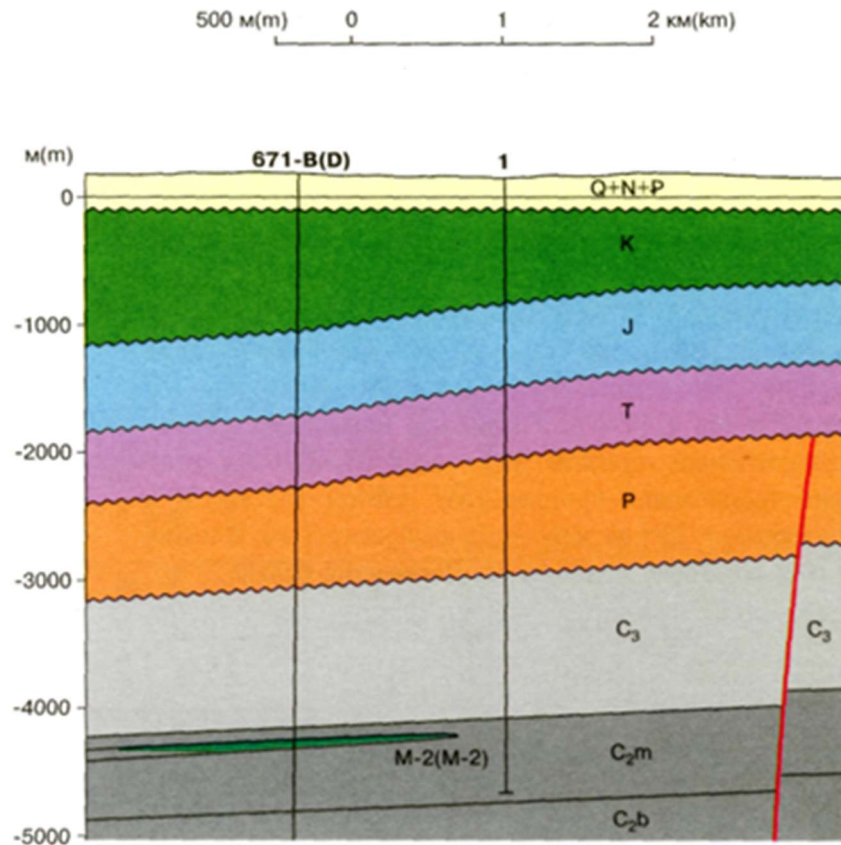


Рисунок 1.2 – Геологічний розріз по лінії I–I

Пісковики мають поліміктовий склад, вирізняється дрібною та тонкою зернистістю, а також слабкою чи середньою відсортованістю. Потужність окремих піщаних пластів сягає 5–20 м. Аргіліти поширені помірно і залягають у формі тонких прошарків. Відклади цього ярусу виявлені свердловиною №671 на глибині 161 м, при цьому його підосва знаходиться у нижній частині комплексу С25, що відповідає донбаському кам'янському комплексу. У межах цього комплексу широко представлені пісковики й алевrolіти сірого і зеленувато-сірого забарвлення. Пісковики, що відповідають регіональному горизонту Б-1, характеризуються поліміктовим складом, дрібно- та дрібнозернисті, товщиною від 5 до 20 м. Аргіліти зустрічаються локально і мають невелику потужність [1].

Московський ярус перекриває нижчий комплекс незгідно, причому його підосва розташована у межах кам'янської свити. Верхня частина цієї свити

вміщує чергування пачок алевролітів, пісковиків та аргілітів з окремими прошарками карбонатних порід і, місцями, присутнє вугілля. Пісковики, які є аналогами регіонально продуктивного горизонту М-6, мають переважно сіре забарвлення, а за мінеральним складом належать до олігоміктових і поліміктових. Разом з алевролітами вони займають головне місце в розрізі [1].

Алмазна свита (С26) за своїм літологічним складом подібна до кам'яньської свити. У її межах пісковики утворюють регіональні горизонти М-4 та М-5.

Лисичанська свита (С27) відзначається рівномірним чергуванням пісковиків та алевролітів з глинистими породами різної піскуватості. Піщано-алевритові пачки відповідають регіональним горизонтам М-2 та М-3 Дніпровсько-Донецької западини. Прощарки вапняків і пласти вугілля зустрічаються у розрізі відносно рідко [1].

Ісаївська свита (С31) складена тими ж літологічними типами порід, що й підстилаючі утворення, однак у її складі домінують піщано-алевритові породи. Межа між середнім та верхнім відділами кам'яновугільної системи залягає всередині цієї свити по підосві вапняку N2. У межах московської частини свити виділяється регіональний горизонт М-1, який на площі має промислову продуктивність [1].

Найбільша потужність московського ярусу, виявлена в межах родовища, складає приблизно 705 м.

Розріз середнього карбону має складну будову та характеризується поліфаціальною товщею піщано-алевритових, глинистих і карбонатних порід з поодинокими прошарками вугілля. Подібний розріз є типовим для відкладів цього віку на суміжних структурах Дніпровсько-Донецької западини. У відкладах московського та верхньої частини башкирського ярусу домінують теригенні породи, тоді як карбонатні утворення формують окремі ізольовані пласти і більш поширені у нижній частині башкирського ярусу. За аналогією з утвореннями, відомими як «башкирська плита» [1].

За результатами детальних літологічних, петрографічних, фізичних, хімічних та спектральних досліджень вірців кернів зі свердловин №600 і №800 встановлено, що середньокам'яновугільні пісковики Шебелинського району вміщують тонкі прошарки алевролітів та аргілітів. Для них притаманна паралельна, хвиляста і перехресно– хвиляста, з дрібною, дрібною і середньою структурою. Мінеральний склад виповнений кварцом, польовим шпатом, слюдою та уламками різних порід, серед яких зустрічаються кременисті, карбонатні й інколи ефузивні. Цемент порід здебільшого глинисто-карбонатний або регенераційно-кварцовий [1].

Алевроліти вирізняються слабо вираженою хвилястою шаруватістю, відзначаються значною щільністю і міцністю. У їхньому складі часто трапляються включення вуглецевої речовини. Мінеральний склад є поліміктовим, а цемент – глинистим або глинисто-карбонатним [1].

Аргіліти мають темно-сіре або чорне забарвлення, характеризуються пластинчастою фрагментацією та горизонтальною шаруватістю. На поверхнях нашарування помітні дрібні лусочки слюди. У породі часто спостерігається черепашковий детрит і розсіяний пірит. За даними рентгеноструктурних та електронно-мікроскопічних досліджень, глинисті сланці складаються переважно з гідрослюди, каолініту і хлориту [1].

Накопичування порід відбувалося переважно в умовах лагунних, затокових і болотистих фацій прибережної рівнини.

Карбонатні породи московського і верхнього башкирського ярусів у розрізі Шебелинського родовища представлені мікрозернистими та глинистими вапняками з домішками доломіту, анкериту або сидериту. Органічна речовина розподілена нерівномірно і може сягати 30–40 %. У породі зустрічаються кварцові домішки алевроитового розміру. Вторинні зміни проявляються здебільшого у перекристалізації органічних залишків. Органогенно-детритові вапняки трапляються відносно нечасто [1].

Вугілля у розрізі представлене тонкими прошарками потужністю до 10 см, які залягають серед алевролітів або аргілітів.

Верхньокам'яновугільні відклади залягають на породах московського ярусу середнього карбону, представлених вапняково-глинистими товщами, без стратиграфічної неузгодженості. До їх складу входять *касимвський та гжельський яруси*. Згідно з літологічними і палеонтологічними ознаками в розрізі виділяють *ісаївську, авилівську та араукаритову свити* [1].

Касимвський ярус охоплює верхню частину ісаївської та авилівської свити (C_3^2). Для нього характерні потужні товщі пісковиків, аргілітів і алевролітів. Вапняки й вугілля трапляються у вигляді малопотужних пластів і мають другорядне значення в розрізі. Потужність піщаних пластів може сягає 25–40 м [1].

Гжельський ярус представлений араукаритовою свитою (C_3^3) та нижньою частиною картамиської свити (C_3^{kt}).

Араукаритова свита поділяється на дві частини – нижню і верхню. Нижня частина складена чергуванням темно-сірих аргілітів із зеленувато-сірими кварцовими пісковиками дрібно- та середньозернистих, кварцових пісковиків і алевролітів. Верхня частина переважно складена аргілітами та глинами. Відклади відзначаються строкатим забарвленням, що свідчить про поступову зміну режиму морського басейну у бік обміління у другій половині араукаритового часу та перехід до континентальних умов на початку пермського періоду [1].

Кам'яновугільна частина картамиської свити представлена червоно- та строкатозабарвленими глинистими сланцями, які чергуються з шарами алевролітів, дрібнозернистих пісковиків і вапняків.

Пісковики верхнього карбону зазвичай мають поліміктовий або мезоміктовий склад. Вони вміщують кварц, польові шпати, гідрослюди, уламки кременю, інколи ефузивні породи, а також включення піриту й рослинного детриту. Цемент порід полікомпонентний – каолінітово-гідрослюдисто-кальцитовий, місцями спостерігається регенераційно-кварцовий. Породи переважно дрібно- та середньозернисті, алевритисті, часто зазнали вторинної карбонатизації [1].

Алевроліти за мінералогічним складом подібні до пісковиків і характеризуються дрібною чи грубою зернистістю. Аргіліти часто мають алевритову домішку, містять вуглефіковані рештки рослин, іноді слабо карбонатизовані і піритизовані. Основними мінералами є гідрослюди, хлорит і каолінит із домішками сидериту [1].

Породи нижньокартамиської підсвити верхньокам'яновугільного віку (Сзкт) об'єднані у горизонти Г-4-6. В межах площі досліджень максимальна розкрита потужність верхньокам'яновугільних відкладів становить 1239,5 м (свердловина №2 Безпалівської площі) [1].

У північно-східному напрямку спостерігається поступове зменшення потужності кам'яновугільного комплексу.

Пермська система представлена відкладами нижнього відділу, до яких належать *картамиська, микитівська, слов'янська свити асельського ярусу* та *краматорська свита* самарського ярусу. Вони залягають на карбонових породах із розмивом, причому межа проходить у межах картамиської свити. За літологічними ознаками виділяються теригенні (картамиська свита) та хемогенні (микитівська, слов'янська і краматорська свити) утворення [1].

Верхньокартамиська підсвита представлена теригенною товщею червонобарвних із прошарками сіробарвних глин, алевролітів і різнозернистих пісковиків з поодинокими вапняками. У приштокових зонах формуються шлейфові відклади з покращеними колекторськими властивостями, хоча загалом пісковики характеризуються невисокою ємністю і нерівномірним поширенням. Розкрита потужність складає 187–295 м [1].

Микитівська свита утворена святогорською та торською ритмопачками. Для неї притаманне ритмічне чергування потужних пластів кам'яної солі (до 80 м) з ангідритами, доломітами, вапняками, строкатими глинами, алевролітами та пісковиками. Максимальна потужність сягає 308 м.

Слов'янська свита має схожий літологічний склад до микитівської, проте у більш молодих відкладах помітне зменшення частки теригенного матеріалу і зростання ролі хемогенних порід (кам'яна сіль, ангідрити).

Потужність свити змінюється залежно від ступеня деформації порід соляним штоком і коливається від 99 до 515 м [1].

Краматорська свита поширена на певній відстані від штоку і переважно складена кам'яною сіллю з прошарками калійно-магнієвих солей та інших хомогенних утворень. Її потужність змінюється від 18,5 до 244–304 м [1].

Загальна потужність нижньопермських відкладів становить від 919 до 1413 м.

Мезозойські відклади представлені тріасовою, юрською та крейдовою системами. Мезокайнозойські формування поширені на усю територію досліджень і з кутовим та стратиграфічним неузгодженням перекривають різновікові породи нижньої пермі [1].

Тріасова система охоплює усі відділи. Нижній тріас представлений дронівською свитою, яка з перервою і кутовою неузгодженістю перекриває пермські відклади. Вона складена щільними червоноколірними глинами з прошарками алевритово-піщаних порід [1].

Середній і верхній тріас представлені *серебрянською та протопівською свитами*. У цій частині розрізу переважають світло-сірі та зеленувато-сірі пісковики, конгломерати та строкаті глини з прошарками вапняків і алевролітів. Загальна товщина тріасових відкладів на Безпалівській площі сягає приблизно 563 м [1].

Юрська система трансресивно перекриває тріасові утворення зі значною стратиграфічною неузгодженістю. На досліджуваній площі юрські відклади представлені середнім та верхнім відділами [1].

Середній відділ включає *байоський, батський і келловейський яруси*, складені сірими різнозернистими пісковиками та блакитно-сірими тонкошаруватими глинами із включеннями сидериту.

Верхній відділ виповнений *оксфордським і кімериджським ярусами*, які складаються з голубуватих і строкатих глин, оолітових вапняків, пісковиків і алевролітів. Товщина юрських відкладів коливається від 597 до 684 м [1].

Крейдова система з розмивом залягає на покрівлі юрських відкладів. *Нижньокрейдові відклади* представлені сірими різнозернистими пісками та пісковиками, а також сірими вуглистими глинами.

Верхньокрейдовий комплекс містить *сеноманський, туронський, коньякський, сантонський, кампанський і маастрихтський яруси*.

Сеноман характеризується кварцовими пісковиками і пісками сірого кольору, тоді як решта розрізу верхньої крейди сформована потужною товщею білої писальної крейди з прошарками мергелів. Товщина верхньокрейдових відкладів складає 610–830 м [1].

Палеогенова система залягає з великою стратиграфічною неузгодженістю на крейдових породах. Вони представлені світло-сірими піскуватими мергелями, зеленувато-сірими дрібно- та середньозернистими пісками і глинами. Загальна товщина сягає близько 210 м.

Неогенова система представлена відкладами *полтавської свити* – жовтуватого-сірого пісками з прошарками піскуватих слюдисто-карбонатних глин.

Четвертинна система сформована переважно делювіальними та алювіальними утвореннями, вираженими червоно-бурими в'язкими глинами і суглинками, а також пісками і супісками. Загальна товщина неогенових та антропогенових систем становить 247–254 м [1].

1.3.2 Тектоніка

У тектонічному аспекті досліджувана територія розташована у південно-східній частині приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини, у межах Хрещищенсько-Єфремівського структурного валу, який ускладнений соляними штоками та тектонічними порушеннями глибинного залягання субширотними простяганнями [1].

У мезозойсько-палеозойській частині розрізу виразно простежуються два структурні поверхи, розділені значною передмезозойською перервою в осадконакопиченні. За мезозойським структурним планом у межах валу

формуються антиклінальні підняття над соляними штоками і прогини між ними. Палеозойський структурний план суттєво відрізняється від мезозойського і характеризується наявністю похованих брахіантиклінальних складок, розміщених між штоками та просторово суміщених із мезозойськими міжкупольними прогинами [1].

