

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Геологорозвідувальний

(факультет)

Кафедра **Геофізичних методів розвідки**

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню **магістра**

студента Кочарян Маріне Артурівна

академічної групи 103м-19-3

спеціальності 103 Науки про Землю

спеціалізації¹ Геофізика

за освітньо-професійною програмою Науки про Землю

на тему : Розрахунок частотних характеристик ґрунтової товщі на основі швидкісної моделі за даними сейморозвідки

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
	Ішков В.В.			
	Довбніч М.М.			

Рецензент	Тимощук В.І.			
------------------	--------------	--	--	--

Нормоконтролер	Лозовий А.Л.			
-----------------------	--------------	--	--	--

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
геофізичних методів розвідки
_____ М.М. Довбніч
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню _____ магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Кочарян М.А. академічної групи 103м-19-3
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ 103 Науки про Землю

спеціалізації¹ _____ Геофізика

за освітньо-професійною програмою _____ Науки про Землю

на тему: Розрахунок частотних характеристик ґрунтової товщі на основі швидкісної моделі за даними сейсморозвідки

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 16.11.2020 № 947-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1. Загальні відомості про геологічну будову, інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови проммайданчику	Загальні відомості про фізико-географічні умови, відомості про геологічну будову, відомості про гідрогеологічні умови, відомості про сейсмічність району робіт.	28.09.2020- 15.10.2020
Розділ 2. Методика і результати отримання швидкісної моделі геологічного середовища проммайданчику	Методика та результати польових сейсморозвідувальних робіт методом МЗХ.	15.10.2020- 20.11.2020
Розділ 3. Методика і результати отримання амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища проммайданчику	Вибір моделі середовища. Вибір акселерограм для перерахунку, результати розрахунків амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища проммайданчику.	20.11.2020- 19.12.2020

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Довбніч М.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Кочарян М.А.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціальністю 103 Науки про Землю - НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, 2020. Робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 100 сторінок. Список використаних джерел налічує 9 найменувань. Кваліфікаційна робота магістра містить 50 рисунків, 7 додатків.

Динамічний розрахунок будівельних конструкцій на основі акселерограми введений в обов'язковий норматив при проектуванні особливо відповідальних об'єктів. Розрахункові акселерограми повинні в задовільному ступені відображати всі параметри коливань ґрунту. Зокрема, оцінка впливу резонансних ефектів геологічного розрізу проммайданчику на спектральні властивості акселерограм виконується шляхом розрахунку і врахування амплітудно-частотних характеристик ґрунтової товщі.

У роботі представлено результати чисельної оцінки здатності ґрунтової товщі проммайданчика змінювати частотний склад сейсмічних хвиль завдяки своїм фільтруючим властивостям.

Використаний метод оцінки фільтруючих властивостей ґрунтової товщі заснований на визначенні її амплітудно-частотної характеристики, яка в свою чергу є функцією частоти.

Найважливішою фізичною характеристикою для розрахунку частотних характеристик ґрунтової товщі є швидкісна модель геологічного середовища проммайданчику.

Ключові слова. СЕЙСМОРОЗВІДКА, ШВИДКІСНА МОДЕЛЬ, АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА.

ЗМІСТ

Терміни та визначення.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОЛОГІЧНУ БУДОВУ, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ПРОММАЙДАНЧИКУ	
1.1 Загальні відомості про фізико-географічні умови.....	9
1.2 Загальні відомості про геологічну будову.....	10
1.3 Загальні відомості про гідрогеологічні умови.....	13
1.4 Загальні відомості про сейсмічність району робіт	14
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОТРИМАННЯ ШВИДКІСНОЇ МОДЕЛІ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОММАЙДАНЧИКУ	
2.1 Загальні відомості.....	20
2.2 Methodика та результати свердловинних сейсморозвідувальних досліджень методом ВСП.....	25
2.3 Methodика та результати польових сейсморозвідувальних робіт методом МЗХ.....	45
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОТРИМАННЯ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОММАЙДАНЧИКУ	
3.1 Загальні відомості.....	51
3.2 Вибір моделі середовища	55
Моделі залежностей модулю зсуву та коефіцієнта загасання від деформації зсуву	Error! Bookmark no
3.3 Вибір акселерограм для перерахунку	56
3.4 Результати розрахунків амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища проммайданчику.	70
ВИСНОВКИ.....	73
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА І ЛІТЕРАТУРА	74
ДОДАТОК А. ГЕОЛОГІЧНІ РОЗРІЗИ МАЙДАНЧИКА ВИШУКУВАНЬ.....	68
ДОДАТОК Б. ШВИДКІСНІ МОДЕЛІ ЗА ДАНИМИ ВСП.....	73
ДОДАТОК В. ШВИДКІСНІ МОДЕЛІ ЗА ДАНИМИ МЗХ.....	83
ДОДАТОК Г. МОДЕЛІ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МОДУЛЮ ЗСУВУ ТА КОЕФІЦІЄНТА ЗАГАСАННЯ ВІД ДЕФОРМАЦІЇ ЗСУВУ	84
ДОДАТОК Д. ТЕХНІЧНІ ПРОЦЕДУРИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ РОЗРАХУНКАХ.....	88
ДОДАТОК Ж. ВИКОНАННЯ ПЕРЕВІРКИ НА УНІКАЛЬНІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	101

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Акселерограма	залежність прискорення коливань від часу.
Вертикальне сейсмічне профілювання (ВСП)	метод свердловинної сейсмозв'язки, заснований на реєстрації повздовжніх та поперечних хвиль вздовж стовбуру свердловини.
Епіцентр	точка на поверхні Землі безпосередньо над гіпоцентром землетрусу.
Землетрус локальний	землетрус, епіцентр якого розташований поблизу майданчика атомних станцій (в радіусі до 30 км).
Землетрус місцевий	землетрус, епіцентр якого розташований в радіусі від 30 до 300 км від майданчика атомних станцій.
Землетрус віддалений	землетрус, епіцентр якого розташований на відстані понад 300 км від майданчика атомних станцій.
Магнітуда (землетрусу)	результат вимірювання величини землетрусу за енергією, яка виділяється у вигляді сейсмічних хвиль.
Пікове прискорення ґрунту	максимальне абсолютне значення прискорення ґрунту на акселерограмі.
Метод заломлених хвиль (МЗХ)	метод польової сейсмозв'язки, заснований на реєстрації на денній поверхні повздовжніх і поперечних хвиль.

ВСТУП

Україна є великою індустріальною державою, на території якої розташована велика кількість великих промислових об'єктів, а саме: атомні і теплові електростанції, великі греблі, хвостосховища крупних гірничо-збагачувальних комбінатів, хімічні і металургійні виробництва, тощо. Всі вони відносяться до споруд класу наслідків (відповідальності) ССЗ, руйнування яких може спричинити важкі екологічні та соціально-економічні наслідки. Одним з факторів, що впливають на безпеку функціонування подібних об'єктів, є сильні сейсмічні впливи, викликані землетрусами тектонічної та техногенно-індукованої природи. Антропогенні зміни геологічного середовища, що пов'язані з будівництвом і експлуатацією цих об'єктів значно впливають і на локальні зміни сейсмічності. Вивчення мінливості параметрів руху ґрунтів при землетрусах з сейсмонебезпечних зон в залежності від будови і властивостей порід приповерхневої частини розрізу, а також врахування зміни властивостей середовища, що пов'язані з будівництвом та експлуатацією великих промислових об'єктів є обов'язковим елементом при проектуванні їх будівництва, реконструкції та продовження терміну їх експлуатації.

Актуальність теми. Ці питання вирішуються інженерною сейсмологією. Кінцевим результатом робіт по оцінці сейсмічності є синтетична акселерограма прогнозного землетрусу, максимально близька до очікуваної. Синтетичні акселерограми повинні в задовільній мірі відображати всі встановлені параметри коливань ґрунту. Згідно з нормативним документом ДБН України В.1.1.12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України», динамічний розрахунок будівельних конструкцій на основі акселерограми є обов'язковим при проектуванні особливо відповідальних об'єктів. Передбачається, що розрахункові акселерограми повинні володіти найбільш загальними рисами як минулих, так і майбутніх сейсмічних подій. В обов'язковому порядку в них повинні бути відображені особливості впливів, найбільш небезпечних для досліджуваних об'єктів. Для оцінки сейсмостійкості будівель і споруд важливо знати спектральний склад коливань ґрунтів майданчика при сильних землетрусах.

У практиці інженерної сейсмології важливим питанням є оцінка впливу резонансних ефектів геологічного розрізу проммайданчиків на спектральні властивості сейсмічних коливань при землетрусах. Дана оцінка виконується шляхом розрахунку і врахування амплітудно-частотних характеристик ґрунтової товщі.

Метою магістерської роботи є чисельна оцінка здатності ґрунтової товщі змінювати частотний склад сейсмічних хвиль завдяки своїм фільтруючим властивостям.

Використаний метод оцінки фільтруючих властивостей ґрунтової товщі заснований на визначенні її амплітудно-частотної характеристики, яка в свою чергу є функцією частоти.

Найважливішою фізичною характеристикою для розрахунку частотних характеристик ґрунтової товщі є швидкісна модель геологічного середовища проммайданчика.

У кваліфікаційній роботі магістра наведено загальні відомості, методика, результати побудови швидкісної моделі і розрахунку амплітудно-частотної моделі середовища для території великого промислового об'єкту класу відповідальності ССЗ.

Поставлена мета зумовлена вирішенням таких завдань:

- польові сейсмозвідувальні вимірювання методом заломлених хвиль (МЗХ);
- польові сейсмозвідувальні вимірювання методом багатоканальних спектральних характеристик поверхневих хвиль;
- вертикальне сейсмічне профілювання (ВСП);
- міжсвердловинне прозвучування.

Об'єкт дослідження. Проммайданчик великого промислового об'єкта.

Предмет дослідження. Амплітудно-частотні характеристики.

Методи дослідження. Для отримання швидкісної моделі геологічного середовища проводяться свердловинні і/або польові сейсмозвідувальні роботи.

Залежно від геологічної будови і умов проведення робіт, при вивченні швидкісних моделей ґрунтового масиву слід застосовувати одну або комплекс таких модифікацій сейсмозвідки:

- польові сейсмозвідувальні вимірювання методом заломлених хвиль (МЗХ);
- польові сейсмозвідувальні вимірювання методом багатоканальних спектральних характеристик поверхневих хвиль;
- вертикальне сейсмічне профілювання (ВСП);
- міжсвердловинне прозвучування.

Обробка матеріалів МЗХ проводилася на ПЕОМ за допомогою спеціалізованого програмного комплексу.

Новизна отриманих результатів. Отримана амплітудно-частотна характеристика у майбутньому буде застосована при моделюванні резонансних ефектів.

Практичне значення. Результатом робіт по оцінці сейсмічності є синтетична акселерограма прогнозного землетрусу, максимально близька до очікуваної. Синтетичні акселерограми повинні в задовільній мірі відображати всі встановлені параметри коливань ґрунту. Для подальших розрахунків виконано статистичну обробку сукупності амплітудно-частотних характеристик та отримано загальну для проммайданчика амплітудно-частотну характеристику с 84% ймовірністю неперевищення.

Апробація результатів дослідження. Положення даного дослідження пройшли апробацію на міжнародній науково-практичній конференції «Форум Гірників» (1-3 жовтня 2020 р., м. Дніпро).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 100 сторінок. Список використаних джерел налічує 9 найменувань. Кваліфікаційна робота магістра містить 50 рисунків, 7 додатків.

РОЗДІЛ 1.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОЛОГІЧНУ БУДОВУ, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ПРОММАЙДАНЧИКУ

1.1 Загальні відомості про фізико-географічні умови

У фізико-географічному відношенні проммайданчик розташований в межах Волинського Полісся в межиріччі Стиру та Горині.

Загальний орографічний план території визначається чергуванням широких, переважно низьких межирічних просторів, неглибоких врізаних річкових долин, невисоких ізольованих височин і на деяких ділянках досить великих озерних улоговин.

В цілому для Полісся характерний низовинний рельєф, широкі заболочені долини річок з дуже пологими, неявно вираженими схилами, зандрові, моренно-зандрові і моренні пласкі рівнини.

Рельєф, що сформувався на території Волинського Полісся в четвертинний час, пов'язаний з діяльністю льодовиків, флювіальних, карстових і еолових процесів.

Клімат району м'який, вологий, помірно-континентальний.

Глибина промерзання ґрунту залежить від метеорологічних умов і змінюється в значних межах. У суворі малосніжні зими ґрунт території, що розглядається, промерзає на метрову глибину, в м'які роки глибина промерзання ґрунту близько 0,25 м. Нормативна глибина промерзання ґрунту 0,8 м, а для супісків, дрібних і пилюватих пісків – 0,96 м.

Гідрографія району представлена річками, озерами, штучними каналами і болотами. Відповідно до загального ухилу денної поверхні річки мають напрямок з півдня на північ. Долини річок заболочені, течія спокійна, берега невисокі. Головною водною артерією району є р. Стир, права притока річки Прип'ять.

1.2 Загальні відомості про геологічну будову

В геоморфологічному відношенні проммайданчик знаходиться в межах кінцево-моренної гряди, що є правобережним водорозділом долини р. Стир, і займає площу близько 1 км².

Рельєф майданчику рівний, згладжений. Абсолютні позначки денної поверхні змінюються в межах 188-189 м.

У межах розвіданих глибин майданчик складений верхньопротерозойськими, верхньокрейдовими, верхньопалеогеновими і четвертинними утвореннями.

Верхньопротерозойські утворення на розвідану глибину близько 100 м представлені вулканогенними породами берестовецької світи, що включають кілька базальтових потоків, які, в свою чергу, складаються з базальтів і лавобрекчій.

Базальти мають сіре, рідше зеленувато-сіре, до темно-сіро-чорного забарвлення, в основному масивні, афанітові, тріщинуваті. Тріщини хаотичні, як відкриті, так і залічені – заповнені кальцитом і хлоритом. Іноді в відкритих тріщинах зустрічається принесений супісчаний матеріал з тонкими вкрапленнями білої крейди (результат суфозійних процесів).

В цілому, базальти і лавобрекчії характеризуються як слабовивітрілі ґрунти. Покрівля верхньопротерозойських утворень в межах проммайданчика відносно спокійна і характеризується поступовим підняттям із заходу на схід. Абсолютні позначки покрівлі зростають від 141 до 150 м. Ізогіпси мають майже меридіональне простягання, рівномірно розподілені по площі. Ухил поверхні базальтів на захід. Величина ухилу 0,003.

Покрівля верхньопротерозойських утворень ускладнена тектонічними порушеннями різних порядків.

На верхньопротерозойських утвореннях місцями залягає кора вивітрювання базальтів – жорсткий ґрунт з глинистим заповнювачем. Потужність кори незначна – всього 0,1-0,2 м.

Відкладення крейдяної системи в районі поширені дуже широко і розмиті тільки на підвищених ділянках. В межах промспоруд крейда поширена повсюдно.

Верхньокрейдяні породи представлені, головним чином, відкладеннями туронського ярусу і лише в самій нижній частині верхньокрейдяного розрізу – відкладеннями нижнього сеноману.

Утворення нижнього сеноману не мають широкого розповсюдження, приурочені до зон тектонічних порушень і характеризуються дуже малою потужністю – 0,2 - 0,7 м.

Сеноман представлений "базальним конгломератом" на вапняковому цементі. В цементуючу карбонатну світлу масу вкраплені добре окатані уламки найрізноманітніших порід – кременів, вапняків, базальтів і ін. Базальтний конгломерат класифікується, в основному, як ґрунт слабовивітрілий і лише зрідка у верхній частині, як вивітрілий і сильновивітрілий (рухляк).

Відкладення туронського ярусу, в цілому, однорідні за складом – це крейда, що донизу, іноді, змінюється мергелястим вапняком. Потужність останнього невелика (десяті частки м). Істотної ролі в верхньокрейдяному розрізі не грає.

Крейда – порода, що карстується. У крейді простежуються пустотні інтервали і великі тріщини, заповненні крейдяною суспензією, або перевідкладеними частинками вищерозміщених порід – це результат карстово-суфозійних процесів.

Ретельний опис керну і спостереження за проходкою свердловин, дозволили розчленувати товщу крейди, в залежності від її стану, на наступні 5 градацій:

- порожнечі в крейді (заповнені крейдяною суспензією і перевідкладеним матеріалом верхніх відкладень);

- крейда м'яко і текучепластичної консистенції;

- сильнотріщинувата крейда;
- тріщинувата крейда;
- тугопластична і напівтверда крейда масивної текстури.

Безпосередньо на крейді залягають відкладення харківської свити верхнього палеогену, що мають в межах проммайданчика повсюдне поширення. Літологічно виражені пісками, супісками і суглинками. Через високий вміст глауконіту відкладення мають характерне зелене забарвлення.

Піски представлені дрібними і пилюватими різницями, що часто заміщуються супісками. Нерідко містять тонкі прошарки глин. Станом зустрічаються піски середньої щільності і пухкі.

Супіски і суглинки частіше залягають у вигляді шару, нерідко досить витриманого, іноді перешаровуються з пісками. Консистенція супісків пластична і текуча, суглинків – м'якопластична, рідше тугопластична. Потужність відкладень харківської свити досить мінлива. На більшій частині проммайданчика потужність палеогену варіює в межах 2-5 м.

Покрівля харківських відкладень нерівна. Абсолютні позначки поверхні палеогену змінюються від 159,9 до 172,5 м.

Четвертинні відклади залягають з поверхні суцільним чохлам і представлені середньочетвертинними нерозчленованими флювіогляціальними і моренними пісками і супісками. Піски частіше залягають з поверхні до глибини 2-6 м, іноді більше, нижче залягають супіски з прошарками і лінзами пісків, рідше суглинки.

Піски по гранулометричному складу частіше дрібні та середньої крупності, рідше пилюваті і великі, середньої щільності, рідше пухкі.

Супіски займають домінуюче становище в будові ділянки. Характеризуються неоднорідним складом: в залежності від співвідношення піщаних і глинистих частинок, супіски можуть бути легкі і важкі. Консистенція супісків вище рівня ґрунтових вод тверда і пластична, нижче – пластична і текуча.

Потужність четвертинних відкладень варіює від 18-20 до 26-29 м, складаючи в більшості випадків 20-24 м.

Більш детальне уявлення про геологічну будову території досліджень можна отримати з інженерно-геологічних розрізів (див. Додаток А).

1.3 Загальні відомості про гідрогеологічні умови

Район розташування проммайданчика знаходиться в межах Волино-Подільського артезіанського басейну, що відрізняється певними особливостями живлення і розвантаження підземних вод. Геологічна будова, тектонічна обстановка, порівняно висока кількість опадів (до 600 мм на рік) при незначному випаровуванні, рівнинний характер рельєфу і слабкий вріз гідрографічної мережі сприяли широкому та інтенсивному обводненню відкладень району. Відсутність між стратиграфічними горизонтами витриманих водотривких шарів обумовлює існування єдиної потужної обводненої зони.

Наявність закарстованих крейдяних відкладень з одного боку, піщаних водопроникних з іншого, сприяє перетворенню значної частини атмосферних опадів в ґрунті та в підземні води. Тут звичайне формування річкового стоку водами, що стікають по денній поверхні, майже відсутнє. Можливо надходження в річку великих обсягів підземних вод, особливо при розтині річковою долиною верхньокрейдового водоносного горизонту; лише на окремих ділянках русла іноді спостерігається зниження річкового стоку через втрати в підстилаючі водопроникні відкладення, що надходять на поповнення підземних вод, в першу чергу крейдяних.

В межах даної території виділяються наступні водоносні горизонти і комплекси:

- водоносний комплекс відкладень четвертинної системи;
- водоносний горизонт відкладень верхньої крейди;

– водоносний комплекс відкладень верхнього протерозою.

Водоносні горизонти четвертинних відкладень гідравлічно пов'язані між собою і утворюють єдиний водоносний комплекс. Живлення водоносного комплексу здійснюється, в основному, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, область живлення збігається з площею їх поширення. Розвантаження здійснюється місцевою гідрографічною мережею.

Водомісткими породами водоносного горизонту верхньокрейдяних відкладень є крейда, рідше мергель і вапняки. Водоносність цих порід обумовлена їх тріщинуватістю і закарстованістю. Характерною особливістю обводненої мергельно-крейдяної товщі є рух тріщино-карстових вод уздовж розривних порушень, до яких приурочені зони з найбільш інтенсивно розвиненою тріщинуватістю і закарстованістю. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і перетікання з верхніх водоносних горизонтів. Часткове живлення відбувається за рахунок розвантаження напірних вод водоносних горизонтів верхнього протерозою, що залягають нижче.

Водоносний комплекс відкладень верхнього протерозою приурочений до тріщинуватих зон цих порід. Горизонт напірний, свердловини фонтанують.

1.4 Загальні відомості про сейсмічність району робіт

Велика частина території України, і безпосередньо майданчик, розташований в межах Східноєвропейської платформи, при цьому найбільш сейсмічно активними є тектонічні структури її південного і південно-західного обрамлення. Сейсмічну небезпеку для району розміщення можуть представляти струси від місцевих і віддалених сильних землетрусів. Найближчими до сейсмічно активними є сейсмічні райони Польщі, Закарпаття, Прикарпаття, Карпат (район Вранча), Добруджі і Криму. У безпосередній близькості від майданчика мають місце потенційні місцеві сейсмогенні структури.

Землетруси Польщі мають малу магнітуду і розрахункові струси від цих подій не перевищують 2 бали (в документі вказується бальність за шкалою MSK-64) для майданчика .

Землетруси Закарпаття і Прикарпаття відрізняються малою глибиною вогнищ і через швидке загасання сейсмічної енергії з відстанню, землетруси з цих регіонів є практично безпечними для .

Найближчі сейсмонебезпечні для об'єкту області знаходяться в радіусі близько 700-800 км і включають в себе (рис. 1.1):

1. Карпатський регіон (район Вранча) максимально можливі землетруси з магнітудою $M_{max}=8$;
2. Район Добруджа (Румунія, Болгарія) максимально можливі землетруси $M_{max} = 7$;
3. Кримсько-Чорноморський регіон максимально можливі землетруси $M_{max} = 7$;
4. Місцеві сейсмогенні структури – $M_{max} = 4-4.5$.

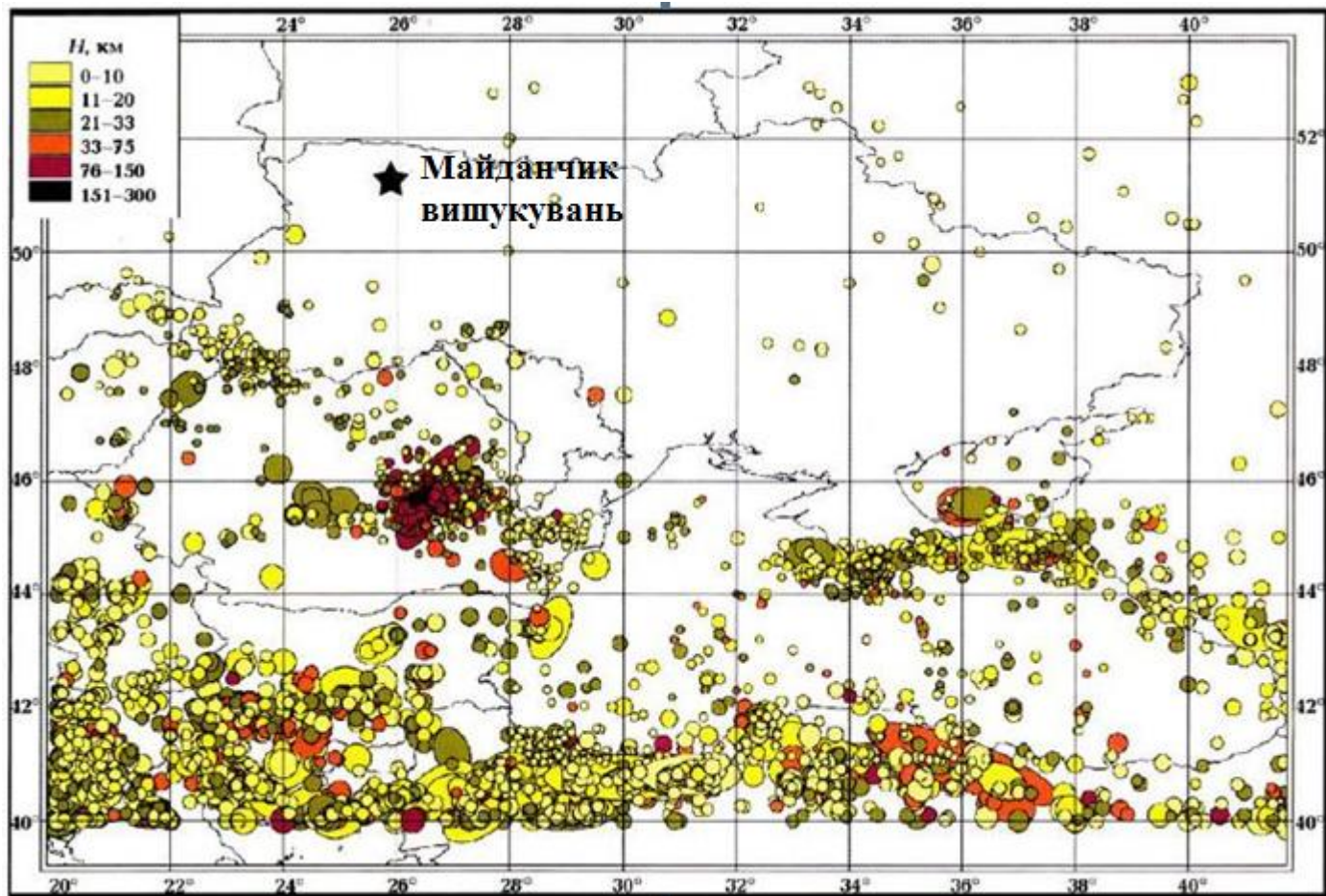


Рисунок 0.1 – Карта епіцентрів землетрусів району робіт та прилеглих сейсмоактивних регіонів [6]

Карпатський регіон (область Вранча).

Вогнища землетрусів зони Вранча розташовані в локалізованому обсязі літосфери розміром близько $100 \times 70 \times 150 \text{ км}^3$, в якому виділяється велика кількість енергії з потужністю порядку $8.57 \cdot 10^{11} \text{ Дж/год/км}^2$. Розподіл по глибинах вогнищ має два максимуми на 100 км и на 150 км (рис. 1.2, а). Крім високої щільності епіцентрів, цей район характеризується досить великою глибиною вогнищ землетрусів і частими землетрусами великих магнітуд ($M_{LH} > 7$): 75% всіх землетрусів з $M_{LH} \geq 4$ відбувається на глибинах $h = 100 \div 170 \text{ км}$ (рис. 1.2, б). Максимальний за магнітудою землетрус спостерігався в 1446 році і мав магнітуду рівну 7.6 ± 0.5 [3]. Помітна також тенденція до заглиблення вогнищ зі збільшенням магнітуди. Верхній граничний контур залежності "магнітуда – глибина вогнища" показує, що для кожного рівня магнітуд існує своя мінімальна глибина вогнища, вище якої не можуть виникати землетруси. Особливістю цих землетрусів є яскраво виражений анізотропний характер розподілу інтенсивностей. Велика вісь еліпсів ізосейст сильно витягнута в північно-північно-східному напрямку.

Найбільшу сейсмічну небезпеку становлять землетруси Вранча з розрахунковими магнітудами $M_{max} = 8$ [6] і максимальною магнітудою 7.6, що спостерігалася [3], [5].

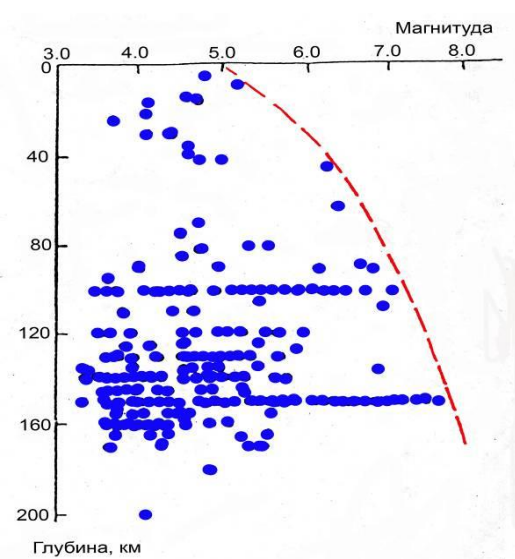
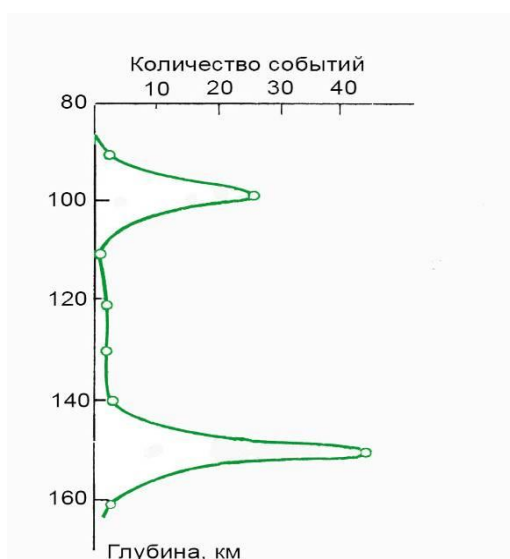


Рисунок 0.2 – Розподіл кількості землетрусів району Вранча (а) і їх магнітуд (б) за глибинами вогнищ

Найбільш сильні землетруси Вранча і їх прояви на території України і за її межами.

1446 р 10 жовтня, $M_{LH} = 7.6$. Найсильніше відоме за історичними джерелами землетрус району Вранча, що охопило майже всю територію Європи [5].

1802 р 26 жовтня, $M_{LH} = 7.4$. Один з найсильніших спостережених землетрусів. Землетрус охопив величезну територію понад 2 млн. км² від Стамбула до Петербурга. Інтенсивність в епіцентрі становила 9 балів. В епіцентральної області були великі руйнування, в землі утворилися тріщини. Річки в багатьох місцях вийшли з берегів [5].