Будову кристалічного фундаменту визначено за матеріалами регіональних профілів КМЗХ. Згідно з отриманими даними, відносно структур поверхні фундаменту досліджувана площа належить до Таранівського виступу та Рябухинської западини. Виступ розчленований на блоки субмеридіональними розломами. Глибина залягання фундаменту в межах території варіюється від 11,5 до 13,5 км, зростаючи у південно-західному напрямку. На фундаменті залягає осадова товща з моноклінальним падінням верств. На цьому фоні сформовані позитивні структурні форми, додатково ускладнені диз'юнктивними порушеннями [1].

Район робіт характеризується проявами соляного тектогенезу, що виявляється формуванням діапирів із передмезозойським рівнем підйому соленосних порід. Це підтверджується наявністю соляних штоків – Рябухинського, який розташований безпосередньо в межах досліджуваної площі, а також прилеглих Нововодолазького, Парасковіївського, Східно-Ведмедівського та інших (рисунок 1.3) [1].

Рябухинський соляний шток, що ускладнює осадову товщу в межах досліджуваної території, є соляним тілом грибоподібної форми з передмезозойським рівнем підняття солей. Для нього характерний добре розвинений козирок, який може виступати у ролі ефективного екрана для пасток вуглеводнів у приштоковій зоні. Має чітко виражений козирок, що може слугувати ефективним екраном для пасток вуглеводнів у приштоковій зоні. У розрізі на всіх структурних планах Рябухинський шток фіксується у вигляді ділянки без відбиттів від трасованих горизонтів, що збільшується з глибиною. Таке явище може бути пояснено як зростання розмірів ніжки штоку, так і

наявністю навколо неї зони подрібнення чи крутим заляганням вміщуючих порід [1].

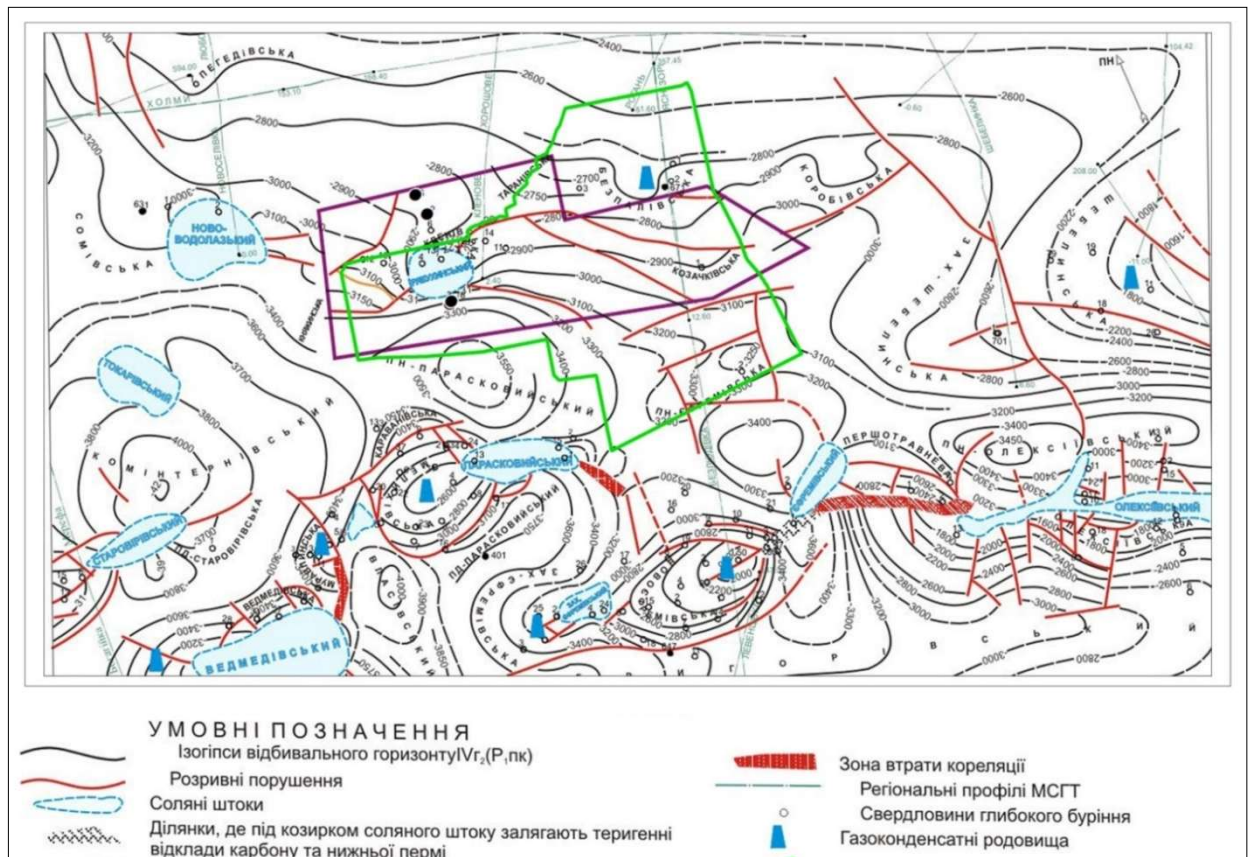


Рисунок 1.3 – Структурно-тектонічна карта району досліджень

У межах мезозойського комплексу над соляним штоком сформована Рябухинська брахіантиклінальна структура субширотного простягання. Східна її перикліналь більш витягнута та полого, тоді як західна – коротша й більш крута. Північне крило додатково порушене субширотним розривом.

Структурні плани нижньо- та середньокам'яновугільної товщі (серпухівських і башкирських відкладів) загалом подібні. Для цієї частини розрізу характерне поступове збільшення потужності осадового чохла у напрямку на південний захід. Моноклінальний схил розчленований низкою субширотних і субмеридіональних порушень і ускладнений розвитком

Княжинського, Таранівського та Безпалівського структурних носіїв субмеридіонального напрямку (рисунк 1.4) [1].

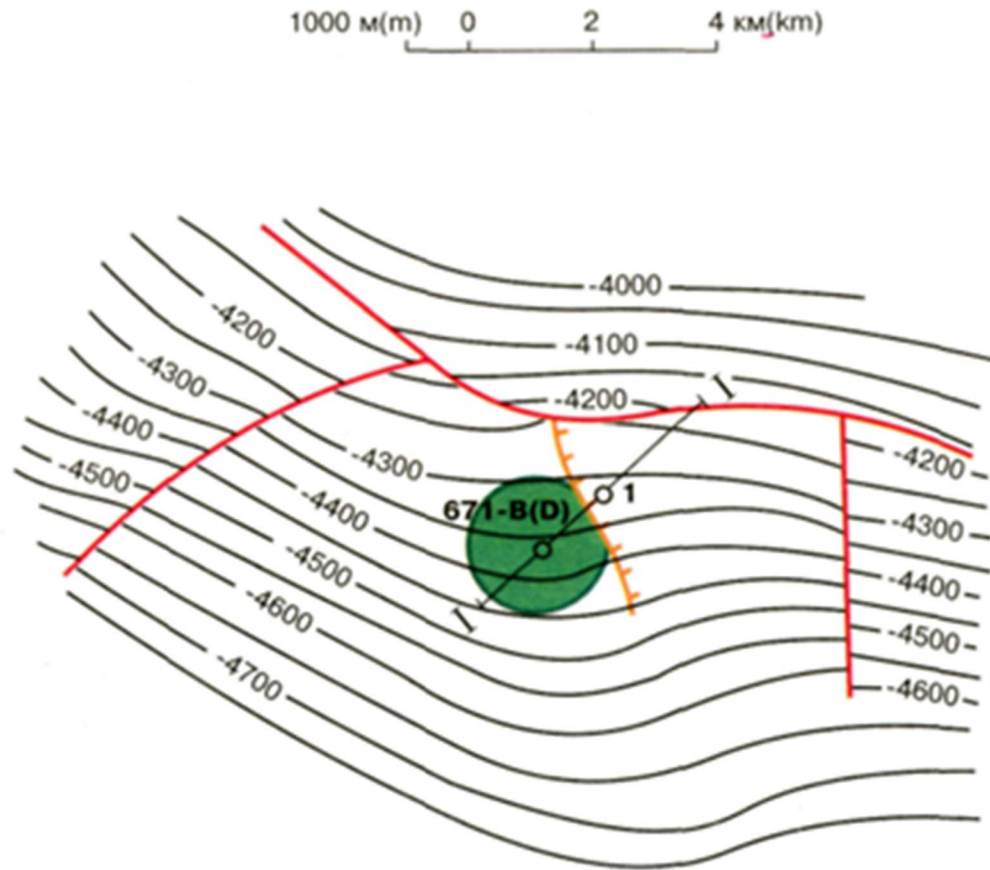


Рисунок 1.4 – Структурна карта продуктивного горизонту М-1в

У східній частині площі розвинена Безпалівська складка, яка у карбонових відкладах проявляється як широкий структурний ніс, межі якого по склепінню визначаються субширотним розривним порушенням. Західне її крило ускладнене поперечним розломом. У молодших відкладах структурні форми вирізняються більшою чіткістю, тоді як у глибших горизонтах вони швидко виположуються. У нижньопермській товщі Безпалівське підняття трасується як замкнена полого брахіантиклінальна структура північно-західного простягання [1].

1.3.3 Нафтогазоносність

Безпалівське газоконденсатне родовище знаходиться в межах Рябухинсько-Північно-Голубівського газоносного району Дніпровсько-Донецької западини. У цьому районі продуктивні горизонти приурочені до середньокарбонівих відкладів (московських та башкирських) та нижньокарбонівих товщі (серпухівської й верхньовізейської) [1,3].

Більшість родовищ у межах району належать до неантиклінальних пасток літологічного чи тектонічного типу (Шуринське, Борисівське), а також до слабкоамплітудних занурених піднятів (Волоховське, Коломацьке). Єдиний промисловий поклад – горизонт М-1н, який належить до першої групи. Окрім нього, у межах Безпалівського родовища у горизонтах М-1в, М-5 та М-6 зафіксовано три поклади газу і конденсату [1].

Горизонт М-1в знаходиться у покрівлі московського шару та представлений піщаниковим пластом із ефективною товщиною 1 м у свердловині № 671. За даними ГДС пористість складає 9,5 %, газонасиченість – 57 %. У свердловині № 1 аналогічний інтервал складений щільним алевролітом. Промислова цінність покладу наразі не з'ясована: він підтверджений лише у свердловині № 671 у відкритому стовбурі на глибинах 4435–4536 м (разом із горизонтом М-1н), де отримано приплив газу без визначення продуктивності. Відповідно, запаси пласта М-1в у межах радіуса 1 км віднесено до категорії 332 [1].

У напрямку падіння пластів на південь поклад обмежений НГВП на абсолютній відмітці –4236,7 м у підшві колектора. Інша частина поширення горизонту М-1в у межах Безпалівського тектонічного блоку належить до перспективних ресурсів (клас 333) та обмежена на північному сході зоною літологічного заміщення піщаника алевролітами між свердловинами № 671 і № 1. Таким чином, поклад М-1в є шаруватим, літологічним і, ймовірно, частково тектонічно екранованим. Його розміри складають $4,5 \times 1,9$ км у плані та 210 м у розрізі. Через малу ефективну товщину він не простежується за падінням пласта, тому запаси не підраховуються [1].

Горизонт М-1н також є продуктивним. Його розкрили обидві свердловини: за даними ГДС встановлено наявність піщаного колектора з пористістю 11–17,5 % і газонасиченістю 60–80 %. Ефективна товщина горизонту зменшується на північний схід – від 6,0 м у свердловині № 671 до 0,8 м у свердловині № 1. На підставі динаміки виснаження покладу проведено умовну лінію літологічного розмежування на 200 м на північний схід від свердловини № 1 [1].

Під час випробувань у свердловині № 671 (інтервал 4484–4491 м) отримано дебіт газоконденсатної суміші 136 тис. м³/добу при діафрагмі 8 мм. У свердловині № 1 у відкритому стовбурі випробувано глибини 4385–4417 м, проте через технічні обмеження дані про насиченість не отримано.

Поклад горизонту М-1н розробляється з 1995 року (свердловина № 671); видобуто 107 млн м³ газу та 6 тис. т конденсату [1].

У районі свердловин № 671 і № 1 виділено поле достовірно розвіданих ресурсів (клас 111), обмежене НГВП на глибині –4289 м. На північному сході межа визначається заміщенням пісковика, а на заході – умовною лінією між серединою відстані до крайньої точки контуру НГВП і відповідними межами літологічного заміщення. Інша частина Безпалівського блоку над НГВП, до тектонічних порушень на півночі й заході, віднесена до ресурсів класу 122. Таке окреслення прийняте рішенням робочої наради ДКЗ України від 11.06.2010 з огляду на неможливість точного визначення меж дренавання свердловиною № 671 [1].

Перспективні ресурси газу класу 333 (категорія С3) у напрямку падіння пластів простягаються до абсолютної позначки –4304,2 м – до рівня подвоєної товщини покладу, де встановлено УГВК. Висота покладу М-1н складає близько 235 м, площа – 6,5 × 3,2 км, тип пастки – шарувата, літологічно й тектонічно відсічена [1].

Горизонт М-5 встановлено у свердловині № 671. За ГДС він характеризується пористістю 8,5 %, газонасиченістю 68 %, ефективною товщиною 4,4 м та залягає на глибинах 5004,8–5012,8 м. Під час випробування

разом із горизонтом М-6 (4966–5081 м) отримано приплив газу 5,1 тис. м³/добу. Навколо свердловини № 671 визначено поле попередньо розвіданих ресурсів (клас 332) радіусом 1000 м, обмежене НГВП у підшві пласту на відмітці –4811,3 м. Інша площа віднесена до ресурсів класу 333 за падінням пластів до рівня УГВК на –4819,3 м. Поклад характеризується шаруватістю, тектонічним екрануванням, висотою 190 м і розмірами 8,5 × 2,1 км [1].

Горизонт М-6 у свердловині № 671 складений двома піщаними пластами в інтервалі 5071,6–5091,2 м. За промисловими ГДС пористість складає 8,5 %, газонасиченість – 75 %, сумарна ефективна товщина – 4,8 м. Горизонт розвідано разом із М-5, а запаси визначено аналогічно, з підстилаючими межами на абсолютних глибинах –4889,6 та –4909,2 м. Контури покладу становлять 8,5 × 2,5 км, висота – 235 м [1].

Висновок по розділу.

У підсумку аналізу геолого-геофізичних матеріалів з'ясовано, що Безпалівська площа розташована у межах Нововодолазького та Зміївського районів Харківської області і характеризується відносно сприятливими природно-географічними умовами для проведення геофізичних досліджень і бурових робіт. Територія має рівнинний рельєф, розвинену гідрографічну мережу та помірно континентальний клімат.

Досліджуваний район протягом тривалого періоду вивчався комплексом геолого-геофізичних методів, зокрема гравіметрією, магнітометрією, електророзвідкою та сейсморозвідкою. Найбільш інформативними виявилися сейсморозвідувальні дослідження методами КМЗХ, МВХ і МСГТ, результати яких разом із даними буріння дали змогу детально вивчити геологічну будову території і виділити основні структурні елементи.

У межах району виявлено наявність Рябухинської западини та Таранівського виступу, а також супутніх їм локальних елементів, серед яких Безпалівська структура. Буріння свердловин підтвердило складну геологічну

будову пастки та важливу роль літологічних чинників у формуванні покладів вуглеводнів.

Отже, підсумки попередніх досліджень вказують на задовільний рівень геолого-геофізичної дослідженості Безпалівської площі та підтверджують потенціал наступних детальних геофізичних пошуків задля уточнення геологічної будови і визначення нафтогазоносності території.

2 СТАТИЧНІ ПОПРАВКИ ТА МЕТОДИ ЇХНЬОГО ВИЗНАЧЕННЯ

2.1 Поняття статичних поправок

Нерівності рельєфу поверхні спостережень, зміни потужності верхньої частини розрізу, а також варіацій поширення пружних хвиль у зоні малих швидкостей суттєво впливають на часові параметри реєстрації цільових відбиттів у сейсмічних даних. Унаслідок цього відбувається деформація осей синфазності на сейсмограмах, що ускладнює якісне простеження цільових хвиль як на сейсмограмах, так і на часових розрізах і тривимірних сейсмічних кубах. Покращення якості сейсмічних матеріалів досягається шляхом введення попередньо розрахованих часових зсувів, відомих як статичні поправки [4].

Статична поправка визначається як сумарний час проходження хвилі від умовної лінії приведення до пунктів збудження та прийому. Її застосування дозволяє компенсувати вплив змін рельєфу поверхні та неоднорідностей ВЧР на результати сейсмічних досліджень.

Оскільки швидкість поширення сейсмічних хвиль у верхній частині розрізу, як правило, значно нижча порівняно з корінними породами, відбиті хвилі в цій зоні поширюються переважно у близькому до вертикального напрямку. Це зумовлює те, що величина статичної поправки практично не залежить від позірної швидкості хвиль і часу їх приходу [4]

2.2 Розрахунок статичних поправок

Статичні поправки зазвичай вводять у два етапи. Спочатку обчислюють та вводять попередні (розрахункові) поправки, які є загальною оцінкою потрібних величин. На другому етапі виконують уточнення отриманих значень шляхом виявлення і усунення похибок, що дозволяє відкоригувати попередньо введені поправки та підвищити їх точність [4].

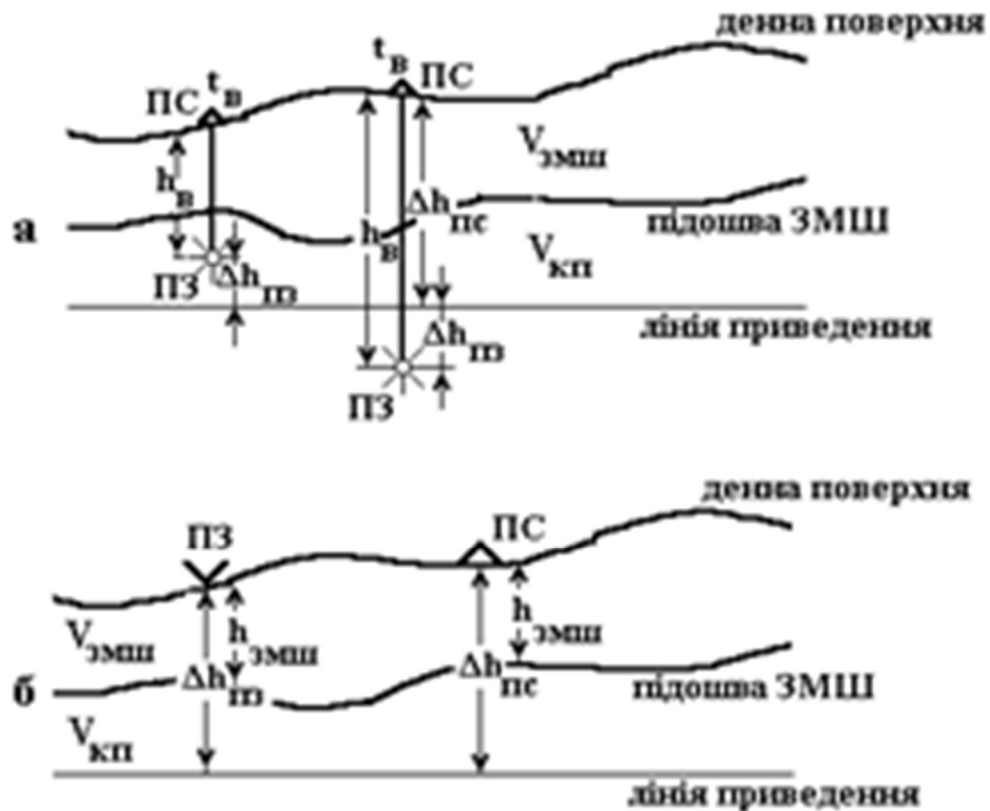


Рисунок 2.1 – Приклад розташування джерел збудження та точок спостереження (а – збудження під зоною малої швидкості; б – збудження на денній поверхні)

Типові варіанти розміщення джерел збудження у ВЧР наведено на рисунку 2.1. У першому випадку пункт збудження розміщується у вибуховій свердловині, глибина якої перевищує потужність ЗМШ. При цьому заряд може знаходитися як вище, так і нижче площини приведення (рисунку 2.1, а). Для приведення фактичних спостережень до умов умовної горизонтальної площини приведення необхідно ввести відповідні часові поправки. Зокрема, у часи приходу хвиль вводяться дві складові: поправка, пов'язана з розташуванням пункту збудження $\Delta t_{ПЗ}$, та поправка, що враховує положення пункту спостереження $\Delta t_{ПС}$. Як випливає з рисунку 2.1, а, поправка для пункту збудження визначається відповідним співвідношенням

$$\Delta t_{ПЗ} = \frac{\Delta h_{ПЗ}}{V_{КП}}, \quad (2.1)$$

де $\Delta h_{ПЗ}$ – відстань від точки збудження до лінії приведення; $V_{КП}$ – швидкість розповсюдження пружних хвиль у корінних породах.

Аналогічно розраховується поправка за пункт спостереження

$$\Delta t_{ПС} = \frac{\Delta h_{ПС} - h_{ЗМШ}}{V_{КП}} + \frac{h_{ЗМШ}}{V_{ЗМШ}}, \quad (2.2)$$

де $V_{ЗМШ}$ – швидкість розповсюдження пружних хвиль в зоні малих швидкостей; $\Delta h_{ПС}$ – відстань від точки спостереження до лінії приведення; $h_{ЗМШ}$ – товщина ЗМШ під точкою спостереження [4].

Якщо поправка, пов'язана з пунктом спостереження, визначається відносно пункту збудження, а самі пункти збудження розміщені з високою щільністю (що характерно для систем багатократного перекриття), таку поправку можна записати як

$$\Delta t_{ПС} = t_B - \frac{h_B - \Delta h_{ПС}}{V_{КП}}, \quad (2.3)$$

де h_B – глибина закладання заряду або глибина вибухової свердловини; t_B – вертикальний час, або час пробігу хвилі від вибою вибухової свердловини до її гирла.

Поправка $\Delta t_{ПС}$ враховує не тільки змінність рельєфу спостереження, але і неоднорідність зони малої швидкості [4].

2.3 Корекція статичних поправок

Перед виконанням побудов на дослідженій площі встановлюють єдину умовну горизонтальну площину (лінію) приведення, яка розміщується нижче

підосви верхньої частини розрізу. Використання статичних поправок дає змогу трансформувати фактичні часи поширення хвиль до умов, за яких збудження і реєстрація пружних коливань відбуваються на цій площині, усуваючи вплив зони малих швидкостей [4].

Приведення результатів сейсмічних спостережень до спільного рівня відліку в межах досліджуваної площини району робіт дозволяє не лише усунути викривлення, спричинені особливостями умов вимірювань, але й забезпечити коректне зіставлення структурних (глибинних) побудов, отриманих у різні періоди.

У випадку застосування методики багатократного перекриття, коли пункти збудження вздовж профілю розташовані з високою щільністю та частково або повністю збігаються з пунктами прийому, для визначення сумарної статичної поправки достатньо знати швидкість поширення хвиль у корінних породах.

Сумарна статична поправка, яку необхідно вводити у кожен сейсмічну трасу буде

$$\Delta t_{\Sigma} = \Delta t_{ПЗ} + \Delta t_{ПС} = \frac{\Delta h_{ПЗ}}{V_{КП}} - \frac{h_B - \Delta h_{ПС}}{V_{КП}} + t_B. \quad (2.4)$$

Інформацію про вертикальний час, глибину розміщення заряду, а також відстані від пунктів збудження і прийому до площини приведення одержують у процесі проведення основних сейсморозвідувальних робіт. Швидкість поширення хвиль у корінних породах визначають за кутом нахилу годографів перших вступів, зафіксованих на сейсмограмах методу відбитих хвиль (МВХ) (рисунок 2.2) [4].

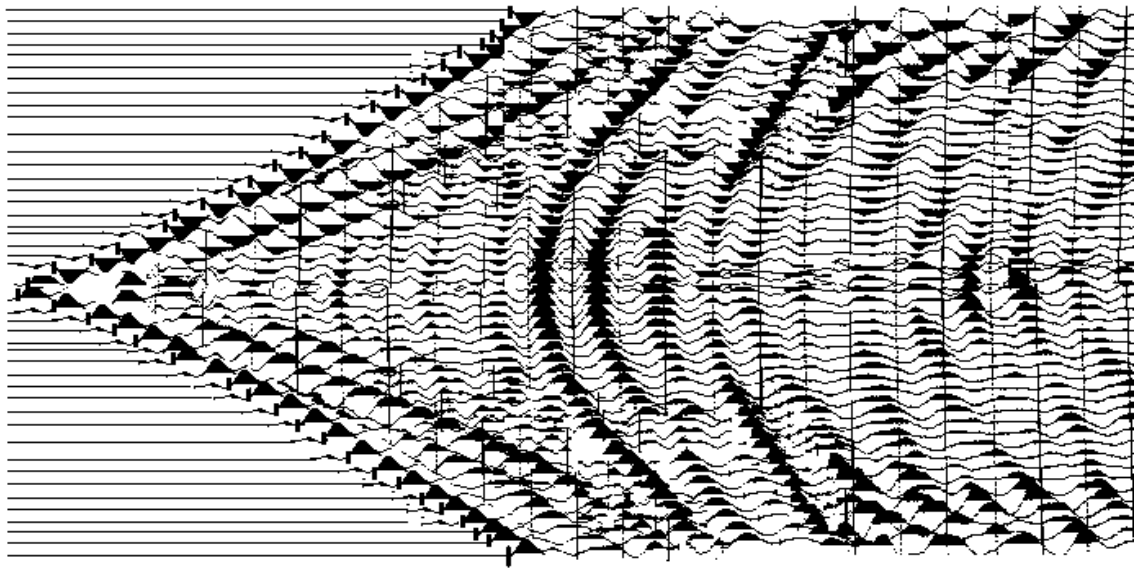


Рисунок 2.2 – Кореляція перших вступів на сейсмограмі спільного пункту збудження

Більш складним є визначення апріорних статичних поправок у випадках, коли пункти збудження не збігаються з пунктами прийому (наприклад, при непоздовжніх або просторових системах спостережень), а також при використанні невибухових джерел, розташованих на поверхні.

Сумарна статична поправка, яку необхідно вводити у кожену сейсмічну трасу буде

$$\Delta t_{\Sigma} = \Delta t_{ПЗ} + \Delta t_{ПС} = \frac{\Delta h_{ПЗ}}{V_{КП}} + \frac{\Delta h_{ПС} - h_{ЗМШ}}{V_{КП}} + \frac{h_{ЗМШ}}{V_{ЗМШ}}. \quad (2.5)$$

У таких умовах з'являється потреба у додатковій інформації про параметри зони малих швидкостей, зокрема її потужність та швидкість, які неможливо відразу визначити за результатами стандартних сейсморозвідувальних робіт [5].

Головним способом дослідження параметрів зони малих швидкостей – мікросейсмокаротаж та метод заломлених хвиль. На ділянках профілю між

свердловинами або зонами, де зроблені такі заміри, параметри верхньої частини розрізу визначають шляхом лінійної інтерполяції.

Використання статичних поправок зазвичай тягне за собою зменшення часу приходу відбиття, крім випадків, коли джерела збудження чи приймачі розміщені глибше лінії приведення.

Зразок типового фрагменту сейсмічного профілю з вихідними даними для обчислення апіорних статичних поправок наведено на рисунку 2.3.

Процедура уточнення статичних поправок базується на формуванні впорядкованих сейсмічних записів або годографів, які після належної обробки перетворюються у систему остаточних часових зсувів, що відображають відкориговані значення статичних поправок [4,5].

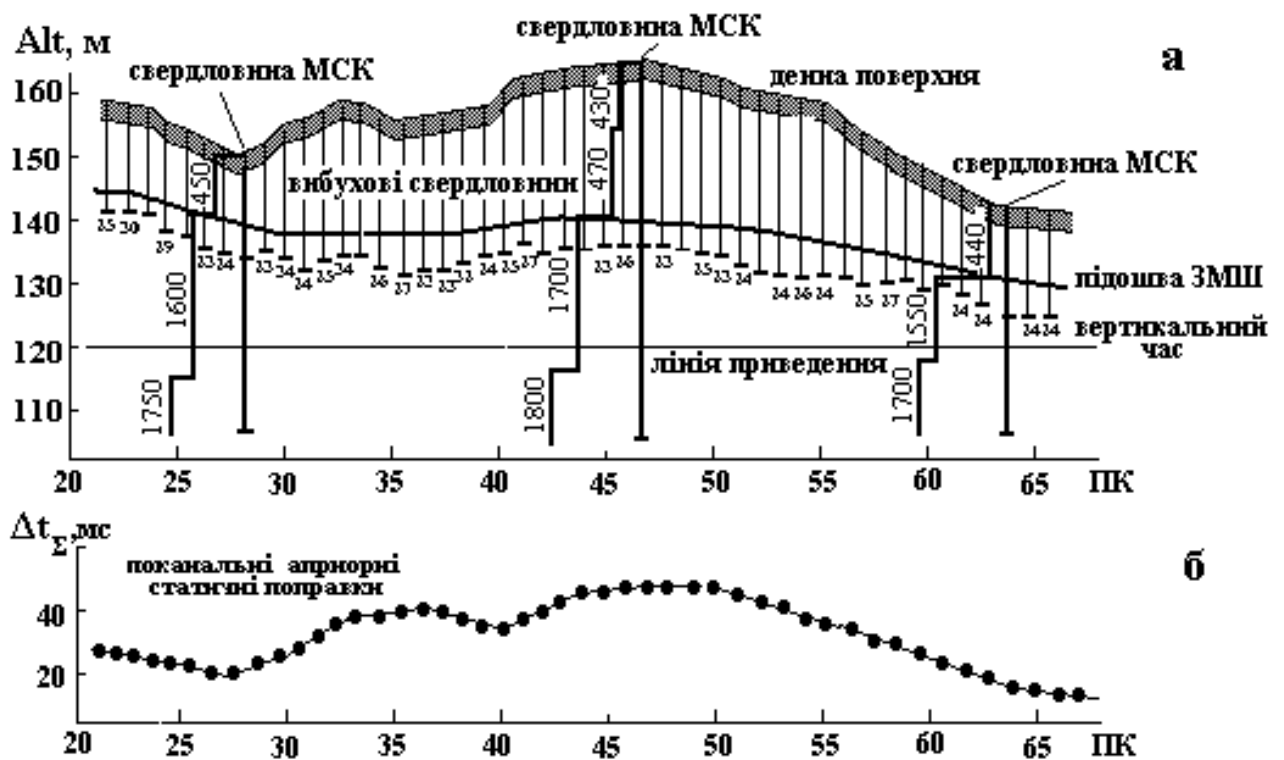


Рисунок 2.3 – Результати вивчення верхньої частини розрізу вздовж профілю
(а – модель верхньої частини розрізу; б – графік сумарної статичної поправки)

Важливим етапом більшості методів корекції є формування набору сейсмічних трас і автоматизоване визначення часових зсувів за годографами відбитих хвиль від опорних горизонтів. Існуючі підходи до корекції статичних поправок відрізняються між собою рівнем стійкості до завад, складністю реалізації, а також сферою застосування.