1940 г. 10 листопада, $M_{LH} = 7.4$. Землетрус охопив територію площею близько 2 млн. км² – більшу частину Східної Європи. Відчувався у Франції і на узбережжі Малої Азії, на півночі - в Ленінграді.

1977 г. 4 березня, $M_{LH} = 7.1$. Землетрус проявився на величезній території і відчувався в Східній і Південній Європі, Італії, Греції та Туреччині. На півночі він відчувався до Петрозаводська (Росія). Землетрус мав яскраво виражений анізотропний характер розподілу інтенсивностей. Гранична дальність прояви струсів була в напрямку на північний схід – близько 1800 км, на південний схід - до 700 км, на північний захід – 300 км. В епіцентрі землетрус проявився з силою 9 балів.

1986 р 30 серпня, $M_{LH} = 6.9$. Землетрусом була охоплена вся територія України. Максимальні інтенсивності 7 балів спостерігалися на південному заході Одеської області **Error! Reference source not found.** (рис. 1.3).

1990 року, 30 травня, $M_{LH} = 6.8$. Землетрус охопив більшу частину України, всю територію Молдавії, Румунії та Болгарії. На території України найбільші струси (7 балів) були зареєстровані в Одеській області.

1990 року, 31 травня, $M_{LH} = 6.6$. Цей землетрус був дещо слабше попереднього. В Одеській області максимальні струси становили 6 балів.

Параметри загасання інтенсивностей для землетрусів Вранча істотно відрізняються від стандартних. Це пов'язано як з досить великою глибиною вогнища, так і асиметрією макросейсмічних полів.

Максимальний розрахунковий вплив на майданчик від землетрусів Вранча може становити 5 балів.

Район Добруджа.

На відміну від зони Вранча район Добруджа в сейсмічному відношенні вивчений слабо. Про землетрусах цього району відомо, в основному, тільки за макросейсмічними відомостями [4]. Відзначаються дві групи епіцентрів.

1. Північна частина Добруджі (поблизу міст Рені, Ісакча, Тульча, Кілія) Інтенсивність струсів, що було спостережено, від місцевих землетрусів досягала 6 балів. Останній за часом землетрус з цієї групи стався 13 листопада 1981 року в дельті р. Дунай і був зареєстрований багатьма сейсмічними станціями. Сейсмічні дії на півдні Одеської області досягали 6 балів. В осередках землетрусів цієї групи відзначений зсувний тип зрушення.

2. Вогнища землетрусів другої групи розташовані в центральній і південній Добруджі (район міст Киршелаг, Бабадаг, Хиршов). Ймовірно, до цієї групи відноситься руйнівний землетрус 14 жовтня 1892 (магнітуда 7.2, інтенсивність в епіцентрі 7-8 балів) [4]. Семибальними струсами була охоплена область з площею близько 4500 кв. км. Можливо, що цей землетрус викликав струси в Ізмаїлі в 7-8 балів.

За даними роботи [4] за період з 1872 по 1981 рік в районі Добруджі сталося 12 відчутних землетрусів. За останні десятиріччя в цьому районі інструментально зареєстровано чотири відчутних події: 9 листопада 1981 р. ($M_{LH} = 4.5$), 13 листопада 1981 р. ($M_{LH} = 5.2$), 12 березня 1985 р. ($M_{LH} = 3.5$). Останній відчутний землетрус стався 3 жовтня 2004 р. ($M_{LH} = 4.7$). Статистика землетрусів району Добруджі вкрай мала, тому будь-яких висновків про характеристики сейсмічності району зробити не можна. Максимальні прогнози магнітуди в районі Добруджа складають $M_{max} = 7.0$.

Максимальна розрахункова інтенсивність від землетрусів з магнітудою 7 з району Добруджі становить для майданчика 3-4 бали.

Кримсько-Чорноморський регіон.

За прийнятою сейсмічною регіонізацією [Землетруси СРСР в 1985 р.] до складу Кримсько-Чорноморського регіону входять суміжні території Північного Кавказу (Тамань, Нижня Кубань) і північно-східна частина Чорного моря, сейсмогенеруючі структури, які нерозривно пов'язані з основними структурами Криму. У зв'язку з цим далі при описі сейсмічності будемо говорити тільки про Крим, розуміючи під цим весь регіон в межах координат Чорного моря і Північного Кавказу. Сильні землетруси Криму відбуваються набагато рідше землетрусів Вранча. За 3 тисячоліття відомо тільки 10 землетрусів з магнітудою понад 6 [5]. У більш ранні часи в Криму відбувалися сейсмічні події з магнітудою близько 7, про що свідчать палеосейсмічні і археологічні знахідки.

Найбільша щільність епіцентрів доводиться на район, в якому знаходився епіцентр найсильнішого землетрусу 1927 року і подальших поштовхів (афтершоків). Вогнища землетрусів варіюють в межах земної кори і мають чіткий максимум щільності на глибинах 15-20 км (рис. 1.3).

На відміну від переважаючих глибоких землетрусів Вранча, осередки кримських землетрусів розташовуються, в основному, в земній корі на глибинах 15-20 км. Також як і для Вранча, землетрусу Криму мають тенденцію до заглиблення вогнищ зі збільшенням магнітуди.

Серед достовірно відомих землетрусів Криму, підтверджених археологічними та історичними матеріалами, слід віднести події 63 р. до н.е. з магнітудою $M_{LH} = 6.4$, що відбулися в районі Керченської протоки. Опис цього землетрусу зустрічається у середньовічних істориків Павла Оросія і Діона Касія. Землетрус зруйнував древню столицю Боспорського царства Пантікапей.

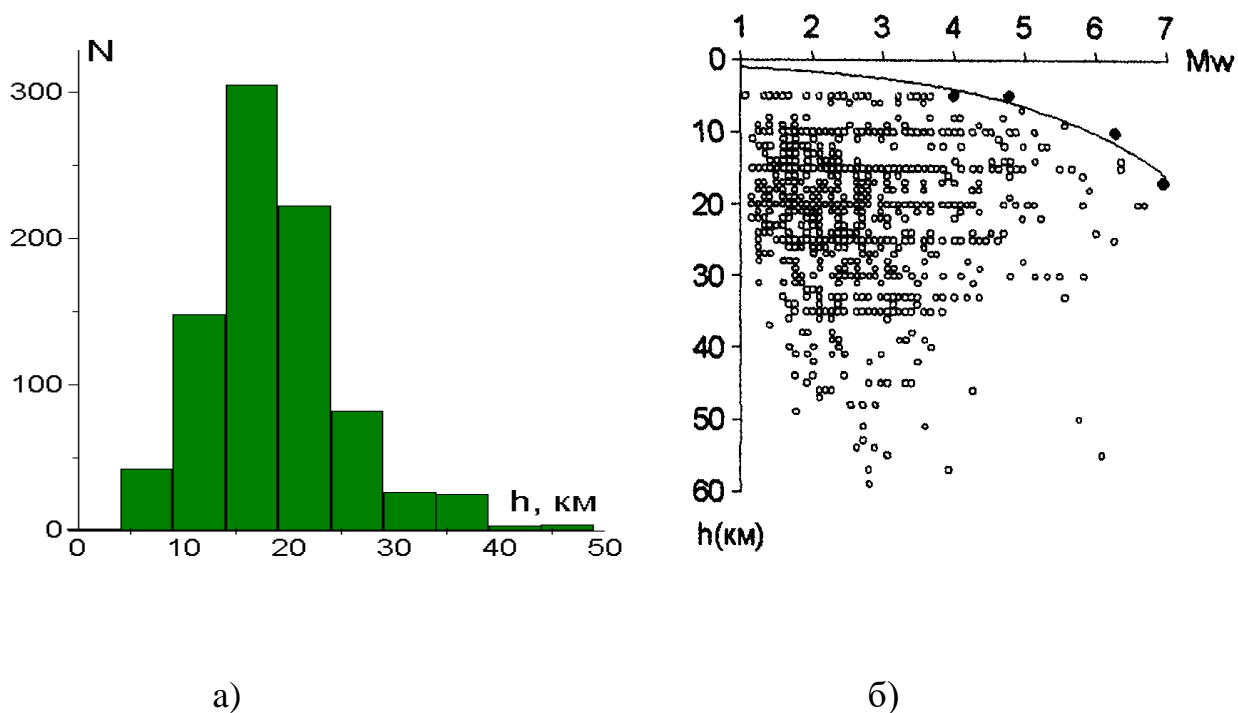


Рисунок 0.3 – Розподіл кількості Кримсько-Чорноморських землетрусів (а) і їх магнітуд (б) за глибинами вогнищ

В інструментальний період найбільш значимими були землетруси 26 червня (магнітуда $M_{LH} = 6.0$) і 11 вересня 1927 роки ($M_{LH} = 6.8$) [5]. 26 червня 1927 року об 11 годині 20 хвилин за грінвіцьким часом на Крим обрушився удар підземної стихії. Землетрусом силою 7 балів була охоплена, здебільшого, територія Південного берега Криму. Руйнування були незначні. Через 2.5 місяці 11 вересня 1927 року о 22 годині 15 хвилин за Гринвічем пішов більш потужний поштовх, сила якого досягала 8-9 балів. Цей землетрус викликав значні руйнування по всьому Південному берегу, були людські жертви, спостерігалися масові нервові і психічні розлади.

Струси, викликані Кримськими землетрусами 26 червня і 11 вересня 1927 р охопили значну за площею територію України, південь Білорусії і Росії. Сейсмічні коливання з інтенсивністю $I = 3 \div 4$ бали були відзначені в таких великих містах, як Одеса, Маріуполь, Київ, Гомель, Курськ, Харків, Ростов-на-Дону. Найбільші сейсмічні впливи зазнали населені пункти Південного берега Криму від м. Алушти до м. Балаклави, де інтенсивність землетрусу 11 вересня 1927 р. склала 8 балів для «середніх» ґрунтових умов.

У 1966 році 12 липня в районі Анапи стався сильний землетрус з магнітудою $M_{LH} = 5.9$, з глибиною вогнища $h = 55$ км. Інтенсивність в епіцентрі становила 7 балів. Землетрус викликав руйнування на Анапському узбережжі Чорного моря.

До теперішнього часу можна стверджувати, що вся територія Кримсько-Чорноморського регіону є сейсмічно активною (рис. 1.1). Найбільш активні райони поблизу Південного берега Криму і Анапський район (північний Кавказ). Виявлені сліди стародавніх землетрусів по всьому південному узбережжю Криму, що містить також район Севастополя, є ознаки дуже сильних землетрусів далекого минулого в південній частині Азовського моря.

Найсильніші землетруси Кримсько-Чорноморського регіону та Північного Кавказу можуть надавати сейсмічну дію на майданчик **не більше 3 балів**.

Сейсмічність місцевих сейсмогенних структур

Район проммайданчика розташований в південно-західній частині Східноєвропейської платформи, в цілому в межах Подільської плити, західній частині Українського кристалічного щита, Прип'ятського прогину.

Структура фундаменту регіону характеризується чітко вираженою блоковою будовою. Тут виділяються геоблоки I порядку, відповідно розломи I рангу мантійного закладення, внутрішньокорові розломи II рангу і розломи III порядку. В структурному плані розташована в межах Дубнівського геоблоку I-ого порядку, який на півдні межує з Новоград-Волинським геоблоком, на південному заході і заході – зі Львівським, на північному заході – з Поліським, на півночі і північному сході – з Осницьким геоблоками. Міжблоковими границями є зони розломів I рангу мантійного закладення і зони розломів.

Розломами I рангу мантійного закладення є:

- зони північно-східного простягання: Мінсько-Вижевська, Могилів-Стоходська, Горинська (Луцька), Кременецько-Пержанська, Тетерівська;
- північно-західного простягання: Центральна (Сарненсько-Варварівська) зона розломів, Хмельницький і Подільський розломи;

– широтного простягання – Кухітсько-Ратнівська зона розломів, Володимир-Волинський та Андрушівський розломи.

З розломів II порядку (внутрікорових) по геолого-геофізичним даним картуються субширотні тектонічні зони – Бельська і Чарторийська, а також Сарненсько-Варварівська зона північно-східного простягання.

розміщена на північно-східному фланзі Маневицького блоку, що є найбільш стабільною одиницею інфраструктури фундаменту, мінімально порушеної тектонічними процесами. Кордонами Маневицького блоку служать Горинська (Луцька), Кухітсько-Ратнівська, Могилів-Стоходська зони розломів, Володимир-Волинський розлом і його продовження – Олександрівський розлом. Саме тектонічні зони і розломи, з усіх виділених на території регіону мають першорядне значення при оцінці можливої сейсмічності Маневицького блоку. При цьому необхідно зазначити, що тільки Горинська (Луцька) тектонічна зона розломів перетинає безпосередньо 30-км зону на її південно-східному фланзі.

Всі виявлені сейсмотектонічні зони можуть бути віднесені тільки до класу потенційних зон МВЗ і потенційно сейсмонебезпечних.

Виходячи з можливого сейсмічного впливу на майданчик, найбільша інтенсивність може досягати 5.8 бала при події з магнітудою $M=4.1$ в Чарторийській розломній зоні.

Оцінка сейсмічної небезпеки майданчика

В ході виконання робіт з додаткового дослідження сейсмічної небезпеки майданчика фахівцями Інституту геофізики НАН України була виконана оцінка сейсмічної небезпеки з використанням детерміністського підходу і ймовірнісної оцінки на основі лінійно-доменного підходу.

Виходячи з результатів розрахунку характеристик сейсмічного впливу на майданчик за традиційною детерміністською методикою інтенсивність сейсмічного впливу для ПЗ прийнята в 5 балів, а для МРЗ – 6 балів.

Ймовірнісна оцінка фонові інтенсивності сейсмічного впливу на основі лінійно-доменного підходу від всіх сейсмонебезпечних зон, як місцевих, так

і віддалених (в тому числі і від зони Вранча), виконана за трьома програмами, дала наступні значення: для ПЗ (1 раз в 1000 років) – 5 балів, для МРЗ (1 раз в 10000 років) – 6 балів для середніх ґрунтових умов (ґрунти II категорії).

Результати оцінки ПЗ і МРЗ з урахуванням локальних умов майданчика

Облік впливу місцевих (локальних) умов на трансформацію сейсмічних коливань виконувався за результатами сейсмічного мікрорайонування. Сейсмічне мікрорайонування виконувалося для отримання уточнених даних про сейсмічну небезпеку майданчика та параметрів ПЗ і МРЗ

Вирішення зазначеного завдання здійснювалося за допомогою комплексу геолого-геофізичних і інструментальних сейсмологічних методів. В якості основного використаний метод реєстрації спеціальних вибухів. Методи мікросейсм, сейсмічних жорсткостей і інженерно-геологічних аналогій застосовувалися для деталізації результатів методу вибухів і забезпечення необхідної кондиції робіт.

Проммайданчик і основні споруди перебувають в зоні з нульовим приростом сейсмічної інтенсивності. Для всіх основних споруд приріст сейсмічної інтенсивності становить 0 балів.