Зазвичай для проведення корекції застосовують годографи чи сейсмограми СГТ, СПЗ, СПС, РВ однократно відбитих хвиль від пологих опорних меж, що характеризуються достатньо чітким динамічним проявом на фоні відносно слабких хвиль-завад.

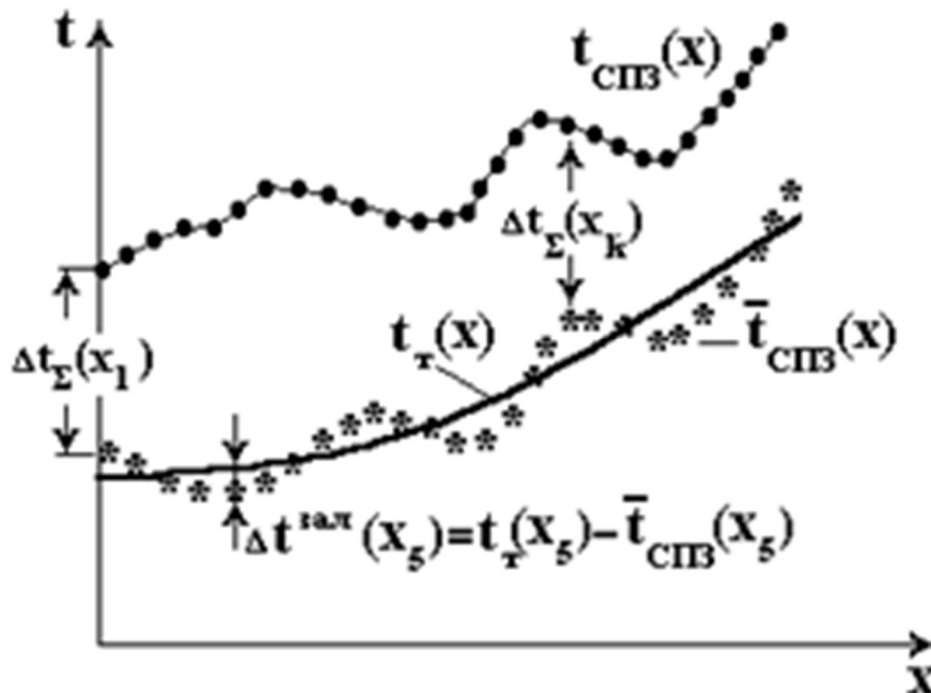


Рисунок 2.4 – Принцип корекції статичних поправок по годографу відбитою хвилі на сейсмограмі СПЗ

Щоб досягнути головну суть усіх методів корекції статичних поправок, розглянемо приклад застосування годографа СПЗ $t_{СПЗ}^{(x)}$ (рисунок 2.4), отриманого в обставинах складної будови ВЧР. Після внесення апріорної статичної поправки $\Delta t_{\Sigma}^{(x)}$ годограф $\bar{t}_{СПЗ}(x) = t_{СПЗ}(x) - \Delta t_{\Sigma}(x)$ можна

апроксимувати гіперболічною залежністю $t_T^{(x)}$. Різниця в часі між цією гіперболою $t_T^{(x)}$ та фактичним виправленим годографом СПЗ $\bar{t}_{СПЗ}(x)$ дорівнює остаточній сумарній статичній поправці за пункт – збудження і пункт спостереження [4, 5].

2.4 Сучасні методи визначення статичних поправок у сейсморозвідці

Традиційні методи обчислення статичних поправок, що базуються на спрощеній моделі «вертикальних хвиль» та однорідних шарів, у сучасній сейсморозвідці все частіше поступаються місцем високотехнологічним підходам. Це спричинено потребою роботи у складних сейсмогеологічних умовах (гірська місцевість, зони вічної мерзлоти, соляна тектоніка) і зростаючими вимогами до точності глибинних побудов [6].

Одним із найбільш дієвих сучасних способів є застосування томографії верхньої частини розрізу. Метод ґрунтується на інверсії часу прибуття перших хвиль для побудови швидкісної моделі середовища.

Томографічні методи дають змогу:

- брати до уваги складну латеральну неоднорідність;
- визначати геометрію зони вивітрювання;
- розраховувати довгохвильові статичні поправки.

Як демонструють нещодавні розробки, томографія є успішною заміною класичним методам у разі складної будови верхньої частини розрізу, де припущення про шаруватість не дотримується [7].

Розвиток цієї концепції полягає у застосуванні Fresnel-wavepath томографії, яка враховує хвильову природу процесу та дає змогу отримати більш точні швидкісні моделі. При цьому довгохвильові статичні поправки визначаються з томографічної моделі, а короткоперіодні – із залишків часових неув'язок.

Найбільш передовим і водночас ресурсоємним методом останніх років є повнохвильова інверсія (Full Waveform Inversion). Якщо класична статика оперує лише кінематикою (час), то FWI залучає динамічні ознаки – амплітуду та фазу кожної хвилі [7].

Метод дає змогу отримати швидкісну модель з роздільною здатністю, що у декілька разів перевищує можливості променевої томографії. Це дозволяє врахувати навіть дуже дрібні аномалії (газонасичені лінзи, карстові пустоти (можна записати вапнякові порожнини)), які спричиняють локальні «статичні аномалії» [8].

Використання FWI для верхньої частини розрізу дає змогу суттєво підсилити фокусування відбиттів від глибоких цільових горизонтів завдяки точному врахуванню енергії, що розсіюється у ВЧР [9].

У період 2018–2024 рр. стався значний прорив у застосуванні штучного інтелекту для автоматичного визначення часу приходу перших вступів. Оскільки для обчислення статички на великих 3D проектах необхідно опрацювати мільйони трас, використання згорткових нейронних мереж (CNN) стало галузевим стандартом [10].

Сучасні методи машинного навчання здатні вчитись на досвіді інтерпретатора, ігнорувати техногенні завади та впевнено виділяти вступ корисної хвилі навіть за умов малої відносної потужності сигналу до шуму. Це не лише пришвидшує етап розрахунку апріорних поправок, а й робить його більш об'єктивним, усуваючи помилки, пов'язані з виснаженням оператора [11].

Іншою актуальною тенденцією є використання поверхневих хвиль Релея, які раніше вважалися завадами (так званий «ground roll»). Метод MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) дозволяє за дисперсією цих хвиль підрахувати швидкість поперечних хвиль (V_s) у приповерхневому шарі. [12].

Паралельно розвивається метод хвильової інтерферометрії, який дозволяє обчислити відносні статичні зсуви безпосередньо із записів без побудови швидкісної моделі, шляхом крос-кореляції трас у складних

обставинах. Це особливо є дієвим у випадках, де поверхня настільки складна (наприклад, піщані дюни або болота), що жодна модель не забезпечує потрібної точності [13].

В останніх англомовних виданнях багато уваги приділяється розрахунку статичних поправок для поверхневих хвиль. Оскільки хвилі типу S значно чутливі до стану порід у ЗМШ, ніж хвилі типу P, їхні статичні поправки можуть бути в 3–5 разів більшими. Сучасні підходи пропонують використовувати спільну інверсію P- та S-хвиль для створення узгодженої моделі ВЧР, що значно посилює надійність багатокomпонентних досліджень [14].

Висновок по розділу.

У цьому розділі детально розглянуто природу виникнення статичних поправок та їхній вплив на якість сейморозвідувальних матеріалів. Визначено, що головними чинниками, які зумовлюють часові нівелювання, є нерівності рельєфу, мінливість товщини ВЧР і присутність ЗМШ. Ці чинники спричиняють викривлення осей синфазності та ускладнюють достовірне трасування відбитих хвиль.

Показано, що введення статичних поправок є необхідним етапом обробки сейсмічних даних, оскільки дає змогу привести результати спостережень до єдиної площини відліку, усунути часові неув'язки і підвищити точність побудови часових і глибинних розрізів. Описано особливості обчислення апріорних та уточнених поправок, а також з'ясовано умови їх ефективного використання.

Особливу увагу приділено аналізу методів визначення параметрів ЗМШ. Обґрунтовано потребу використання мікросейсмокаротажу та методу заломлених хвиль, а також застосування інтерполяційних підходів для отримання безперервних характеристик середовища. Встановлено, що за умов складної геологічної будови або при застосуванні рознесених систем спостережень потрібне залучення додаткової інформації про швидкісні параметри середовища.

Також проаналізовано сучасні підходи до визначення статичних поправок, зокрема томографічні методи, повнохвильову інверсію та алгоритми машинного навчання, які гарантують зростання точності й автоматизацію опрацювання даних.

З ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ

3.1 Польові дослідження мікросейсмокаротажу

Окремим типом свердловинних досліджень є мікросейсмокаротаж (МСК), що використовується для вивчення зони малих швидкостей (ЗМШ) з метою визначення оптимальних глибин закладання зарядів при вибуховому збудженні та обрахунку статичних поправок [15].

Зондування методом мікросейсмокаротажу проводили за методикою оберненого мікросейсмокаротажу, коли збудження пружних коливань виконується у спеціально пробуреній свердловині, а їх приймання – на поверхні землі біля гирла свердловини.

Буріння сейсмічних свердловин здійснювали буровим самохідним верстатом (рисунок 3.1). Збудження пружних коливань здійснювали свердловинною пневмокамерою від вибою до гирла свердловини з кроком 1-2 м, що забезпечило на польових сейсмограмах МСК чіткі вступі прямої хвилі [15].



Рисунок 3.1 – Підготовка точки МСК

Під час виконання оберненого мікросейсмокаротажу задіюють від двох до чотирьох польових модулів SCOUT, до яких приєднуються окремі геофони. Пересилання даних і регулювання системою виконується у режимі реального часу за допомогою планшетного комп'ютера через радіоканал. Застосування автономних польових модулів, на відміну від кабельної телеметричної коси, дає змогу довільно змінювати схему розташування приймачів та відстані між ними, що суттєво покращує комфорт проведення польових робіт (рисунок 3.2) [15].

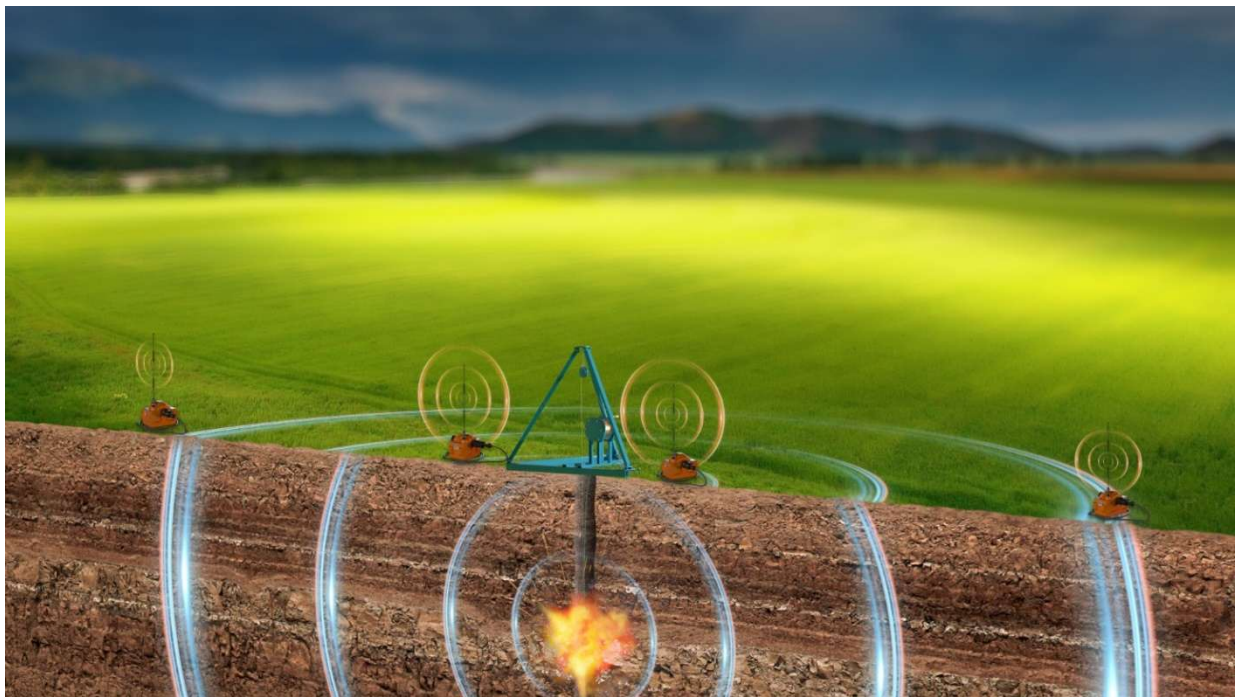


Рисунок 3.2 – Технологія оберненого мікросейсмокаротажу

Для приймання пружних коливань на поверхні землі застосовувались шість поодиноких сеймоприймачів, три з яких були розташовані на відстані 2 м від гирла свердловини, два інших – на відстані 4 м та один - на відстані 8 м (рисунок 3.3).

Глибина зондування визначалась необхідністю розкриття підшви ЗМШ та вивчення швидкостей у корінних породах під ЗМШ [15].

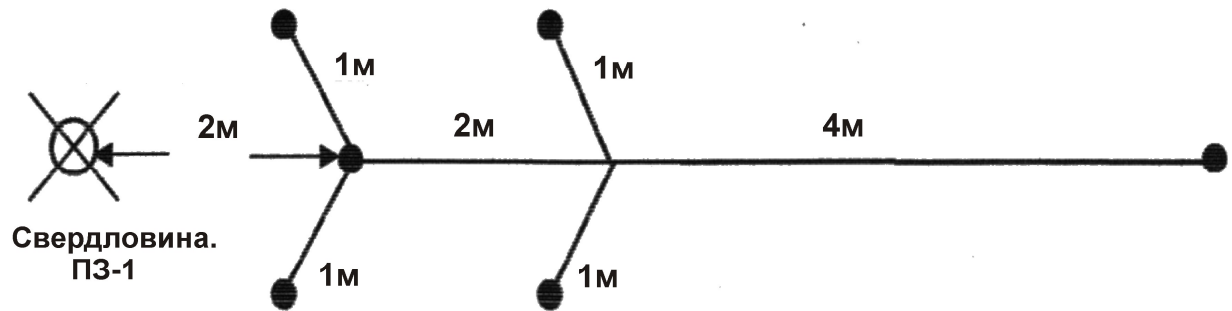


Рисунок 3.3 – Схема розташування сейсмоприймачів при роботах МСК

3.2 Полеві роботи методом заломлених хвиль

Метод заломлених хвиль (МЗХ) ґрунтується на спостереженні та аналізі сейсмічних хвиль, котрі заломлюються у тонких шарах земної кори з підвищеною швидкістю їхнього поширення. У таких утвореннях хвилі долають значну частину свого шляху, що дає змогу можливість їх детального вивчення.

Одним із основних варіантів цього методу є кореляційний метод заломлених хвиль (КМЗХ), де використовується кореляційний підхід для виділення і прослідковування не лише первинних, а й наступних вступів хвиль. У процесі інтерпретації результатів визначають інтервал час, потрібний хвилям для проходження від джерела до приймача, а також обчислюють властивості, наприклад, глибину залягання шарів, їхній нахил, швидкість поширення хвиль та інші важливі показники [5].

МЗХ активно застосовується у регіональних геофізичних дослідженнях будови земної кори. Зокрема, він використовується для вивчення рельєфу поверхні кристалічного фундаменту, аналізу осадових товщ на глибинах до 10-20 км і для знаходження та трасування тектонічних порушень. Зондування за допомогою методу заломлених хвиль здійснювалися способом перших вступів із застосуванням техніки окремих зондувань по системі зустрічних

годографів. Довжина годографів зондувань МЗХ сягала 295 метрів із 3-х пунктів збудження відповідно до поданої схеми (рисунок 3.4) [15].

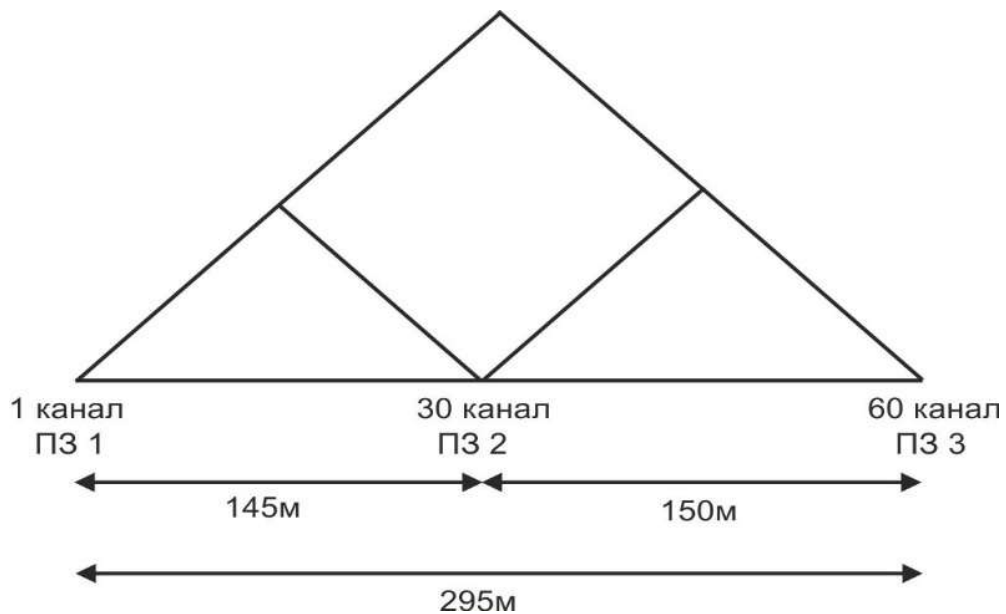


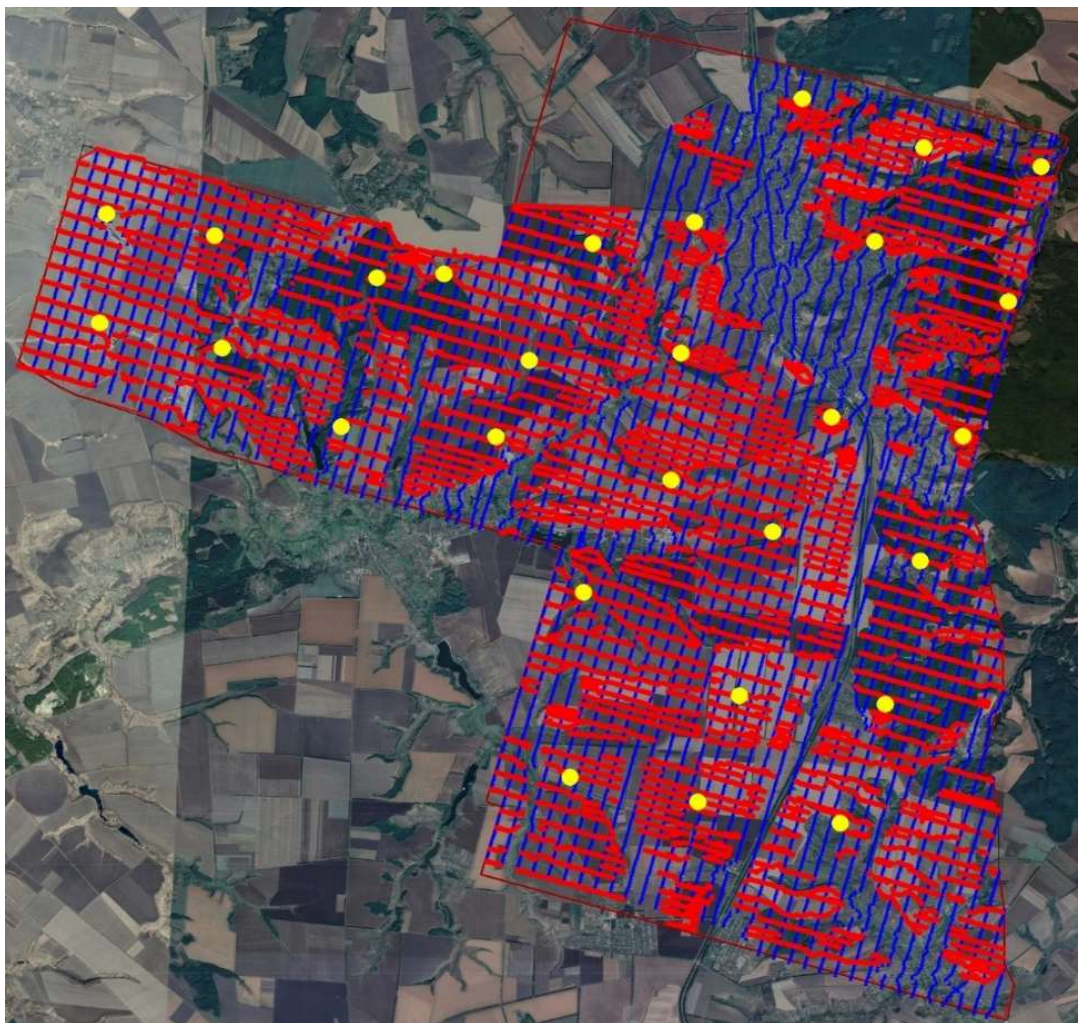
Рисунок 3.4 – Система спостереження за методом заломлених хвиль

З метою уникнення викривлення обчислень швидкісної характеристики ЗМШ усі зондування розміщувалися на ділянках рельєфу з однаковим нахилом, або на місцях його простягання. Лінії зондувань МЗХ, згідно з поданою схемою, пролягали вздовж ліній приймання зйомки 3D [15].

Реєстрація сигналів при роботах МЗХ проводилася сейсмостанцією «Прогрес L». Основні параметри досліджень МСК та МЗХ наведені у таблицях 1– 3 (Додаток).

3.3 Обробка матеріалів МСК та МЗХ

Інтерпретація польових даних МСК та МЗХ з метою розрахунку статичних поправок за ЗМШ до рівня приведення +150 м було проведене по 28 точках (рисунок 3.5).



- – пункти прийому ПП
- – пункти збудження ПЗ
- – точки проведення МСК і МЗХ

Рисунок 3.5 – Точки проведення МСК і МЗХ

Обробка польових матеріалів мікросейсмокаротажних досліджень виконувалось за стандартною схемою:

- сортування сейсмограм для одного зондування МСК за глибиною збудження;
- візуалізація сейсмограм на моніторі ПЕОМ;

- визначення часу перших вступів прямої поздовжньої сейсмічної хвилі ($t_{СП}$) для геофонів, розташованих на поверхні на відстані 2, 4, 8 м від устя свердловини;

- приведення значення $t_{СП}$ до вертикалі $t_{ПР} = (t_{СП} * \cos\beta)$;
- побудова вертикального годографа $T = f(H)$.

Визначення по вертикальному годографу:

- потужності ЗМШ і абсолютної відмітки підосви ЗМШ ($H_{ЗМШ}$),
- часу приходу прямої хвилі від підосви ЗМШ до поверхні ($t_{ЗМШ}$),
- середньої швидкості в ЗМШ ($V_{ЗМШ}$),
- пластової швидкості під ЗМШ в корінних породах ($V_{КОР}$),
- аналіз збіжності результатів, отриманих для геофонів на відстанях 2, 4, 8 м, та визначення їх достовірного значення (як правило, це для геофонів на відстані 2 м);
- розрахунок статичних поправок $\Delta t_{ПП}$ (за ЗМШ і рівень приведення +150м).

$$\Delta t_{ПП} = \pm (150 - H_{ЗМШ}) : V_{КОР} - t_{ЗМШ}, \text{ с}$$

На вертикальних годографах $T = f(H)$ підосва ЗМШ фіксується різкою зміною пластових швидкостей, а корінні породи характеризуються швидкостями $V_{КОР} = 1571 - 2000 \text{ м/с}$ [15].

Результати обробки польових матеріалів МСК використані при побудові графіків залежності величини апріорної статичної поправки від альтитуди точок збудження і прийому на Безпалівській площі наведені у таблиці 4 (Додаток), (рисунок 3.6).

Опрацювання та інтерпретація матеріалів МЗХ включала розпізнавання і кореляцію перших вступів; визначення параметрів, необхідних для обчислень апріорних статичних поправок. У підсумку опрацювання були побудовані та ув'язані по взаємних точках зустрічні годографи, розраховані різницеві годографи, значення t_0 , товщина зони малих швидкостей, середні швидкості в ЗМШ та граничні швидкості, які характеризують корінні породи.

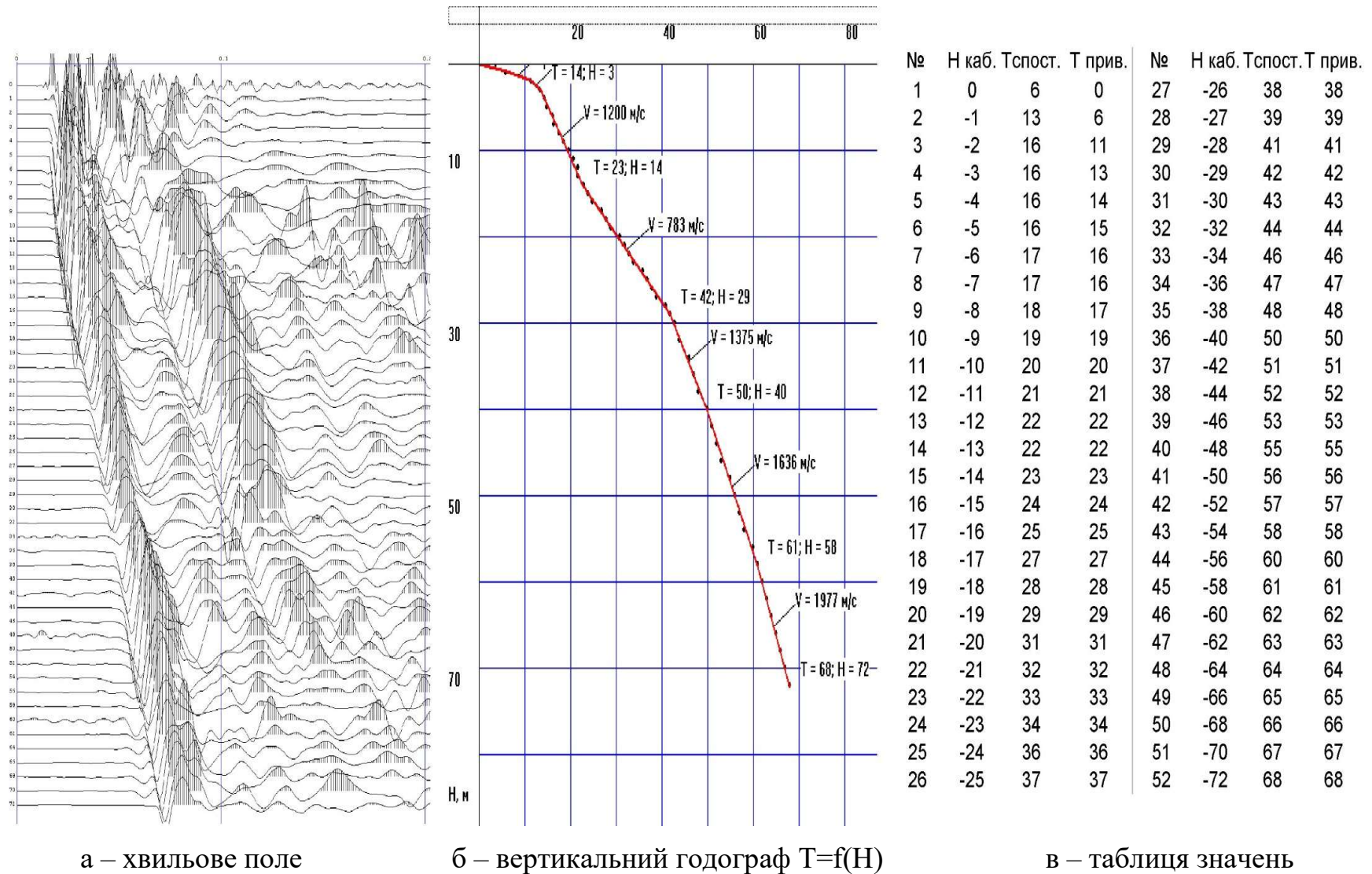


Рисунок 3.6 – Дослідження МСК ПК №1 (Alt.197.3 м), віддалення 2 м

Підсумки опрацювання польових матеріалів МЗХ подані у таблиці 5 (Додаток).