Таким чином, сейсмічна небезпека з урахуванням локальних ґрунтових умов для майданчика становить: ПЗ (1 раз в 1000 років) – 5 балів, для МРЗ (1 раз в 10000 років) – 6 балів.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОТРИМАННЯ ШВИДКІСНОЇ МОДЕЛІ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОММАЙДАНЧИКУ

2.1 Загальні відомості

Інформація про швидкісні моделі середовища є найважливішою ланкою як при оцінці збільшень сейсмічної інтенсивності інструментальними і розрахунковими методами, так і при формуванні моделей для розрахунку амплітудно-частотних характеристик середовища і побудові синтетичних акселерограм на основі записів слабких сейсмічних подій.

Розрахункові акселерограми повинні в задовільному ступені відображати всі параметри коливань ґрунту. Зокрема, оцінка впливу резонансних властивостей геологічного розрізу проммайданчику на спектральні властивості акселерограм, виконується шляхом розрахунку і врахування амплітудно-частотних характеристик ґрунтової товщі.

Найважливішою фізичною характеристикою для розрахунку частотних характеристик ґрунтової товщі є швидкісна модель геологічного середовища проммайданчику.

Залежно від геологічної будови і умов проведення робіт, при вивченні швидкісних моделей ґрунтового масиву слід застосовувати одну або комплекс таких модифікацій сейсмозв'язки:

- польові сейсмозв'язувальні вимірювання методом заломлених хвиль (МЗХ);
- польові сейсмозв'язувальні вимірювання методом багатоканальних спектральних характеристик поверхневих хвиль;
- вертикальне сейсмічне профілювання (ВСП);
- міжсвердловинне прозвучування.

Цільове призначення сейсморозвідувальних робіт – побудова швидкісної моделі розрізу за поздовжніми (V_p) и поперечними (V_s) хвилями.

В даній роботі для отримання швидкісної моделі геологічного середовища проммайданчика проводились свердловинні сейсморозвідувальні роботи методом ВСП і польові сейсморозвідувальні роботи методом МЗХ.

2.2. Методика та результати свердловинних сейсморозвідувальних досліджень методом ВСП

Спостереження ВСП проведені в 10 свердловинах глибиною від 38,0 м до 54,0 м. Обсяги виконаних робіт представлено в таблиці 2.1.

Місцезнаходження свердловин для вертикального сейсмічного профілювання приведено в Додатку В. Спостереження ВСП виконувалися з кроком 1 м уздовж стовбура свердловини від вибою, або від максимальної глибини, нижче якої зонд було неможливо опустити з технічних причин, до рівня ґрунтових вод. Вище РГВ не вдалося отримати якісні вступи цільових хвиль, оскільки власні коливальні процеси, що виникають в металевих трубах, істотно впливали на характер сейсмічних записів.

Для вивчення швидкісних властивостей верхньої частини розрізу (вище рівня ґрунтових вод) використовувалися результати польовий сейсморозвідки методом МПВ (див. розділ 2.3).

При свердловинних спостереженнях застосовувалася гірляндна сейсмокоса, що складається з трьох трьохкомпонентних модулів, розташованих з кроком 1 м. Спостереження виконувалися від низу до верху із зсувом коси на 2 м при кожному наступному фіз. спостереженні. Таким чином, 1-й модуль попереднього фіз. спостереження поєднувався з 3-м модулем подальшого фіз. спостереження для контролю позначки моменту порушення коливань.

Таблиця 0.1

№ п.п.	№ свердловини	Максимальна глибина досліджень, (м)	Інтервал геофізичних досліджень, (м)	ВСП (ф.н.)
1	41-N-PR	-52,0	34	17
2	352-NM	-38	22	11
3	48-N-PR	-46	37	19
4	37-N-PR	-52	24	12
5	21-NM	-38	19	10
6	9-NM	-38	24	12
7	131-NM	-38	26	13
8	132-NM	-38	28	14
9	211-NM	-39	27	14
10	227-NM	-39	29	15
ВСЬОГО:			270	137

Збудження пружних коливань на кожній свердловині відбувалося шляхом ударів кувалди по сталевій плиті з одного пункту збудження (ПЗ), розташованого від гирла свердловини на відстані від 0,5 м до 1 м. Виноси ПЗ обмежувалися умовами місцевості.

Реєстрація спостережень ВСП проводилася за допомогою цифрової накопичувальної 24-канальної сейсмостанції «Лакколіт-24М» на жорсткий диск персонального комп'ютера.

На першому етапі обробки польових матеріалів, для кожного ПЗ формувалися зведені сейсмограмою ВСП. Приклад зведеної сейсмограмою ВСП з реєстрацією вертикальної (Z) компоненти по свердл. 41-N-PR з мінімальною початковою обробкою (нормування трас) показано на рисунку 2.1.

Процедури обробки зведених сейсмограм ВСП включали в себе м'яутінг початкової частини трас, нормування трас, зменшення некогерентного і когерентного шуму і смугову фільтрацію.

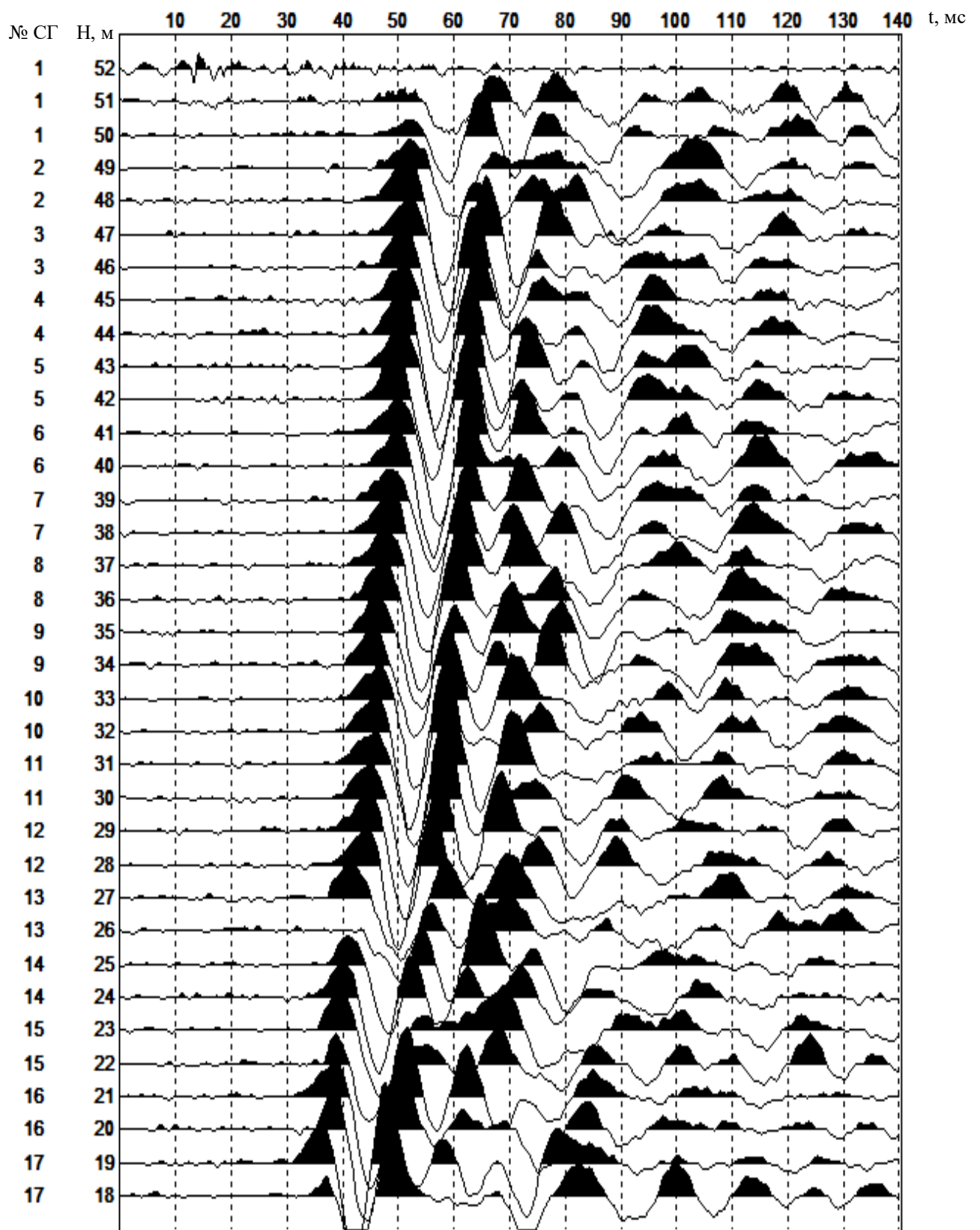
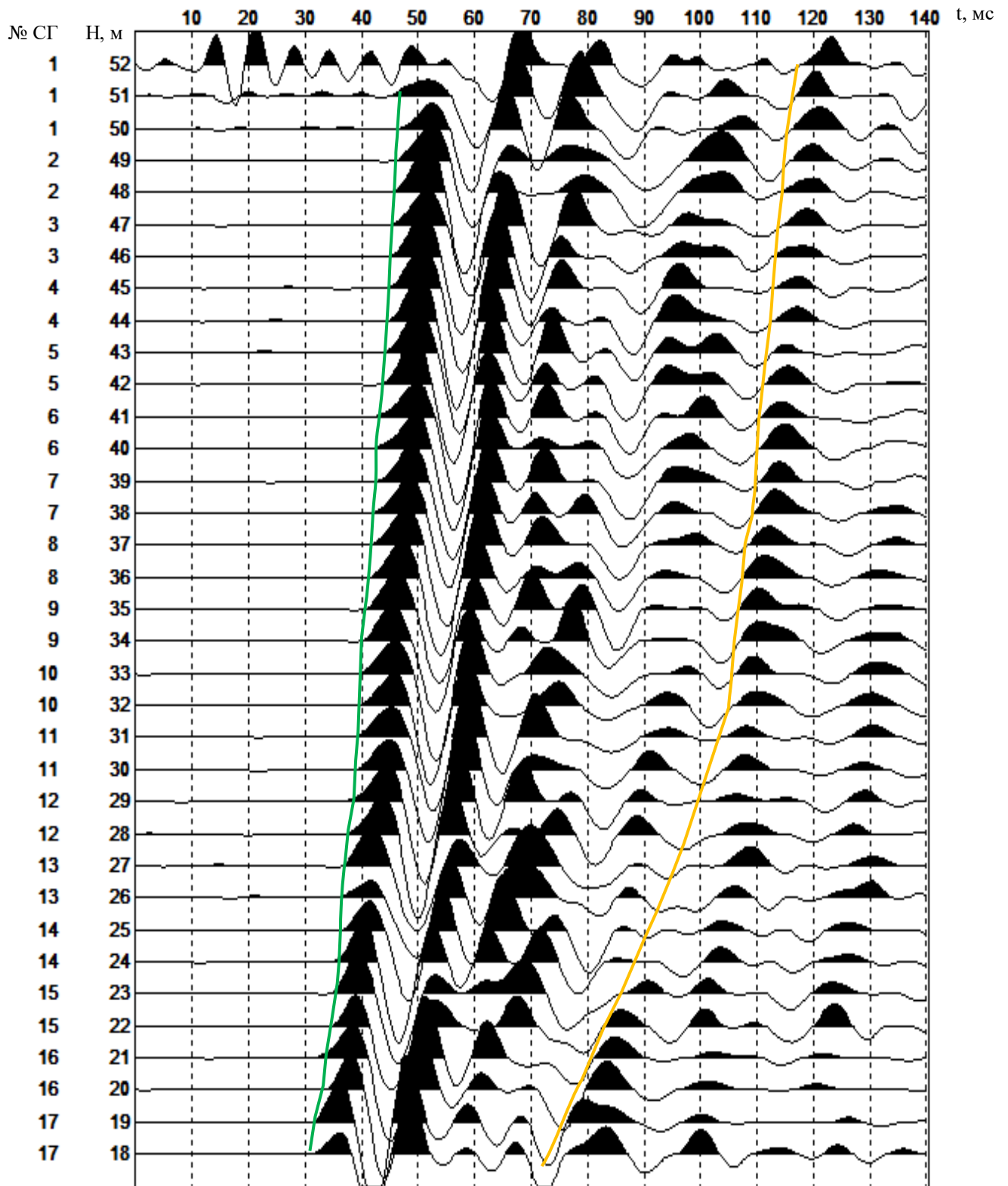


Рисунок 0.1 – Зведена сейсмограма ВСП по свердл. 41-N-PR (Z-компонента).
Обробка: нормування трас



- - годограф поздовжньої Р-хвилі;
- - годограф обмінної SP-хвилі.

Рисунок 0.2 – Зведена сейсмограма МСК по свердл. 41-N-PR (Z-компонента). Обробка: мьютінг початкової частини трас + нормування трас + зменшення некогерентного і когерентного шуму + полосова фільтрація 20-45-245-300 Гц

За зведеними сейсмограмами ВСП будувалися годографи перших вступів і фазові годографи поздовжньої хвилі, що проходить, яка розповсюджується вниз по розрізу. У фазові годографи вводяться поправки за фазу коливань, потім фазові годографи порівнюються з годографом перших вступів і будуються узагальнені зведені годографи перших вступів.

Приклад зведеної сейсмограмою ВСП по свердл. 41-N-PR з реєстрацією вертикальної (Z) компоненти після обробки показано на рисунку 2.2.

Оскільки обмінна SP-хвиля поширюється як P-хвиля тільки всередині труби в воді, а відстань сейсмоприймачів від обсадної труби становить не більше кількох сантиметрів, похибкою за розбіжність вступів S-хвилі і SP-хвилі цілком можна знехтувати. Таким чином, годографи SP-хвилі використовуються для обчислення значень S-хвилі.

Годографи перших вступів і наведені до них фазові годографи прямої поздовжньої хвилі перераховувалися до положення ПЗ на гирлі свердловини. Оскільки у верхній частині розрізу швидкість швидко змінюється з глибиною, наближені способи перерахунку, які зазвичай використовуються в сейсмокаротажі і ВСП, дають суттєві похибки при визначенні пластових швидкостей, особливо поблизу денної поверхні. З цієї причини для приведення годографів до гирла свердловини була розроблена програма, заснована на апроксимації розрізу горизонтально-шаруватою моделлю, з потужностями шарів, рівними відстаням між сусідніми точками годографа. В цьому випадку годограф поздовжньої хвилі, що проходить, описується параметричним рівнянням:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i \sqrt{1 - p^2 v_i^2}}; \quad (2.1)$$

$$x = p \sum_{i=1}^n \frac{h_i v_i}{\sqrt{1 - p^2 v_i^2}},$$

де t_n – спостережений час вступу хвилі в n -й точці годографа, x - відстань від гирла свердловини до ПЗ, h_i - відстань між $(i - 1)$ -й і i -й точками годографа, v_i

- інтервальна швидкість в i -му шарі, p – параметр сейсмічного променя, відповідно до закону Снелліуса

$$p = \frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2} = \dots = \frac{\sin \alpha_n}{v_n}, \quad (2.2)$$

де α_i – кут між вертикаллю і сейсмічним променем.