З використанням знайдених показників було обчислено апріорні статичні поправки. В основу розрахунків покладена класична залежність:

$$\Delta t = \left(\frac{h_{3\text{МШ}}}{V_{\text{зр}}} - \frac{h_{3\text{МШ}}}{V_{\text{сп}}} \right) + \frac{H_{\text{р.н}} - H_{\text{р}}}{V_{\text{зр}}}, \quad (3.1)$$

де Δt – поправка за пункт приймання; $h_{3\text{МШ}}$, $V_{\text{сп}}$, $V_{\text{зр}}$ – відповідно товщини та середня швидкість у ЗМШ, швидкість у консолідованих(корінних) породах; $H_{\text{р}}$, $H_{\text{р.н}}$ – абсолютні відмітки рельєфу і рівня приведення +150 м [5].

Сейсмограми МЗХ, отримані для пк №26 (Alt. 162,3 – 165,3 м) наведено на рисунках 3.7 – 3.9, тоді як приклад обробки даних МЗХ наведено на рисунку 3.10.

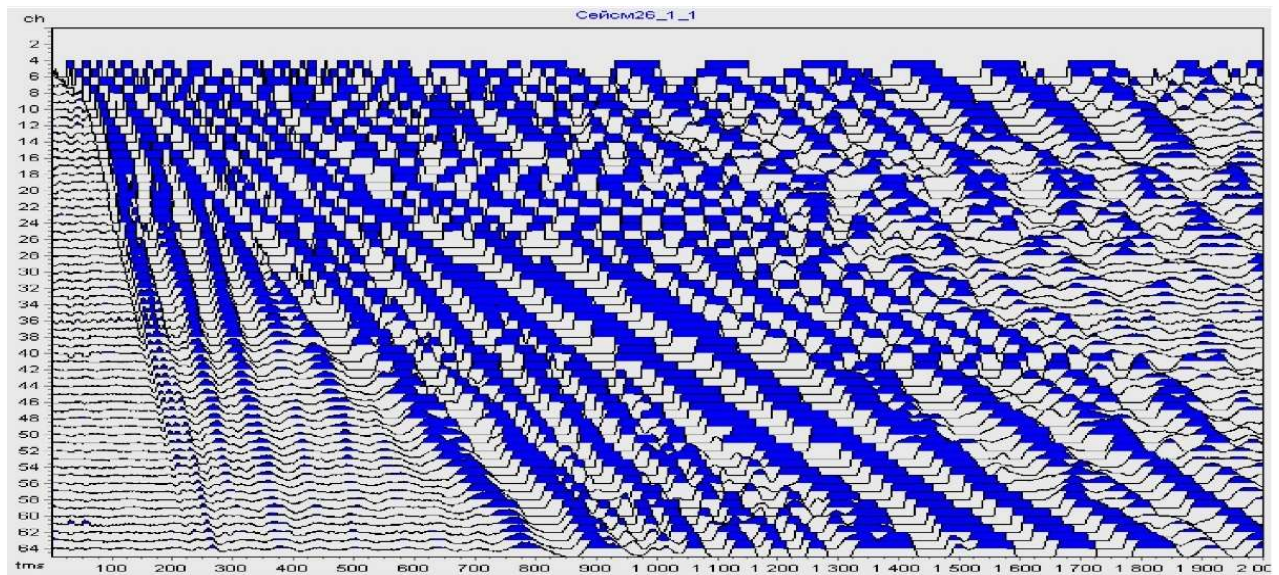


Рисунок 3.7 – Сейсмограма МЗХ №26 (пікет 0.00)

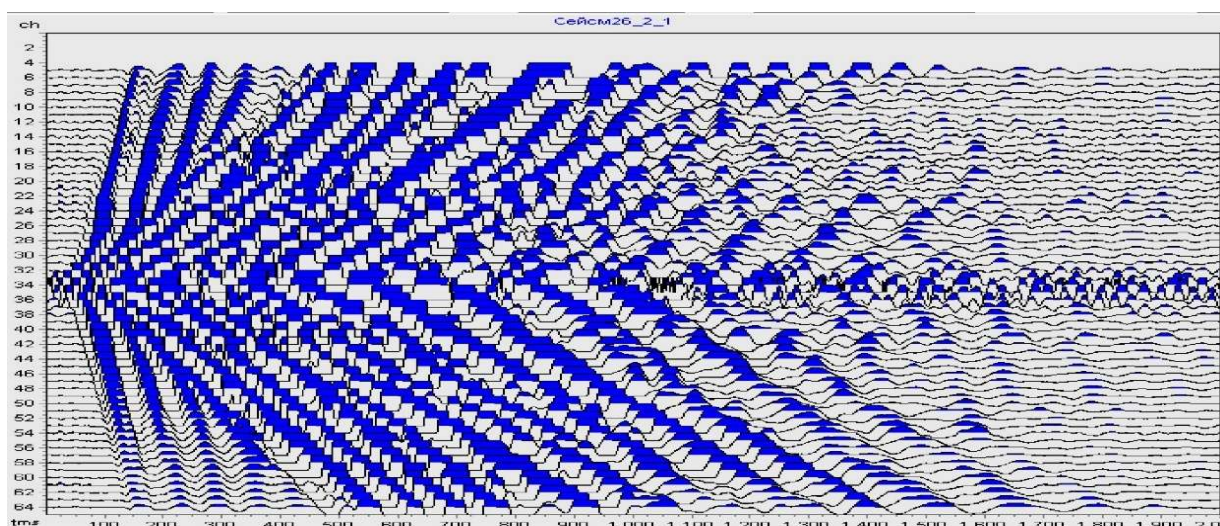


Рисунок 3.8 – Сейсмограма МЗХ №26 (пікет 1.45)

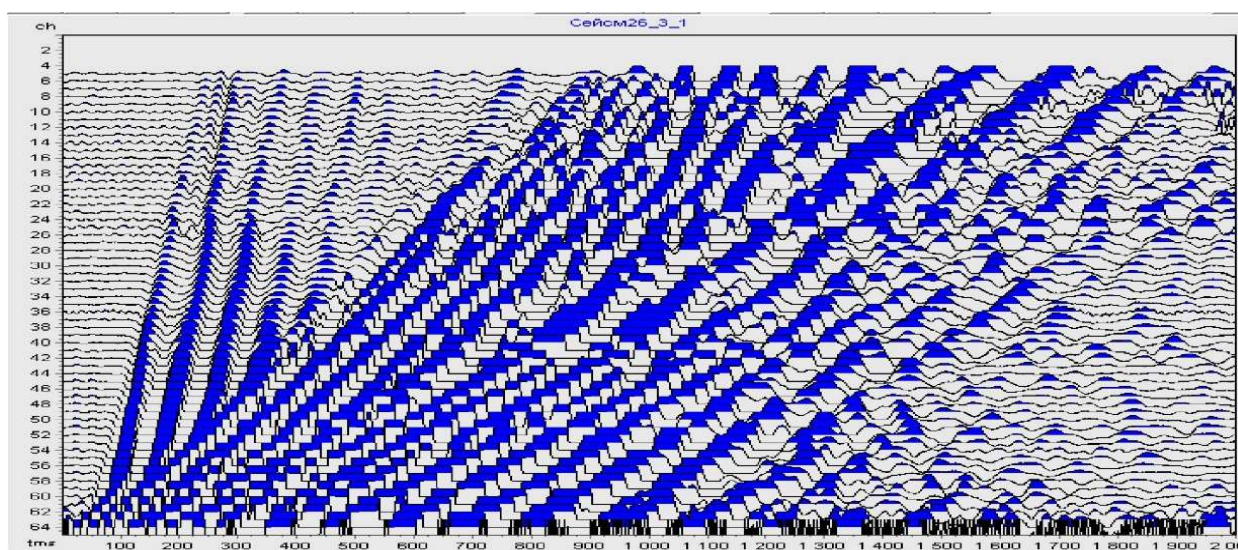


Рисунок 3.9 – Сейсмограма МЗХ №26 (пікет 2.9)

3.4 Розрахунок статичних поправок для зйомки 3D

Згідно з даними обробки матеріалів МСК, МЗХ було побудовано графік залежності величини апіорної статичної поправки від альтитуду точок збудження та прийому $\Delta t = f(H)$ для значення середньої швидкості 1700 м/с та рівня приведення +150 м.

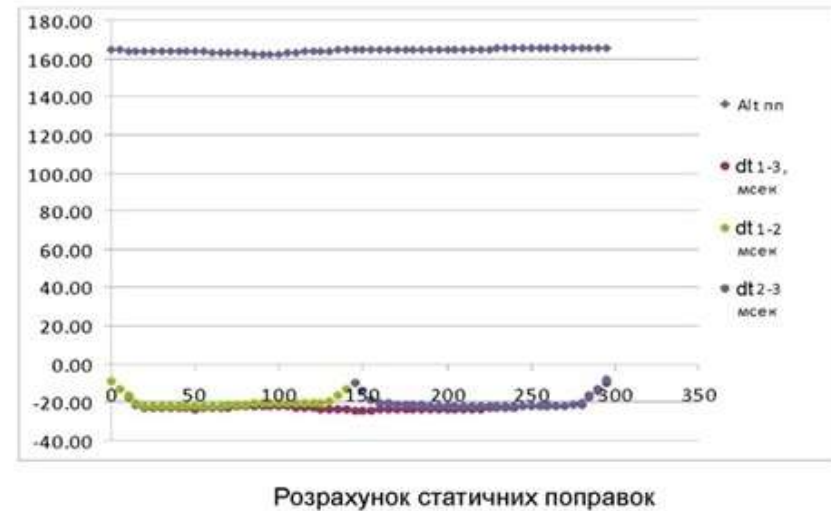
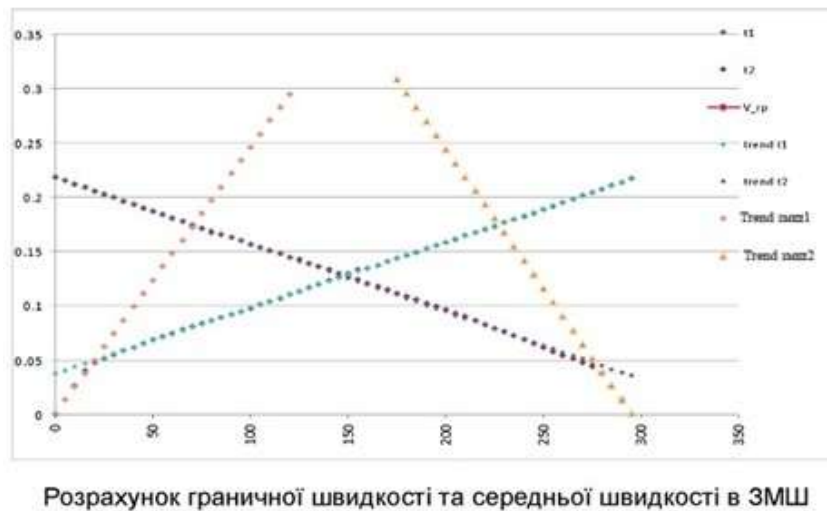
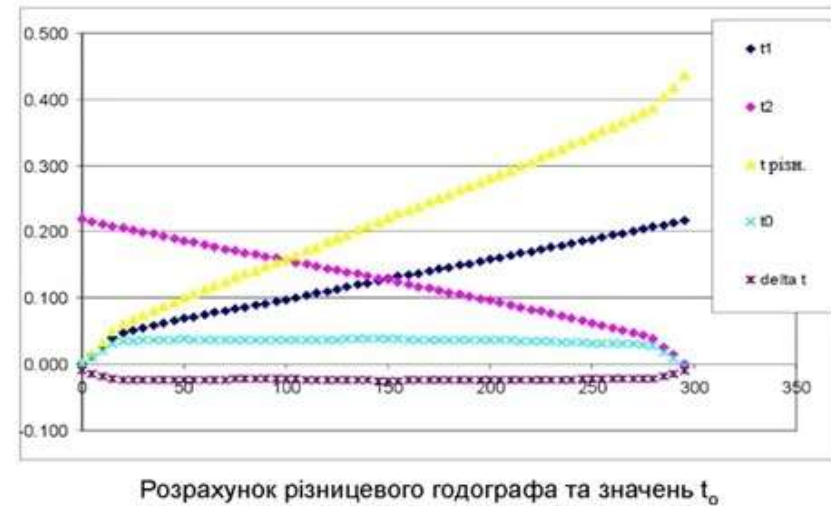
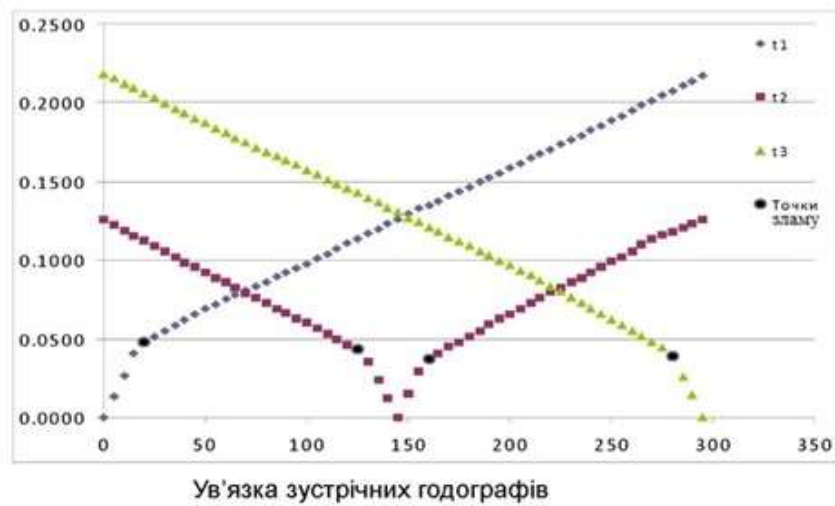


Рисунок 3.10 – Приклад обробки матеріалів МЗХ

Значення отриманих статичних поправок були усереднені логарифмічною залежністю з аналітичною характеристикою

$$y = -0.13\ln(x) + 0.63, R^2=0.84, \quad (3.2)$$

де Δt – значення апріорної статичної поправки (в секундах), H – альтитуда точки (в метрах) (рисунок 3.11).

Переважно відхилення окремих значень статичної поправки на Безпалівській площі складає 0 – 6 мс, що, враховуючи складність ЗМШ і особливості технологій МСК та МЗХ, являється задовільним. Деякі аномальні значення статичної поправки, що перевищують 6 мс, пов'язані як зі складною геоморфологією площі, впливом глибинних геологічних чинників так і з техногенними факторами, а саме з великими обсягами земельних робіт, що проводилися та проводяться на площі [15].