Обчислені з рівнянь (2.1) інтервальні швидкості v_i не можуть бути використані безпосередньо для обчислення пластових швидкостей, оскільки вони дуже чутливі навіть до незначних похибок в значеннях спостережених часів t_n , тому на основі обчислених v_i розраховується вертикальний годограф, приведений до гирла свердловини:

$$t_0 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i} \quad (2.3)$$

За зведеними годографами t_0 розраховуються середні і пластові швидкості поздовжніх хвиль по розрізах свердловин. Поблизу денної поверхні в деяких випадках спостерігається градієнтне наростання швидкості поздовжніх і поперечних хвиль з глибиною. У таких випадках розрахункові інтервальні швидкості v_i прирівнюються до швидкості в підшві відповідного розрахункового інтервалу.

Результати досліджень методом ВСП представлені у вигляді таблиць значень наведених до гирла свердловини вертикальних годографів (t_0), середніх (V_{cp}) і пластових ($V_{пл}$) швидкостей, співвідношень V_s/V_p , а також графіків середньої і пластової швидкостей для кожної з свердловин, що було досліджено. Нижче наведено текстовий опис результатів для кожної свердловини (Додаток Б).

Свердловина 41-N-PR

З денної поверхні до глибини 18 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в даному інтервалі дорівнює 594 м/с. Середня

швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 256 м/с. Шар, представлений починаючи від денної поверхні, піщаним насипним ґрунтом, супіском легкої, піском дрібним, супіском важким. Породи маловологі, з 17,4 м – водонасичені.

У інтервал 18 м - 19 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску важкого водонасиченого і піском дрібним водонасиченим. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1248 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 322 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З глибини 19 м до 25 м залягає шар піску дрібного водонасиченого, в підосві шару 0,5 м супісок легкий з прошарками піску. Швидкість поздовжніх хвиль в шарі має усереднене значення +1344 м/с. Швидкість поперечних хвиль в шарі має усереднене значення 349 м/с.

З 25 м до 27 м усереднене значення швидкості поздовжніх хвиль дорівнює 1741 м/с, усереднене значення швидкості поперечних хвиль дорівнює 356 м/с. Шар представлений глиною сірувато-зеленою, насиченою водою.

З 27 м до 28 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1250 м/с і швидкість поперечних хвиль 370 м/с. На літологічній колонці шар виділений як супісок важкий глауконітовий потужністю 1,6 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, точність визначення значень V_p і V_s в шарі дещо знижена.

У інтервал 28 м – 29 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску важкого глауконітового водонасиченого і крейдою тріщинуватою з уламками кременю. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1817 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 605 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З 29 м до 33 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1999 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 661 м/с. Шар представлений крейдою білою тріщинуватою з включенням уламків кременю.

З 33 м до 35 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1818 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 645 м/с. Шар представлений крейдою білою сильнотріщинуватою.

З 35 м до 42 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2126 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 701 м/с. Шар представлений крейдою білою м'якопластичною, з 37 м сильнотріщинуватою.

З 42 м до 43 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 2499 м/с і швидкість поперечних хвиль 833 м/с. На літологічній колонці шар виділений як вапняк тріщинуватий потужністю 0,2 м, і що залягає під ним шар крейди тріщинуватий потужністю 1,0 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, швидкості в виділеному інтервалі відповідають проміжним значенням між швидкостями у вапняку і в крейді.

В інтервал 43 м - 44 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між крейдою і базальтом. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 2222 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 1249 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З 45 м до глибини, на якій закінчені спостереження (52 м), залягає базальт темно-сірий тріщинуватий, тріщини заповнені кальцитом, хлоритом. Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 4290 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль в шарі дорівнює 1953 м/с

Свердловина 352-NM

З денної поверхні до глибини 16 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 16 м дорівнює 517 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 238 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні, піщаним насипним ґрунтом, супіском пилюватим, піском середньої крупності з включенням жорстви скельних порід, супіском піщанистим. Породи маловологі, з 15,8 м – водонасичені.

Інтервал 16 м - 17 м (крок каналів сейсмокоси) представлений супіском піщанистим пилюватим, водонасиченим. Швидкість V_p для даного інтервалу визначена рівною 1040 м/с, швидкість V_s для даного інтервалу визначена рівною 289 м/с.

З глибини 17 м до 24 м швидкість поздовжніх хвиль в шарі має усереднене значення 1129 м/с. Швидкість поперечних хвиль в шарі має усереднене значення 310 м/с. У верхній частині шару (0,5 м) залягає прошарок суглинку важкого пилюватого, нижче супісок піскуватий з домішкою глауконіту, пластичної консистенції.

У інтервал 24 м - 25 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску піскуватого водонасиченого і глиною твердої консистенції. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1250 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 312 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З 25 м до 26 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1997 м/с і швидкість поперечних хвиль 322 м/с. На літологічній колонці шар виділений як глина важка глауконітова потужністю 1,8 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, точність визначення значень V_p і V_s в шарі дещо знижена.

З 26 м до 27 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1427 м/с і швидкість поперечних хвиль 312 м/с. На літологічній колонці шар виділений як супісок піскуватий твердої консистенції потужністю 0,4 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, обчислені значення V_p і V_s мають усереднені значення між швидкостями в супіску і вміщуючих шарах.

З 27 м до глибини, на якій закінчені спостереження (38 м), залягає крейда біла до глибини 29,0 м – масивна тугопластична, з включенням уламків кременю; з 29,0 м – сильнотріщинувата; з 36,0 м – з включенням уламків кременю. Зміни швидкості поздовжніх хвиль в шарі з 1997 м/с до 2498 м/с виглядають досить хаотичними, розділити шар крейди на підшари по V_p не вдається. Усереднена

швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2226 м/с. За швидкістю поперечних хвиль шар крейди можна розділити на три підшари: в інтервалі 27 м - 29 м – V_s дорівнює 800 м/с; в інтервалі 29 м - 36 м – V_s дорівнює 778 м/с; в інтервалі 36 м – 38 м – V_s дорівнює 833 м/с.

Свердловина 48-N-PR

З денної поверхні до глибини 9 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 9 м дорівнює 543 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 278 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні, піском дрібним (2,8 м), супіском легкої (0,7 м), піском дрібним з тонкими прошарками супіски. Породи маловологі, з 9,22 м – водонасичені.

Інтервал 9 м - 16 м представлений піском дрібним кварцевим, з тонкими прошарками супіску, водонасиченим. Швидкість V_p для даного інтервалу визначена рівною 1378 м/с, швидкість V_s для даного інтервалу визначена рівною 349 м/с.

З глибини 16 м до 20 м швидкість поздовжніх хвиль в шарі має усереднене значення 1081 м/с. Швидкість поперечних хвиль в шарі має усереднене значення 330 м/с. Шар представлений супіском легким пластичним.

В інтервал 20 м - 21 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску легкого пластичного та піском пилюватих водонасиченим. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1249 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 350 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З 21 м до 23 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1333 м/с і швидкість поперечних хвиль 364 м/с. Шар представлений піском пилюватим водонасиченим.

З 23 м до 25 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1212 м/с і швидкість поперечних хвиль 370 м/с. Шар представлений супіском легким пластичним глауконітовим.

В інтервалі 25 м - 27 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1381 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 377 м/с. Шар представлений піском пилуватим глауконітовим водонасиченим.

З 27 м до 30 м зафіксована усереднена швидкість поздовжніх хвиль 2115 м/с і усереднена швидкість поперечних хвиль 750 м/с. Шар представлений крейдою білою текучепластичною.

З 30 м до 33 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2259 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 790 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною, тугопластичною, з уламками кременю.

З 33 м до 37 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2176 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 769 м/с. Шар представлений крейдою білою, тріщинуватою.

З 37 м до 38 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 2776 м/с і швидкість поперечних хвиль 1111 м/с. На літологічній колонці шар виділений як вапняк кременистий слабовивітрілий потужністю 0,3 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, швидкості в виділеному інтервалі відповідають проміжним значенням між швидкостями у вапняку і породами, що залягають вище і нижче.

З 38 м до глибини, на якій закінчені спостереження (46 м), залягає базальт темно-сірий масивний тріщинуватий, тріщини заповнені кальцитом, хлоритом. Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 4471 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль в шарі дорівнює 2086 м/с

Свердловина 37-N-PR

З денної поверхні до глибини 28 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в даному інтервалі дорівнює 537 м/с. Середня

швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 227 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні, піщаним насипним ґрунтом, піском різної крупності (до глибини 10,3 м), супіском легким пилуватим (до глибини 18,0 м), піском пилуватим (до глибини 25,7 м), супіском важким глауконітовим з прошарками сірої глини. Породи маловологі, з 27,4 м – водонасичені.

В інтервалі 28 м - 29 м залягає супісок важкий глауконітовий з прошарками сірої глини, водонасичений. Швидкість V_p в шарі дорівнює 1249 м/с, швидкість V_s в шарі дорівнює 290 м/с.

З глибини 29 м до 31 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2219 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 669 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною, м'якопластичною.

З 31 м до 33 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2220 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 816 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною, м'якопластичною.

З 33 м до 44 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2403 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 778 м/с. Шар представлений крейдою білою тріщинуватою, з 34,5 м з уламками кременю.

З 44 м до 48 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2885 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 833 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною, тугопластичною, з 45,0 м – щільною.

З 48 м до глибини, на якій закінчені спостереження (52 м), залягає базальт темно-сірий тріщинуватий, частина тріщин заповнена кальцитом, хлоритом. Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 3998 м/с. Швидкість поперечних хвиль в інтервалі 48 м – 49 м дорівнює 1430 м, далі в шарі усереднена V_s дорівнює 1998 м/с.

Свердловина 21-NM

З денної поверхні до глибини 19 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в даному інтервалі дорівнює 413 м/с. Середня

швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 220 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні, піском дрібнозернистим з включеннями кременів, супіском маловологим, з 18.44 м – супіском водонасиченим.

В інтервалі 19 м – 28 м залягає супісок щільний, водонасичений. Швидкість V_p в шарі дорівнює 1213 м/с, швидкість V_s в шарі нарастає з глибиною від 280 м/с до 297 м/с.

З глибини 28 м до 31 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1 998 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 361 м/с. Шар представлений глиною темно-зеленою.

З 31 м до глибини, на якій закінчені спостереження (38 м), залягає крейда. Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2227 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль в інтервалі 31 м – 36 м дорівнює 769 м, далі в інтервалі 36 м – 38 м усереднена V_s дорівнює 800 м/с.

Свердловина 9-NM

З денної поверхні до глибини 14 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 14 м дорівнює 428 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 208 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні, піщаним насипним ґрунтом, піском дрібним, супіском піщанистим, з глибини 6,3 м – пилюватим, піском пилюватим, суглинком легким, супіском піщанистим. Породи маловологі, з 13,84 м – водонасичені.

Інтервал 14 м – 22 м представлений супіском піщанистим пластичним, водонасиченим. Швидкість V_p для даного інтервалу визначена рівною 987 м/с, швидкість V_s для даного інтервалу визначена рівною 280 м/с.

В інтервал 22 м – 23 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску піщанистого пластичного та піском пилюватим водонасиченим. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1110 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 286 м/с. Швидкості в проміжному

інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З глибини 23 м до 24 м (крок каналів сейсмокоси) зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1 249 м/с і швидкість поперечних хвиль 333 м/с. На літологічній колонці шар виділений як пісок пилюватий водонасичений потужністю 1,4 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, точність визначення значень V_p і V_s в шарі дещо знижена.

З 24 м до 25 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1111 м/с і швидкість поперечних хвиль 345 м/с. На літологічній колонці шар виділений як супісок піщанистий глауконітовий потужністю 1,0 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, точність визначення значень V_p і V_s в шарі дещо знижена.

З 25 м до 26 м зафіксована швидкість поздовжніх хвиль 1427 м/с і швидкість поперечних хвиль 345 м/с. На літологічній колонці шар виділений як пісок дрібний глауконітовий, водонасичений, потужністю 1,4 м. Оскільки крок спостережень дорівнює 1 м, точність визначення значень V_p і V_s в шарі дещо знижена.

Інтервал 26 м – 28 м представлений супіском піщанистим глауконітовим, пластичним, водонасиченим. Швидкість V_p для даного інтервалу визначена рівною 1249 м/с, швидкість V_s для даного інтервалу визначена рівною 377 м/с.

В інтервал 28 м - 29 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску піщанистого пластичного і крейдою сірувато-білою, масивною, м'якопластичною. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1428 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 454 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З глибини 29 м до 32 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2220 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 750 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною, м'якопластичною.

З 32 м до 35 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2498 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 789 м/с. Шар представлений крейдою білою тріщинуватою з уламками кременю.

З 35 м до глибини, на якій закінчені спостереження (38 м), залягає крейда біла сильнотріщинувата з включенням кременів. Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2314 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 770 м/с.

Свердловина 131-NM

З денної поверхні до глибини 12 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 12 м дорівнює 440 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 178 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні піском дрібнозернистим, з глибини 3,0 м – супіском. Породи маловологі, з 11,34 м - водонасичені.

В інтервалі 12 м - 16 м залягає супісок пластичний, водонасичений (fgQII dn). Швидкість V_p в шарі дорівнює 997 м/с, швидкість V_s в шарі наростає з глибиною від 250 м/с до 270 м/с.

З глибини 16 м до 23 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1052 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 278 м/с до 322 м/с. Шар представлений супіском пластичним, водонасиченим (fgQII dn).

З глибини 23 м до 26 м швидкість поздовжніх хвиль змінюється від 1111 м/с до 1175 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 333 м/с до 357 м/с. Шар представлений супіском пластичним, водонасиченим (fgQII dn).

З 26 м до 29 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1 333 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 390 м/с. Шар представлений супіском зеленим пластичним (P2 hr) водонасиченим.

З глибини 29 м до 31 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2109 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 667 м/с. Шар представлений крейдою м'якопластичною (K2t).

З 31 м до глибини, на якій закінчені спостереження (38 м), залягає крейда тугопластична (K2t). Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2427 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 796 м.

Свердловина 132-NM

З денної поверхні до глибини 10 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 10 м дорівнює 472 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 169 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні супіском. Породи маловологі, з 9,09 м – водонасичені.

В інтервалі 10 м - 14 м залягає супісок водонасичений, (fgQII dn). Швидкість V_p в шарі дорівнює 1049 м/с, швидкість V_s в шарі наростає з глибиною від 226 м/с до 263 м/с.

З глибини 14 м до 18 м швидкість поздовжніх хвиль наростає з глибиною від 1109 м/с до 1218 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 270 м/с до 294 м/с. Шар представлений супіском водонасиченим (fgQII dn).

З глибини 18 м до 28 м швидкість поздовжніх хвиль змінюється від 1332 м/с до 1470 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 357 м/с до 405 м/с. Шар представлений супіском зеленим пластичним (P2 hr), водонасиченим.

В інтервал 28 м – 29 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє границя між шаром супіску пластичного і крейдою м'якопластичною. Швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1612 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 417 м/с. Швидкості в проміжному інтервалі мають усереднені значення між швидкостями в верхньому і нижньому шарах.

З глибини 29 м до 32 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 1999 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 644 м/с до 833 м/с. Шар представлений крейдою м'якопластичною (K2t).

З 32 м до глибини, на якій закінчені спостереження (38 м), залягає крейда тугопластична (K2t). Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2499 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 833 м.

Свердловина 211-NM

З денної поверхні до глибини 12 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 12 м дорівнює 507 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 184 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні: насипним піском дрібним; з глибини 1,6 м – супіском легкої з прошарками піску, з включенням щебеню (fgQII dn); з глибини 5,0 м – піском дрібним зеленувато-сірим, кварцовим, маловологим (fgQII dn); з глибини 9,8 м – супіском жовто-бурим (fgQII dn). Породи маловологі, з 11,33 м – водонасичені.

В інтервалі 12 м - 19 м залягає супісок водонасичений, жовто-бурий, з 12.9 м – зелений, з 15.0 м – кольору болотяної зелені, пластичний (P3 hr). Швидкість поздовжніх хвиль в шарі наростає з глибиною від 1107 м/с до 1175 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 250 м/с до 286 м/с.

З глибини 19 м до 25 м швидкість поздовжніх хвиль в шарі стабілізується і дорівнює 1249 м/с. Швидкість поперечних хвиль в шарі продовжує наростати з глибиною від 303 м/с до 333 м/с. Шар представлений супіском водонасиченим, кольору болотяної зелені, пластичним (P3 hr).

В інтервал глибин 25 м - 26 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляють тонкі шари: супісок важкий темно-зелений, глауконітовий (P3 hr) потужністю 0,9 м; глина темно-сіра з прошарками супіску, тугопластична (P3 hr) потужністю 0,3 м. Швидкості поздовжніх і поперечних хвиль мають проміжні значення: швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1427 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 345 м/с.

З глибини 26 м до 31 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2220 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 703 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною тугопластичною (K2t).

З глибини 31 м до 34 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2499 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 833 м/с. Шар представлений крейдою білою тріщинуватою з уламками кременю до 10 см (K2t).

З 34 м до глибини, на якій закінчені спостереження (39 м), залягає крейда білий сильнотріщинуватих (K2t). Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2415 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 806 м/с.

Свердловина 227-NM

З денної поверхні до глибини 10 м (РГВ) спостереження не проводились через високий рівень перешкод від власних коливань в обсадних трубах. Середня швидкість поздовжніх хвиль (V_p) в інтервалі від 0 м до 10 м дорівнює 470 м/с. Середня швидкість поперечних хвиль (V_s) дорівнює 180 м/с. Шар представлений, починаючи від денної поверхні: насипним піском дрібним з включенням щебеню, будівельного сміття; з глибини 1,8 м – піском дрібним темно-бурым кварцовим (fgQII dn); з глибини 4,9 м – супіском легким зеленувато-сірим, з 6.6 м – супіском легким сірим, пластичним (fgQII dn). Породи маловологі, з 9,35 м – водонасичені.

В інтервалі 10 м – 15 м залягає суглинок важкий, зеленувато-сірий, з плямами озалізнення (fgQII dn). Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 1050 м/с, швидкість поперечних хвиль в шарі наростає з глибиною від 249 м/с до 270 м/с.

З глибини 15 м до 21 м швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 1175 м/с. Швидкість поперечних хвиль в шарі продовжує наростати з глибиною від 278 м/с до 303 м/с. Шар представлений супіском важким, зеленувато-сірим, з 19.5 м кольору болотяної зелені, пластичним, водонасиченим (P3 hr).

З глибини 21 м до 23 м швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 1211 м/с. Швидкість поперечних хвиль в шарі дорівнює 322 м/с. Шар представлений

супіском важким, темно-зеленим, глауконітовим, пластичним, водонасиченим (P3 hr).

В інтервалі глибин 23 м – 24 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє частина шару глини темно-сірої з прошарками піску, глауконітовою, тугопластичною (P3 hr). Повна потужність 1,3 м. Швидкість V_p визначена рівною 1998 м/с, швидкість V_s визначена рівною 384 м/с.

В інтервалі глибин 24 м – 25 м (крок каналів сейсмокоси) потрапляє частина шару глини і супісок важкий темно-зелений, глауконітовий, з прошарками піску, пластичний (P3 hr), потужністю 0,7 м. Швидкості поздовжніх і поперечних хвиль мають проміжні значення : швидкість V_p для проміжного інтервалу визначена рівною 1665 м/с, швидкість V_s для проміжного інтервалу визначена рівною 357 м/с.

З глибини 25 м до 28 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2223 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 713 м/с. Шар представлений крейдою білою масивною тугопластичною (K2t).

З глибини 28 м до 34 м усереднена швидкість поздовжніх хвиль дорівнює 2665 м/с, усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 833 м/с. Шар представлений крейдою білою тріщинуватою (K2t).

З 34 м до глибини, на якій закінчені спостереження (39 м), залягає крейда біла сильнотріщинувата (K2t). Усереднена швидкість поздовжніх хвиль в шарі дорівнює 2526 м/с. Усереднена швидкість поперечних хвиль дорівнює 813 м/с.

2.3. Методика та результати польових сейсмозвідувальних робіт методом МЗХ

Для вивчення швидкісних властивостей верхньої частини розрізу виконувалися польові сейсмозвідувальні роботи методом МЗХ.

Всього відпрацьовано 10 24-х каналних розстановок МЗХ з кроком пунктів прийому (ПП) 5 м і довжиною по 115 м. Положення розстановок визначалося на підставі апріорної інженерно-геологічної інформації з урахуванням технічних можливостей виконання робіт. Прив'язка сейсмозвідувальних розстановок здійснювалася з використанням системи GPS.

Для реєстрації коливань використовувалася цифрова 4-канальна сеймостанція "Лакколіт-24М" (рис. 2.3) з комплектом сеймоприймачів для реєстрації поперечних хвиль (рис. 2.4), сейсмічних кіс, лінії синхронізації. Польові роботи виконувалися за методикою поздовжнього безперервного профілювання за схемою Z-Z (вертикальна орієнтація сеймоприймачів і вертикальний напрямок удару) і Y-Y (горизонтальна орієнтація сеймоприймачів і горизонтальний напрямок удару). У першому випадку здійснювалася реєстрація поздовжніх хвиль, у другому – поперечних хвиль.

Профілі відпрацьовуються по 5-точковій системі спостереження (пункти удару на кінцях коси, в середині і 2 виноси, рівні половині бази прийому). Відстань між пунктами збудження (ПЗ) становить 55-60 м, база прийому 115 м, крок між пунктами прийому коливань (ПП) – 5 м (рис. 2.5).

Збудження коливань виконувалося ударним способом з накопиченням сигналу від 15 до 60 ударів в залежності від рівня перешкод. Для збудження пружних коливань використовувалося джерело ударного типу (12-кілограмова кувалда). Удари наносилися по металевій підкладці типу «борона» (рис. 2.6). У вертикальному напрямку (рис. 2.7, а) удари наносилися при збудженні поздовжніх P-хвиль і в напрямку, перпендикулярному лінії профілю при збудженні поперечних SH-хвиль (рис. 2.7, б). Для впізнання хвиль типу SH, записи

отримували з протилежно спрямованими ударами. В цьому випадку поперечна хвиля змінює фазу на протилежну, а поздовжня хвиля – ні, за рахунок чого, при подальшому відніманні зареєстрованих сигналів, відбувається знешкодження хвиль-перешкод.

Крок дискретизації сейсмічних записів 0,5 мс, тривалість запису 1024 дискрети, затримка – 0 мс, смуга фільтрації – відкритий канал. Рівень попереднього посилення по кожному каналу вибирався виходячи з рівня корисного сигналу і інтенсивності хвиль-перешкод і, в середньому, знаходився в межах 72-84 дБ.

Зареєстровані сейсмограми записувалися на жорсткий диск портативного комп'ютеру.

Незважаючи на високий рівень техногенних перешкод, сейсмограми характеризуються гарною якістю, що досягається за рахунок збільшення числа накопичень.



Рисунок 0.3 – Реєстрація сейсмічних коливань сеймостанцією "Лакколіт-24М"



Рисунок 0.4 – Сеймоприймачі для реєстрації поздовжніх та

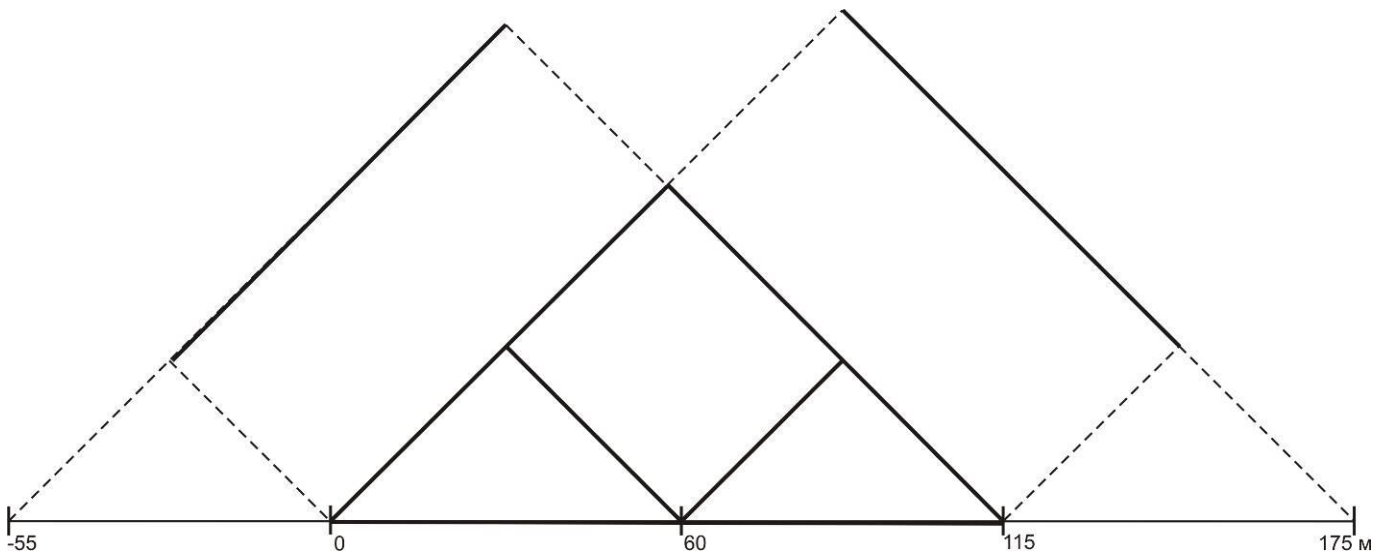


Рисунок 0.5 – Система спостережень МЗХ



Рисунок 0.6 – Металева підкладка для збудження сейсмічних коливань типу «борона»



а)



б)

Рисунок 2.7 – Збудження поздовжніх Р-хвиль (а) і поперечних SH-хвиль (б)

Обробка матеріалів МЗХ проводилася на ПЕОМ за допомогою спеціалізованого програмного комплексу в наступній послідовності:

1. Редакція сейсмограм.
2. Регулювання посилення:
 - нормування сейсмічних трас;
 - автоматичне і програмне регулювання посилення трас;
 - центрування трас.

Обробка сейсмограм. З метою знешкодження регулярних та нерегулярних перешкод і оптимізації простеження вісей синфазності застосовувалися такі процедури обробки:

- смугова фільтрація з різними смугами пропускання – від 20-90 Гц до 75-120 Гц, залежно від частотного спектра та інтенсивності перешкод;
- мінімально-фазова деконволюція з інтервалом передбачення від 9 до 17 дискретів.

В ході інтерпретації здійснювалася:

- кореляція годографів заломлених хвиль (рис. 2.8).
- обробка і редакція спостережених годографів, складання систем зведених зустрічних і наганяючих годографів, обчислення швидкісних законів.
- обчислення граничних швидкостей і побудова заломлюючих границь по системам зустрічних і наганяючих годографів способом пластових швидкостей.
- обробка і редакція заломлюючих границь, складання остаточних глибинних розрізів.
- запис результатів у вигляді текстових файлів.
- побудова глибинних сейсмічних розрізів в потрібному масштабі.

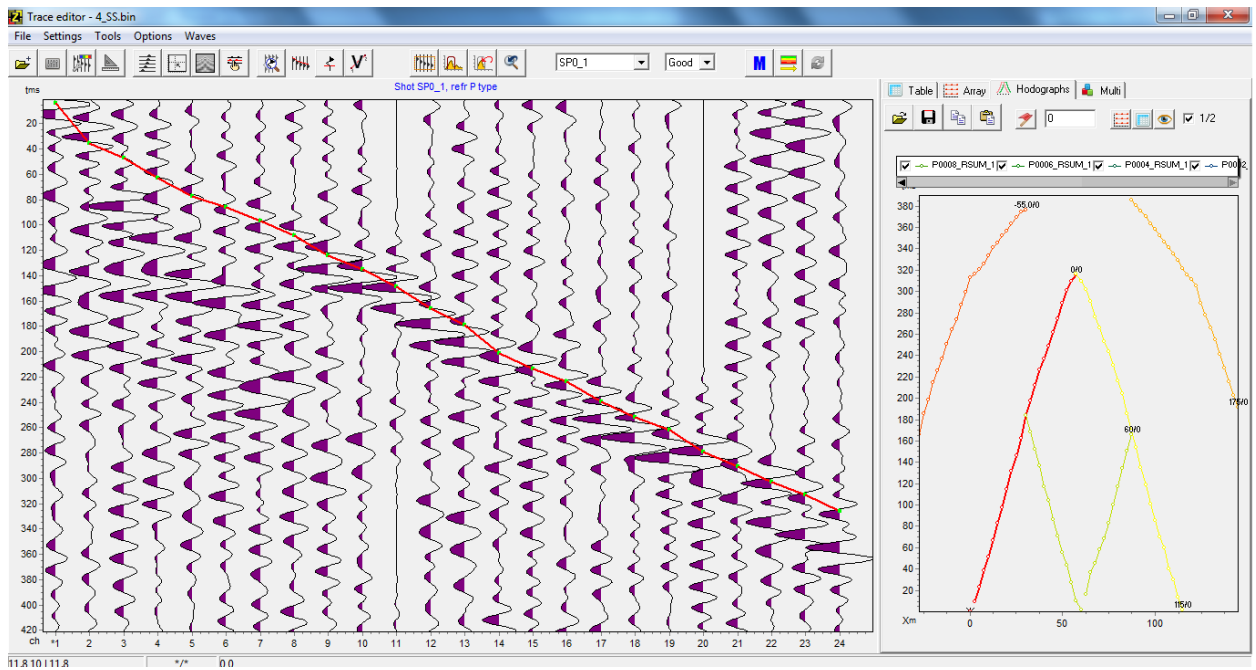


Рисунок 0.8 – Приклад пікіровки часів перших вступів і контролю ступеня подібності прямих і зустрічних годографів

За результатами обробки та інтерпретації даних сейсмічних зондувань МЗХ побудовані швидкісні моделі, що характеризують розподіл в масиві швидкостей сейсмічних хвиль.

Граничні швидкості ототожнюються з пластовими швидкостями поздовжніх та поперечних хвиль.

Швидкісні моделі за даними МПВ наведено в Додатку В.

РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОТРИМАННЯ АМПЛІТУДНО-ЧАСОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОММАЙДАНЧИКУ

3.1. Загальні відомості

Кінцевим результатом робіт по оцінці сейсмічності є синтетична акселерограма або набір реальних акселерограми, максимально близьких до очікуваної.