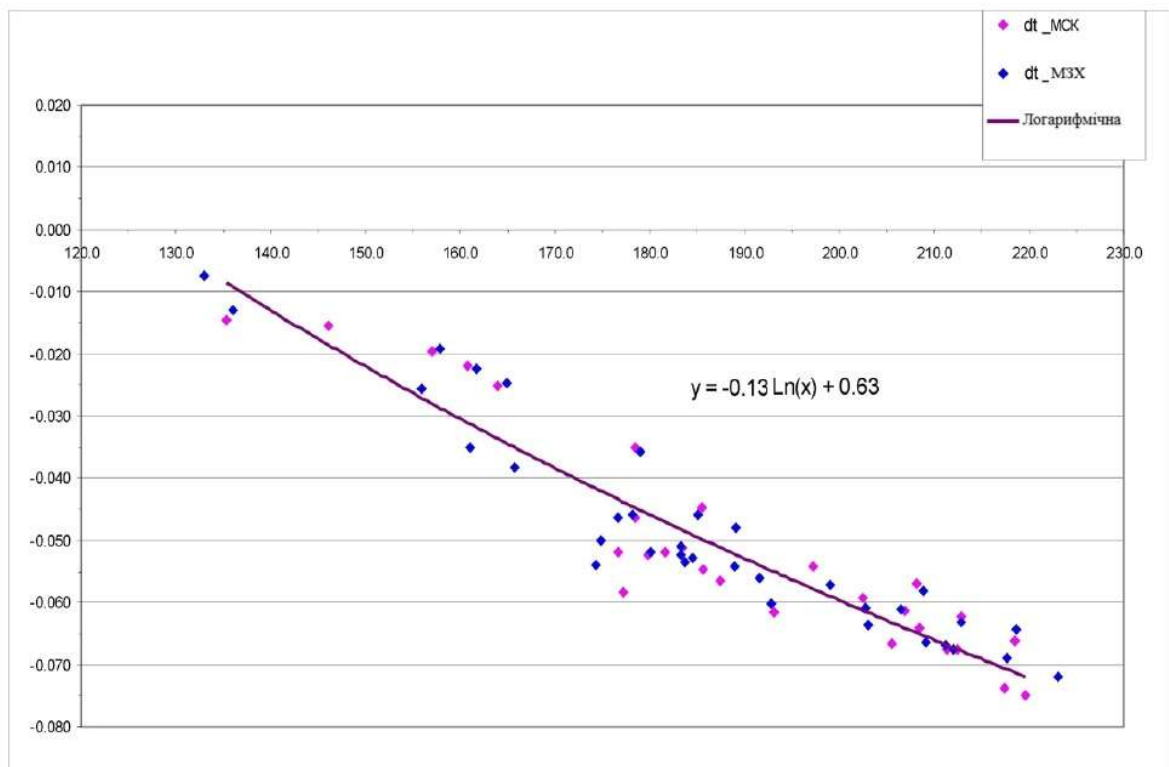


Рисунок 3.11 – Графік загальної аналітичної залежності $\Delta t = f(H)$

Далі за рівнянням знайденої залежності $\Delta t=f(H)$ виконувались розрахунки апріорних статичних поправок за ЗМШ і рівень приведення +150 м для усіх пунктів приймання ПП і вібрації ПВ зйомки 3D на дослідженій площі.

Карта апріорних статичних поправок внаслідок дрібного масштабу і гріду 150 x 150 м відіграє, переважно, ілюстративну роль та дає уявлення про діапазон і особливості розподілу статичних поправок по площі та відповідність значень статичних поправок, обчислених за даними мікросейсмокаротажу (МСК) і за матеріалами МЗХ [15].

3D зображення рельєфу денної поверхні, апріорних статичних поправок, зони малих швидкостей (рисунок 3.12 – 3.14) добре ілюструють пряму залежність величини статичних поправок від рельєфу денної поверхні.

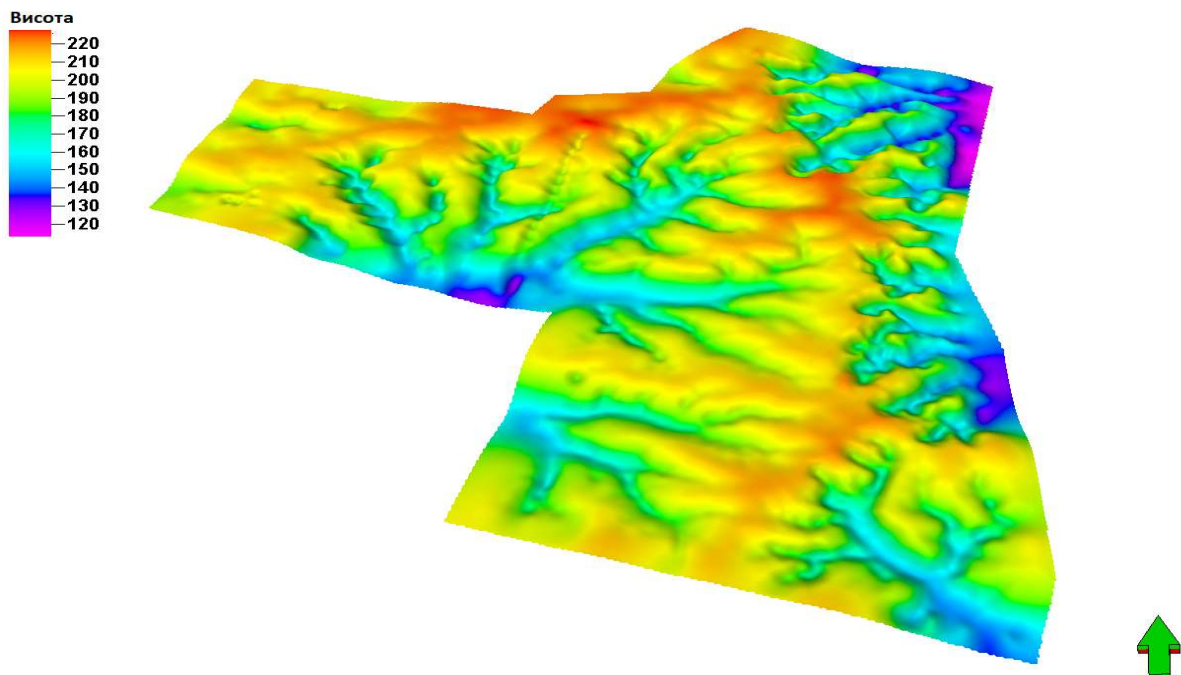


Рисунок 3.12 – 3D зображення рельєфу денної поверхні

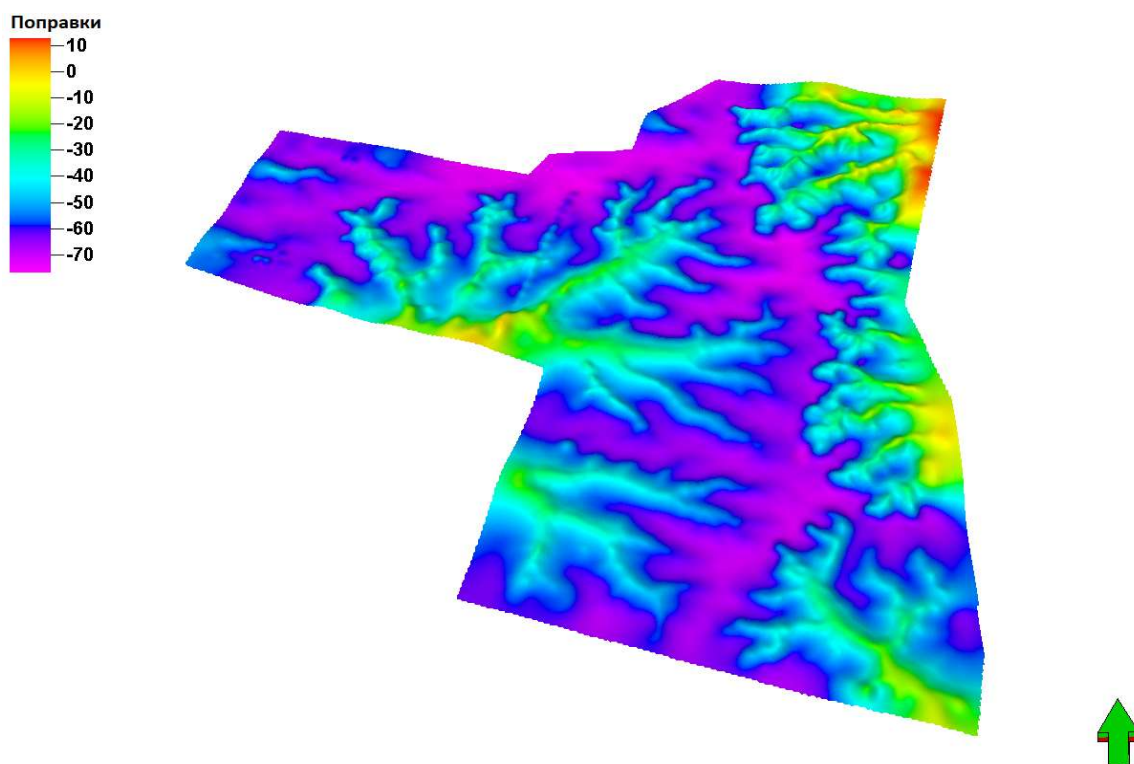


Рисунок 3.13 – 3D зображення карти статичних поправок

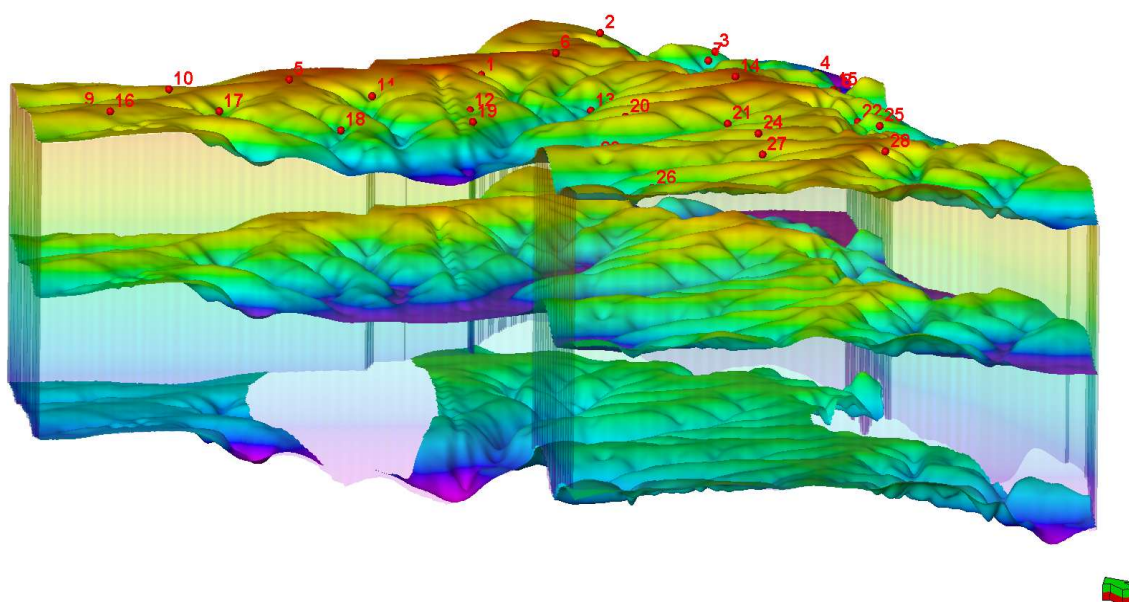


Рисунок 3.14 – 3D зображення зони малих швидкостей

Висновок по розділу.

У ході виконання польових геофізичних досліджень на площі робіт було проведено мікросейсмокаротаж (МСК) та дослідження методом заломлених хвиль (МЗХ) по 28 точках спостереження. Отримані результати дали змогу визначити параметри зони малих швидкостей (ЗМШ), зокрема її товщину, середні швидкості поширення сейсмічних хвиль і швидкості у корінних породах.

У процесі обробки матеріалів були побудовані вертикальні та зустрічні годографи, виконано аналіз перших вступів хвиль, а також розраховано апріорні статичні поправки до рівня приведення +150 м. Проведена інтерпретація даних дозволила встановити закономірності зміни параметрів ЗМШ та оцінити вплив рельєфу і геологічної будови території на величину статичних поправок.

На основі результатів МСК та МЗХ було отримано усереднену логарифмічну залежність між величиною статичних поправок і альтитудою пунктів спостереження, що дало змогу виконати інтерполяцію поправок для усієї площі 3D-зйомки. Побудовані карти і тривимірні моделі рельєфу, статичних поправок і зони малих швидкостей підтвердили тісний зв'язок між рельєфом місцевості та розподілом статичних поправок.

Таким чином, проведені дослідження забезпечили отримання необхідних параметрів для якісного введення статичних поправок, що є важливим етапом підвищення точності подальшої обробки та інтерпретації сейсморозвідувальних матеріалів 3D-зйомки.

ВИСНОВОК

У бакалаврській роботі вирішено актуальну науково-практичну задачу, що полягає у вдосконаленні методів отримання та застосування статичних поправок для просторових сейсмічних досліджень, що має критичне значення для забезпечення точності й результативності сейсморозвідувальних робіт 3D.

Метою роботи було формування підходу визначення статичних поправок у просторових системах спостереження сейсморозвідки з урахуванням впливу рельєфу денної поверхні та параметрів зони малих швидкостей (ЗМШ).

На основі проведених досліджень отримано такі найбільш важливі наукові та практичні результати:

1. Опрацьовано апріорну геологічну інформацію про площу досліджень, що дозволило встановити загальні закономірності будови верхньої частини розрізу (ВЧР) та оцінити характер мінливості її геометричних і швидкісних параметрів.

2. Проаналізовано результати визначення параметрів ЗМШ сучасними геофізичними методами. З метою розрахунку статичних поправок по 28 точках на площі робіт було проведено та інтерпретовано польові дослідження мікросейсмокаротажу (МСК) та методу заломлених хвиль (МЗХ), що забезпечило надійну опорну мережу даних про товщину та швидкості у ЗМШ.

3. Побудовано залежність величини апріорної статичної поправки від альтитуди точок спостереження. На основі статистичного аналізу розрахованих значень було виявлено та математично обґрунтовано осереднену логарифмічну залежність апріорної статичної поправки від альтитуди пунктів збудження і приймання сейсмічних хвиль. Визначена аналітична характеристика дозволила виконати коректну інтерполяцію знайдених поправок на всі пункти 3D системи спостереження.

4. Розраховано апіорні статичні поправки для всіх пунктів приймання та збудження для сейсмічної зйомки 3D на досліджуваній площі, а також побудовано модель просторового розташування поверхні зони малих швидкостей, яка наочно відображає геометрію та мінливість підніжжя ЗМШ.

Практичне значення та рекомендації щодо використання отриманих результатів.

Розроблений підхід та розраховані матриці статичних поправок мають безпосереднє виробниче значення для нафтогазорозвідувальної галузі. Вони усувають негативний вплив складного рельєфу та змінної товщини ВЧР, ліквідують штучні викривлення осей синфазності й суттєво покращують якість прослідковування цільових горизонтів на сейсмічних розрізах.