Відповідно до рекомендацій МАГАТЕ SSG-9 розрахункові акселерограми повинні в задовільній мірі відображати всі встановлені параметри коливань ґрунту. Кількість тимчасових діаграм для докладного аналізу та процедури, використаної при складанні цих тимчасових діаграм, залежить від типу проведеного аналізу.

Прийнято вважати, що кожний наступний землетрус володіє унікальними спектральними і амплітудними особливостями, що відрізняють його від попередніх подій. Проте, завдання сейсмічних впливів у вигляді розрахункових акселерограм отримало загальносвітову практику. Динамічний розрахунок будівельних конструкцій на основі акселерограми введений в обов'язковий норматив при проектуванні особливо відповідальних об'єктів. Передбачається, що розрахункові акселерограми повинні володіти найбільш загальними рисами як минулих, так і майбутніх сейсмічних подій. В обов'язковому порядку в них повинні бути відображені особливості впливів, найбільш небезпечних для досліджуваних об'єктів.

Для оцінки сейсмостійкості будівель і споруд важливо знати спектральний склад коливань ґрунтів майданчика при сильних землетрусах. Однак відносна рідкість їх виникнення значно ускладнює це завдання. Записати максимальні сейсмічні події з найбільш небезпечних для майданчика сейсмоактивних і ймовірно активних сейсмічних зон за час, відведений для сейсмічних досліджень, як правило, не вдається.

У завданнях оцінки сейсмічної небезпеки застосовуються різні розрахункові методи, що дозволяють оцінити можливі резонансні періоди ґрунту і врахувати їх при синтезуванні розрахункових акселерограм. До теперішнього часу накопичений значний досвід про те, що для проектування сейсмостійких споруд необхідні дані про переважаючі частоти при сильних землетрусах, тривалості коливань, форми спектрів коливань і інші параметри сейсмічної небезпеки будівельного майданчика.

Звичайно, можливе використання і емпіричного методу отримання частотних характеристик ґрунтової товщі під будівельними майданчиками за допомогою реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів і мікросейсм. Частотні особливості коливань ґрунтів цим методом оцінюють по спектральному відношенню однойменних горизонтальних і вертикальних складових сигналу, зареєстрованих на майданчику і на «скелі». Однак, при застосуванні емпіричного підходу, ми маємо справу з дуже слабкими, у порівнянні з гіпотетичними подіями рівня МРЗ і навіть ПЗ, впливами. В умовах нелінійного поведіння ґрунтової товщі це призводить до неврахування ряду особливостей частотних характеристик ґрунтової товщі при сильних впливах.

Саме тому вибір адекватних моделей поведінки ґрунту і математичне моделювання реакції ґрунту при сильних і тривалих сейсмічних впливах рівня ПЗ і МРЗ є одним з найбільш важливих і в той же час проблемних питань інженерної сейсмології.

Ґрунт як природна багатокомпонентна система є специфічним нелінійним середовищем для поширення сейсмічних хвиль. Він змінює не тільки динамічні характеристики цих хвиль (аж до повного поглинання або перетворення типу хвилі), а й свої властивості, причому ці процеси невіддільні одне від одного. Ґрунти здатні також змінювати частотний склад сейсмічних хвиль завдяки своїм фільтруючим властивостям. Ці ефекти обумовлені резонансними явищами, поглинанням через неідеальну пружність середовища, розсіювання хвиль на різних неоднорідностях, відображення і пере вивчення хвиль на межах шарів.

Шарувате геологічне середовище діє на спектральний склад сейсмічних хвиль аналогічно частотним фільтрам різних типів в залежності від будови і фізичних властивостей самого середовища.

На поверхні ґрунтової товщі, що містить кілька шарів, спектри хвиль можуть значно відрізнятися від спектра хвилі падаючої на нижню основу товщі.

Найбільш точний метод оцінки фільтруючих властивостей ґрунтової товщі заснований на визначенні її амплітудно-частотної характеристики, яка в свою чергу є функцією частоти. Амплітудно-частотна характеристика ґрунтів визначає зміни спектральних потужностей коливань ґрунту з урахуванням їх загасання.

При моделюванні сейсмічної реакції ґрунту в якості енергопоглинаючого параметра часто використовують коефіцієнт поглинання (демпфірування). Результати численних лабораторних експериментів на ґрунтах дозволяють стверджувати, що поглинаючі властивості практично не залежать від частоти в діапазоні звичайних сейсмічних навантажень.

Сучасні методи моделювання реакції ґрунту на сейсмічні впливи дозволяють розраховувати спектральні характеристики середовища при падінні на її підшву сейсмічної хвилі. Можна використовувати лінійний або нелінійний підхід.

Прийнято вважати, що при малих деформаціях система підкоряється закону Гука. При інтенсивних сейсмічних впливах в ґрунтах виникають явища, які не можуть бути описані лінійною теорією пружності. Нелінійність залежності між напруженнями і деформаціями в ґрунтах при досить високому напруженні призводить до того, що при збільшенні інтенсивності землетрусу порушується пропорційність між напруженням і деформаціями і настає явище насичення, коли напруження зростають повільніше, ніж при менших значеннях деформацій. Значення напружень, при яких зникає пропорційність залежності між напруженнями і деформаціями, є порогом пружності. Поріг пружності для різних ґрунтів може мати відчутні відмінності. Він визначається в першу чергу поглинаючими властивостями ґрунтів.

Для реальних ґрунтових масивів явищу поширення коливань властива нелінійність. В цьому випадку при моделюванні реакції на сейсмічні дії необхідно враховувати нелінійну залежність між напруженнями і деформаціями.

При моделюванні реакції ґрунту на сейсмічні впливи останнім часом значна увага приділяється нелінійним підходам.

Один із способів, що дозволяють враховувати нелінійні властивості ґрунтів – еквівалентне лінійне моделювання. Даний підхід широко застосовується при сейсмічному мікрорайонуванні в багатьох країнах. Метод постійно вдосконалюється.

При еквівалентному лінійному моделюванні ґрунт розглядається як лінійний в'язкопружний матеріал, а його нелінійні властивості враховуються шляхом введення залежності модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від величини деформації зсуву. Такі залежності підбираються залежно від літології геологічних шарів. Важливо розробити правильний підхід до вибору цих залежностей для кожного шару ґрунтової товщі.

На сьогоднішній день в результаті лабораторних випробувань знайдені залежності модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від величини зсувної деформації для ґрунтів різної літології.

Моделювання реакції ґрунту на сейсмічну дію являє собою класичну задачу інженерної сейсмології про поширення сейсмічної хвилі, що падає знизу з пружного півпростору (скельну основу), в товщі верхніх осадових шарів. Реакція ґрунту повинна розраховуватися з урахуванням нелінійних механізмів перетворення сейсмічних хвиль в ґрунтах. Обчислення проводяться в частотній області ітеративно. Спочатку вибираються приблизні середні значення модуля зсуву і коефіцієнта поглинання в ґрунтових шарах відповідно до заданих значеннями деформацій. За залежностями модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від деформації визначаються ефективні модулі зсуву і коефіцієнти поглинання ґрунту. За ними знову розраховуються деформації і напруження. Якщо розраховані деформації істотно відрізняються від заданих, цикл обчислень повторюється.

Першим етапом комп'ютерного моделювання процесу трансформації вихідного сейсмічного впливу за рахунок особливостей будови і сейсмічних властивостей верхньої частини розрізу, є вибір моделі середовища і вибір моделі вихідної сейсмічної дії (акселерограми для перерахунку). При цьому використовується ряд припущень, які спрощують як модель, так і сам розрахунок, і в той же час дозволяють враховувати найбільш важливі основоположні параметри об'єкту, що досліджується.

3.2. Вибір моделі середовища

Для оцінки впливу товщі осадових порід використовувалися одномірні (горизонтально шаруваті моделі середовища), що цілком припустимо в умовах близько горизонтального залягання основних геологічних елементів осадової товщі.

Геометричні параметри шарів в моделі і їх літологія оцінювалися на основі апріорної інженерно-геологічної інформації за свердловинами ВСП (див. Главу 1).

Швидкісні властивості моделей визначалися на підставі свердловинних (ВСП) і польових (МЗХ) сейсморозвідувальних робіт (див. Главу 2).

Щільнісні властивості моделі визначалися на підставі апріорних інженерно-геологічних даних і літературних даних.

Для врахування особливостей нелінійної непружної поведінки ґрунтів в даній роботі використовувалася еквівалентна лінійна модель. Еквівалентна лінійна модель заснована на припущенні, що модуль зсуву і коефіцієнт загасання є функціями деформації зсуву. Залежності модуля зсуву і коефіцієнта загасання від деформації зсуву для кожного інженерно-геологічного елемента, що складає розріз, вибираються на підставі моделей, отриманих для різних порід.

Моделі залежностей модуля зсуву і коефіцієнта загасання від деформації зсуву, які використовувалися в даних розрахунках, наведено в Додатку Г.

Подальші розрахунки амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища виконувалися для 10 моделей, що відповідають свердловинам ВСП і характеризують можливі варіації геологічної будови і фізичних властивостей проммайданчика .

3.3. Вибір акселерограм для перерахунку

Вибір акселерограми сейсмічної події на «скелі» при розрахунку амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища є одним з ключових питань, тому що при неліній поведінці ґрунту, його амплітудно-частотна характеристика визначається не тільки геометричними і фізичними властивостями, але і вхідним сейсмічним впливом.

Найбільш повну інформацію про величину і характер коливань ґрунту на досліджуваній ділянці при майбутніх (потенційно можливих) максимальних землетрусах можуть дати записи сильних землетрусів з небезпечних для майданчика сейсмогенних зон, зареєстровані безпосередньо на ній. Але, оскільки великі землетруси відбуваються рідко, отримати їх записи за час, відведений для геолого-геофізичних досліджень будівельних майданчиків, як правило, не вдається. Тому, для розрахунку амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища майданчика Рівненської будувалися синтезовані розрахункові акселерограми.

Залежно від: положення зони щодо майданчика, його сейсмічного режиму, величини, що звільняється в осередку енергії, механізму землетрусу, а також від спектральних особливостей впливу середовища на шляху поширення сейсмічних хвиль від вогнища до майданчика – змінюються величини пікових прискорень, тривалість коливань, форма обвідної і спектральний склад розрахункових акселерограм.

В роботі використовувався напівемпіричний підхід, який базується на використанні теоретичних амплітудних спектрів розрахункових акселерограм і емпіричних фазових спектрів. Можливість використання емпіричного фазового спектра записів реальних землетрусів для синтезу розрахункових акселерограм

показана в роботах. Вона базується на припущенні, що фазовий спектр сейсмічних коливань, що спостережено на будівельному майданчику при слабкому землетрусі з досліджуваної зони, в своїх основних рисах близький до фазового спектру інтегральної емпіричної функції Гріна, яка визначається особливостями випромінювання сейсмічної енергії з вогнища землетрусу і впливом транзитного середовища, в якій хвилі різних типів поширюються, відбиваючись і заломлюючись на неоднорідностях.

Для синтезування розрахункових акселерограм використовувалися записи сейсмічних коливань, зареєстровані на станціях мережі сейсмічного моніторингу, для яких виконувався облік аномальності спектрів при великих магнітудах в порівнянні зі слабкими землетрусами.

Після перерахунку з велосиграми в акселерограми, записи подій, зареєстрованих на «скелі» використовувалися для визначення фазових спектрів, необхідних для синтезування розрахункових акселерограм, що моделюють землетрус рівня ПЗ і МРЗ з віддаленої зони (зона Вранча) і потенційної місцевої зони (Чарторийської розломної зони).

Наявність записів слабких землетрусів відкриває можливість застосування способу генерації розрахункових акселерограм, в якому амплітудний спектр прогнозованої акселерограми $/A(\omega)/$ розраховується за допомогою регіональних емпіричних співвідношень (наприклад на основі NGA моделей (див. 0), а фазовий спектр $\varphi(\omega)$ – запозичується з реальних записів слабких землетрусів або вибухів, зареєстрованих в районі розташування майданчика.

Для побудови теоретичного амплітудного спектра прискорень $/A(\omega)/$, що відповідний до коливань ґрунту на майданчику Рівненської при розрахункових землетрусах, використовувалися NGA моделі (див. Додаток Д).

Описаний підхід дозволяє уникнути необхідності будувати функцію Гріна шляхом теоретичних розрахунків, для чого необхідно мати у своєму розпорядженні досить детальні дані про механізм вогнища і геологічне середовище на шляху поширення сейсмічних хвиль від вогнища до майданчика.

Для побудови теоретичного амплітудного спектра був виконаний розрахунок спектрів відгуку в рамках NGA моделей (див. Додаток Д).

В якості місцевої зони МВЗ розглядалася Чарторійська розломна зона – найближча до майданчику потенційна сейсмогенна структура. При розрахунках приймалося, що в даній структурі може бути реалізована сейсмічна подія з $M=4,1$, відстань від майданчика до епіцентру $R=4$ км, мінімальна глибина вогнища $H_{\min}=8$ км. Дані параметри були прийняті на основі результатів робіт по додатковому дослідженню сейсмічних і сейсмотектонічних умов майданчика Рівненської.

Як віддалена зона МВЗ розглядалася зона Вранча. При розрахунках приймалося, що в даній структурі може бути реалізована сейсмічна подія з $M=8,0$, відстань від майданчика до епіцентру $R=630,0$ км, мінімальна глибина вогнища $H_{\min}=100$ км. Дані параметри були прийняті на основі результатів робіт по додатковому дослідженню сейсмічних і сейсмотектонічних умов майданчика Рівненської.

Приклад спектрів відгуку у вигляді спектрів коефіцієнтів динамічності наведено на рисунках 3.1 і 3.2.

Співставлення спектрів коефіцієнтів динамічності β згідно моделям NGA і стандартних спектрів коефіцієнтів динамічності β за різними будівельними нормами представлено на рисунку 3.3.

З використанням пакета SIMQKE_GR для кожного спектру відгуку був згенерований ансамбль з 15 статистично незалежних синтетичних акселерограм.

Потім було виконано перетворення Фур'є і для кожної акселерограми обчислений амплітудний спектр. Приклади амплітудних спектрів наведені на рисунку 3.4 і 3.5.

Виконавши статистичну обробку отриманих амплітудних спектрів були побудовані теоретичні амплітудні спектри з 84% ймовірністю неперевищення, що відповідні максимально очікуваним струсам на «скелі» від подій в місцевій і віддаленій зонах (рис. 3.6).

Выполнив статистическую обработку полученных амплитудных спектров были построены теоретические амплитудные спектры с 84% вероятностью неперевышения, соответствующие максимально ожидаемым сотрясениям на «скале» от событий в местной и удаленной зонах (рис. 3.6).

Для записів слабких землетрусів, зареєстрованих на «скелі», було виконано перетворення Фур'є і розрахований фазовий спектр, а потім з використанням теоретичних амплітудних спектрів і фактичних фазових спектрів було виконано зворотне перетворення Фур'є.