Результати досліджень рекомендуються до застосування виробничими геофізичними організаціями під час обробки та інтерпретації матеріалів просторової сейсморозвідки 3D на площах зі складними геоморфологічними умовами. Отримані дані дозволяють суттєво знизити ризики закладання «сухих» пошуково-розвідувальних свердловин на нафту і газ за рахунок побудови точніших глибинних моделей перспективних структур. Матеріали щодо практичного тестування алгоритму та відповідні акти/документи, що підтверджують оцінку ефективності підходу, наведено у Додатку до роботи.

Можливі напрями продовження досліджень.

Перспективним напрямом подальших науково-виробничих досліджень за тематикою роботи є інтеграція побудованої просторової моделі ЗМШ із алгоритмами повнохвильової інверсії (FWI) та передінверсійної часової чи глибинної міграції. Це дозволить деталізувати швидкісну модель верхньої частини розрізу не лише на етапі апіорних поправок, а й у процесі багаторазового уточнення всього сейсмічного –куба.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павлов С., Галко Т., Баранова Т. Звіт про науково-дослідній роботі «Геолого-економічна оцінка запасів газу і конденсату Безпалівського родовища Харківської області» УкрНДІгаз, 2009.
2. Кривуля С.В. Степанов О.Ю. та ін. Проект пошуково-розвідувального буріння Безпалівського ГК родовища. УкрНДІгаз, 2011.
3. Атлас родовищ нафти і газу України у 6 т. Т. 3: Східний нафтогазоносний регіон / Ю. О. Арсірій [та ін.] ; за заг. ред. М. М. Іванюти ; голова ред. кол. В. О. Федішин ; Українська нафтогазова академія, 1999. – С. 1416 : іл., табл. – ISBN 966-7022-04-8.
4. Розловська С.Є. Сейсморозвідка : конспект лекцій (частина 2). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 102 с.
5. Сейсмометрія : підручник / Г. Т. Продайвода [та ін.] ; Київ. нац. ун–т ім. Тараса Шевченка. – Київ Київський університет, 2019. – 511 с.
6. Silvestrov I., Egorov A., Bakulin A. Evaluating Imaging Uncertainty Associated with the Near Surface and Added Value of Vertical Arrays Using Bayesian Seismic Refraction Tomography // *Journal of Geophysics and Engineering*. – 2023. – Vol. 20, № 4. – P. 751–762. – DOI: 10.1093/jge/gxad044.
7.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926985114002924>
8. Vantassel J. P., Kumar K., Cox B. R. Using Convolutional Neural Networks to Develop Starting Models for 2D Full Waveform Inversion // arXiv preprint. – 2021. – DOI: 10.48550/arXiv.2104.01626.
9. Yao G., Wu D., Wang S.– X. A review on reflection – waveform inversion // *Petroleum Science*. – 2020. – Vol. 17. – P. 334–351. – DOI: 10.1007/s12182–020–00431–3.
10. Yin Y., Han L., Zhang P. et al. First– Break Picking of Large– Offset Seismic Data Based on CNNs with Weighted Data // *Remote Sensing*. – 2023. – Vol. 15, № 2. – Art. 356. – DOI: 10.3390/rs15020356.

11. Mardan A., Blouin M., Fabien– Ouellet G. et al. A Fine– Tuning Workflow for Automatic First– Break Picking with Deep Learning // *Near Surface Geophysics*. – 2024. – DOI: 10.1002/nsg.12316.
12. Park C. B., Miller R. D., Xia J. Multichannel Analysis of Surface Waves // *Geophysics*. – 1999. – Vol. 64, № 3. – P. 800–808. – DOI: 10.1190/1.1444590.
13. Kashubin A., Bergmann P., Ivandic M. et al. Cross – correlation time – lapse static corrections versus refraction static corrections on 4D land seismic CO₂ monitoring // *EAGE Conference Proceedings*. – 2013. – DOI: 10.3997/2214 – 4609.20130985.
14. Wang L., Doetsch J., Linde N. Enhancing crustal velocity structure using joint inversion of seismic data types // *Geophysical Journal International*. – 2024.
15. Проект на виконання польових сейморозвідувальнихробот на Безпалівській-південно-Безпалівській площа за технологією 3D / СЕРВІС ОЙЛ; м. Полтава, 2020. – 98 с.

ДОДАТОК

Таблиця 1 – Параметри МСК та МЗХ

МСК		
1	Глибина свердловин (м)	48– 76
2	Інтервал збудження в свердловині (м)	1– 2
3	Реєструюча Параметри МСК та МЗХ система	«Прогрес L»
4	Тип сейсмоприймачів	GS– 20DX
5	Свердловинне джерело збудження	ЗПД
6	Тип джерела збудження	імпульсний
7	Кількість накопичень	1– 2
МЗХ		
8	Кількість активних каналів	60
9	Відстань між каналами (м)	5
10	Пунктів збудження на лінію прийому	3
11	Довжина лінії прийому (м)	295
12	Тривалість запису (с)	1
13	Інтервал квантування (мс)	1
14	Кількість накопичень	апр.16
15	Реєструюча система	«Прогрес L»
16	Тип сейсмоприймачів	GS– 20DX
17	Сейсмоприймачів на канал	1
18	Тип джерела	імпульсний
19	Модифікація джерела збудження	«Поліімпульс»
20	Кількість джерел збудження	1

Таблиця 2 – Відпрацьовані точки МСК

№ п/п	Номер точки МСК	Глибина досліджень,м	Local Easting	Local Northing	Elev
1	1	72	290026.0	5500413.2	197.3
2	2	76	294616.2	5503705.7	205.6
3	3	76	297262.9	5502590.9	177.2
4	4	48	299828.0	5502161.9	135.4
5	5	58	284649.9	5499994.1	218.5
6	6	76	292242.4	5500896.6	217.4
7	7	76	296189.0	5500462.4	193.1
8	8	48	299115.2	5499090.0	146.1
9	9	62	279441.5	5501085.8	178.5
10	10	60	281664.0	5500625.7	208.1
11	11	64	286772.0	5499695.9	185.5
12	12	68	288589.7	5497696.1	178.5
13	13	62	291953.4	5497921.6	160.7
14	14	76	295246.6	5496467.7	219.7
15	15	76	297908.7	5496489.9	185.6
16	16	76	279237.2	5498621.5	206.9
17	17	76	281937.4	5498027.4	202.5
18	18	76	284486.8	5496245.7	181.7
19	19	72	287950.1	5495984.8	183.4
20	20	76	291669.3	5495010.4	187.5
21	21	76	293954.1	5493864.0	179.9
22	22	76	297189.1	5493183.9	176.7
23	23	62	289815.1	5492486.5	157.1
24	24	62	293222.5	5490143.3	212.4
25	25	76	296425.5	5489949.1	212.9
26	26	68	289511.6	5488138.4	163.9
27	27	62	292325.6	5487726.2	211.3
28	28	62	295442.1	5487237.3	208.5

Таблиця 3 – Відпрацьовані лінії МЗХ

Номер лінії зондувань	Пікет збудження	Local Easting	Local Northing	Elev
1	0	290016.3	5500410.2	198.5
	1.45	290106.8	5500296.8	202.8
	2.95	290200.7	5500179.9	202.9
2	0	294754.8	5503662.8	200.2
	1.45	294616.2	5503705.7	205.7
	2.95	297333.0	5502323.7	161.6
3	0	297262.4	5502610.2	178.2
	1.45	297297.0	5502469.4	170.1
	2.95	297333.0	5502323.7	161.6
4	0	299972.7	5502152.3	131.9
	1.45	299828.0	5502161.9	135.4
	2.95	299678.4	5502171.8	136.6
5	0	284509.2	5500029.1	218.2
	1.45	284650.0	5499994.0	218.5
	2.95	284795.2	5499957.8	218.9
6	0	291998.0	5500808.9	218.5
	1.45	291998.0	5500808.9	218.5
	2.95	292293.0	5500799.4	215.5
7	0	296051.2	5500458.9	190.4
	1.45	296192.8	5500426.7	192.9
	2.95	296339.1	5500393.3	192.6
8	0	298979.7	5499409.6	176.8
	1.45	299097.0	5499328.0	165.2
	2.95	299220.3	5499241.3	151.0
9	0	279292.3	5501070.6	177.2
	1.45	279436.4	5501085.3	178.3
	2.95	279585.7	5501100.5	180.1
10	0	281529.7	5500683.5	206.1
	1.45	281667.5	5500637.8	208.3
	2.95	281810.2	5500591.1	209.6
11	0	286592.5	5499915.6	193.2
	1.45	286692.1	5499810.0	186.6
	2.95	286794.8	5499700.7	186.9
12	0	288569.1	5497488.5	176.6
	1.45	288605.1	5497629.0	181.6
	2.95	288642.2	5497774.2	180.7
13	0	291839.7	5497834.3	159.9

Продовження таблиці 3

Номер лінії зондувань	Пікет збудження	Local Easting	Local Northing	Elev
13	1.45	291961.4	5497913.2	160.7
	2.95	292087.5	5497994.6	162.1
14	0	294995.3	5496248.1	223.2
	1.45	295120.2	5496321.7	222.5
	2.95	295249.6	5496397.9	221.8
15	0	297766.0	5496502.0	181.8
	1.45	297910.4	5496490.1	185.6
	2.95	298060.9	5496476.0	188.6
16	0	279303.1	5498486.7	203.1
	1.45	279239.4	5498617.0	206.8
	2.95	279173.6	5498751.8	209.8
17	0	281932.3	5498027.5	202.4
	1.45	281932.3	5498027.5	202.4
	2.95	282082.4	5498025.7	196.0
18	0	284361.7	5496172.3	177.8
	1.45	284486.7	5496245.7	181.7
	2.95	284616.2	5496321.6	182.1
19	0	287717.7	5495969.3	194.2
	1.45	287857.7	5496007.9	190.5
	2.95	288002.5	5496047.7	187.8
20	0	291452.4	5495040.1	181.7
	1.45	291596.4	5495023.0	185.2
	2.95	291745.4	5495005.3	189.8
21	0	293944.5	5494037.6	185.6
	1.45	293937.8	5493891.9	180.6
	2.95	293930.9	5493743.9	175.0
22	0	297043.2	5493210.1	182.1
	1.45	297187.1	5493192.9	176.7
	2.95	297335.9	5493172.4	178.3
23	0	289801.0	5492508.9	156.6
	1.45	289892.4	5492396.2	157.0
	2.95	289986.9	5492279.8	159.7
24	0	293085.0	5490159.3	212.1
	1.45	293229.0	5490142.0	212.0
	2.95	293378.3	5490124.3	211.4
25	0	296343.4	5489829.6	214.2
	1.45	296425.5	5489949.1	212.9
	2.95	296510.5	5490072.8	213.4
26	0	289375.3	5488185.0	164.3

Закінчення таблиці 3

Номер лінії зондувань	Пікет збудження	Local Easting	Local Northing	Elev
26	1.45	289514.4	5488144.1	164.7
	2.95	289659.9	5488100.7	165.3
27	0	292312.5	5487581.7	212.9
	1.45	292329.6	5487725.7	210.9
	2.95	292347.3	5487874.8	207.7
28	0	295443.4	5487398.6	212.5
	1.45	295475.5	5487255.8	207.6
	2.95	295508.6	5487109.4	201.4

Таблиця 4 – Результати обробки польових матеріалів МСК

№ МСК	Інтервал дослідж., м	Альт., м	Абс.. відмітка підшви ЗМШ 1, м	Товщина ЗМШ 1, м	Середня швидкість в ЗМШ 1 м/с	Середня швидкість під ЗМШ1 м/с	Абсолют. відмітка покрівлі ЗМШ 2, м	Абсолют. відмітка підшви ЗМШ 2, м	Товщина ЗМШ 2, м	Середня швидкість в ЗМШ 2, м/с	Середня швидкість під ЗМШ2, м/с	Статична поправка +150м, $\Delta t_{пп}$, с
1	72	197.3	194.3	3	214	1222	183.3	157.3	26	963	1882	– 0.054
2	76	205.6	159.6	46	754	1429						– 0.067
3	76	177.2	137.2	40	597	1800						– 0.058
4	48	135.4	120.4	15	469	1571						– 0.015
5	58	218.5	208.5	10	400	1750	194.5					– 0.066
6	76	217.4	209.4	8	333	2000	191.4	151.4	40	1000	1667	– 0.074
7	76	193.1	143.1	50	758	1733						– 0.062
8	48	146.1	135.1	11	478	1609						– 0.015
9	62	178.5	161.5	17	630	1933	132.5	124.5	8	1000	2000	– 0.035
10	60	208.1	197.1	11	550	1636	179.1	152.1	27	1080	2000	– 0.057
11	64	185.5	156.5	29	707	1750						– 0.045
12	68	178.5	156.5	22	537	2000	138.5	116.5	22	1375	2000	– 0.046
13	62	160.7	157.7	3	250	1475						– 0.022
14	76	219.7	209.7	10	417	1647	181.7	149.7	32	941	2000	– 0.075
15	76	185.6	147.6	38	667	2000	121.6	115.6	6	1200	2000	– 0.055
16	76	206.9	201.9	5	278	1500	174.9	148.9	26	1000	1800	– 0.061
17	76	202.5	189.5	13	500	1714	177.5	148.5	29	1074	1692	– 0.059
18	76	181.7	145.7	36	655	1739						– 0.052
19	72	183.4	179.4	4	235	1667	174.4	147.4	27	844	1636	– 0.051

Закінчення таблиці 4

№ МСК	Інтервал дослідж., м	Альт., м	Абс.. відмітка підшви ЗМШ 1, м	Товщина ЗМШ 1, м	Середня швидкість в ЗМШ 1 м/с	Середня швидкість під ЗМШ1 м/с	Абсолют. відмітка покрівлі ЗМШ 2, м	Абсолют. відмітка підшви ЗМШ 2, м	Товщина ЗМШ 2, м	Середня швидкість в ЗМШ 2, м/с	Середня швидкість під ЗМШ2, м/с	Статична поправка +150м, $\Delta t_{пп}$, с
20	76	187.5	157.5	30	588	2000	147.5	125.5	22	1467	1750	– 0.057
21	76	179.9	152.9	27	563	1615	131.9	119.9	12	1333	2000	– 0.052
22	76	176.7	147.7	29	537	1741						– 0.052
23	62	157.1	155.1	2	167	1800	137.1	99.1	38	1357	2000	– 0.020
24	62	212.4	204.4	8	364	1700	187.4	154.4	33	1000	2000	– 0.068
25	76	212.9	202.9	10	526	1857	189.9	154.9	35	1061	1636	– 0.062
26	68	163.9	150.9	13	565	1719						– 0.025
27	62	211.3	198.3	13	464	1600	182.3	159.3	23	958	1667	– 0.068
28	62	208.5	195.5	13	542	1800	186.5	156.5	30	968	2000	– 0.064

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема бакалаврської роботи: «Особливості формування просторового розподілу статичних поправок для 3D сейсморозвідки».

Пояснювальна записка до бакалаврської роботи містить 62 сторінки.

Графічний матеріал:

1. Презентація бакалаврської роботи в обсязі 14 слайдів.

_____ Ольга ЧОРНІЙ