В результаті на «скелі» були отримані акселерограми у яких амплітудний спектр відповідає максимально очікуваним струсам від подій в місцевій і віддаленій зонах, а фазовий спектр $\varphi(\omega)$ – запозичується з реальних записів слабких землетрусів або вибухів, зареєстрованих в районі розташування проммайданчика, і в своїх основних рисах близький до фазового спектру інтегральної емпіричної функції Гріна, яка визначається особливостями випромінювання сейсмічної енергії з вогнища землетрусу і впливом транзитного середовища, в якому хвилі різних типів поширюються, відбиваючись і заломлюючись на неоднорідностях.

На підставі аналізу записів реальних сейсмічних подій із зони Вранча на станціях мережі сейсмічного моніторингу за період з 11.2014 по 05.2017 р, було відібрано 10 найбільш представницьких подій, записи яких трансформувалися згідно з наведеною вище схемою.

Для побудови розрахункових акселерограм, що моделюють землетрус з потенційної місцевої зони використовувалися записи 5 місцевих вибухів.

На рисунках 3.7-3.10 показано приклади трансформації записів при описаних перетвореннях.

Для подальших розрахунків амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища проммайданчика акселерограми нормувалися за максимальним значенням на 0,05 - 0,1 g, що відповідає оцінкам ПЗ і МРЗ в ході додаткового дослідження сейсмічної небезпеки.

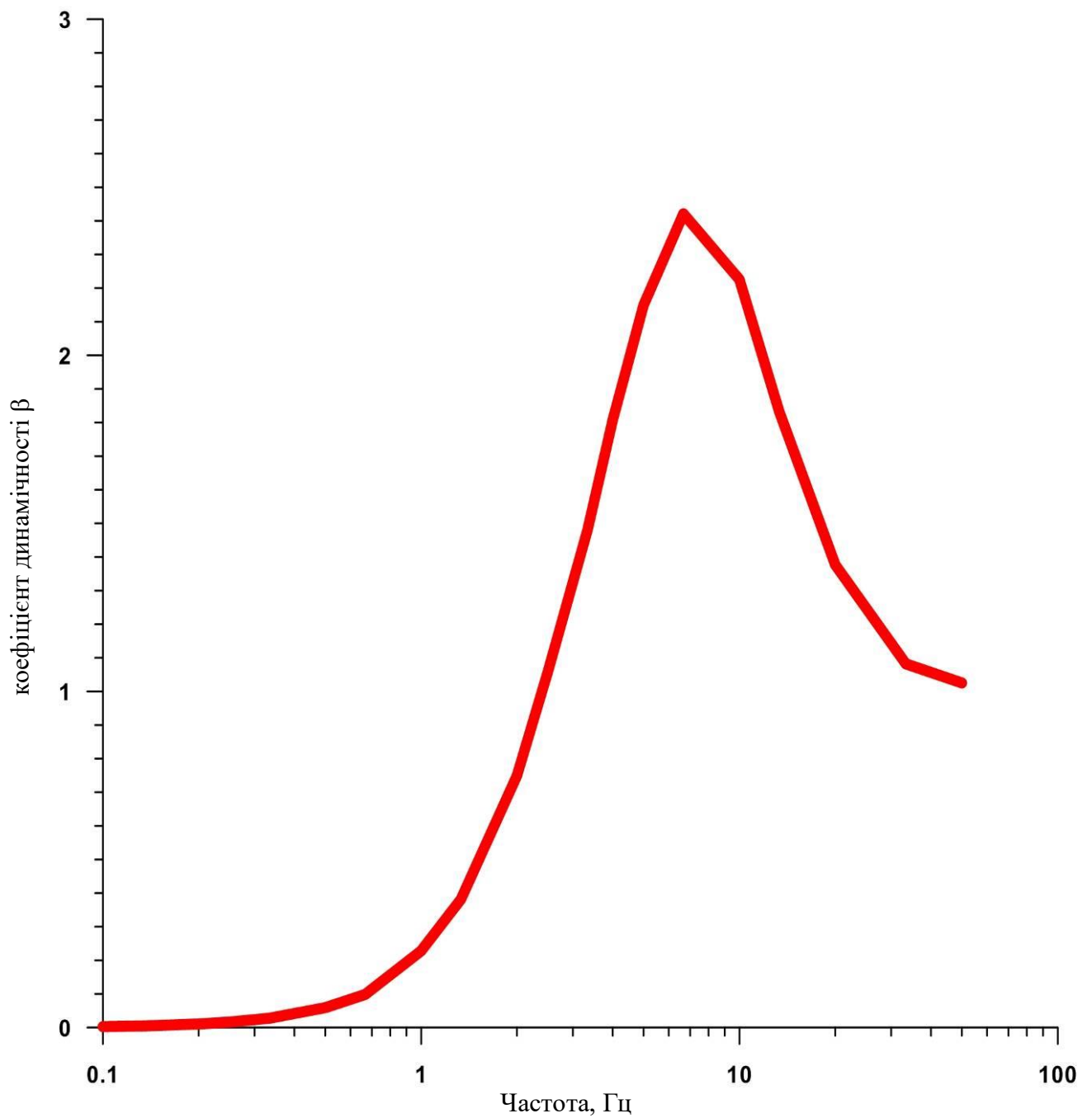


Рисунок 0.1 – Спектри коефіцієнтів динамічності β ($\delta = 5\%$) згідно моделі СВ08: Campbell & Bozorgnia 2008 NGA Model, розраховані для потенційної місцевої зони МВЗ – Чорторійська розломна зона ($M=4,1$; $R=4$ км; $H_{\min}=8$ км)

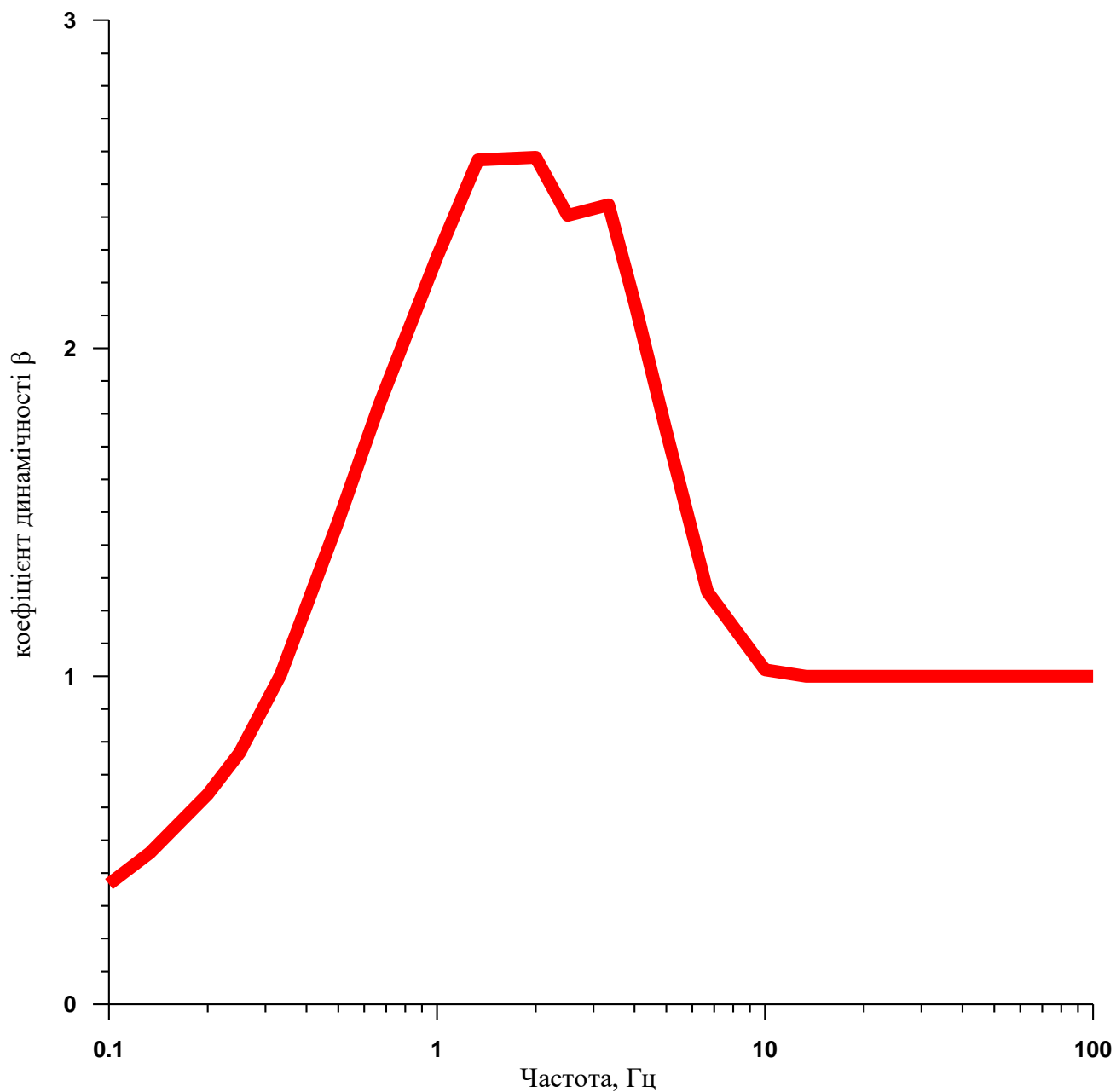
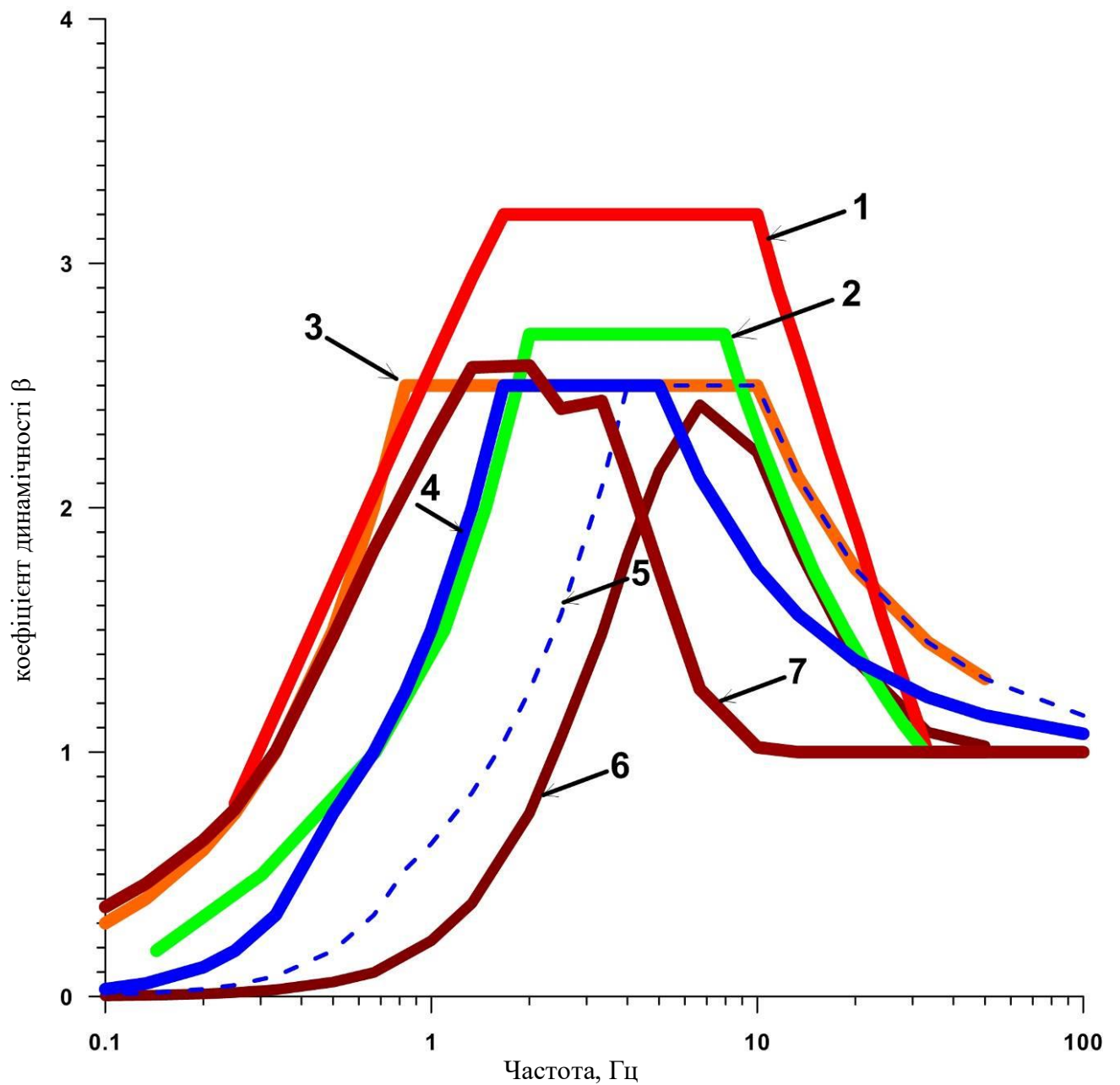


Рисунок 0.2 – Спектри коефіцієнтів динамічності β ($\delta = 5\%$) згідно моделі СВ08: Campbell & Bozorgnia 2008 NGA Model, розраховані для віддаленої зони MB3 – зона Вранча (M=8; R=630 км; Hmin=100 км)



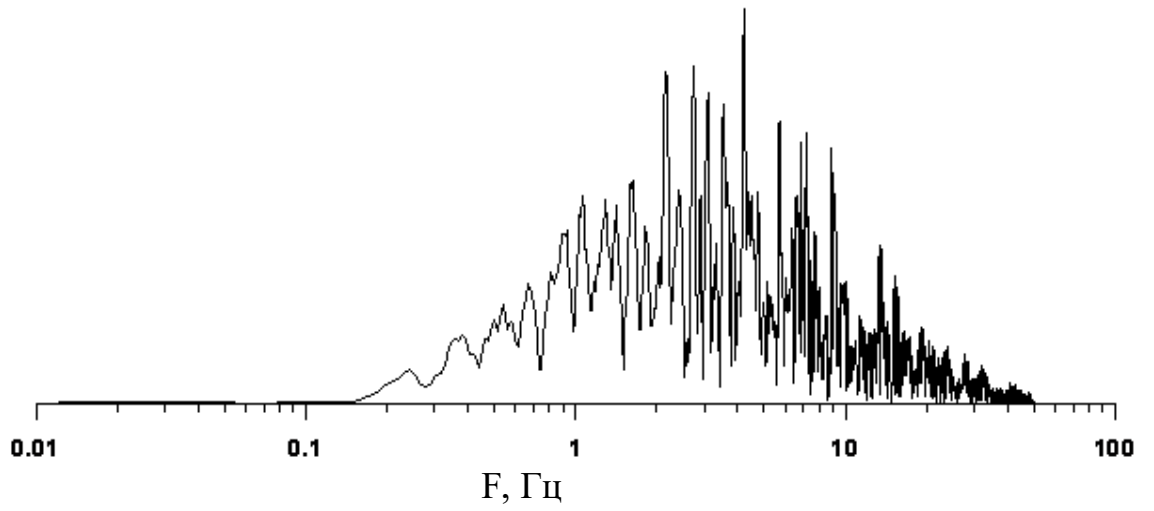
- 1 - НП-031-01;
- 2 - NUREG/CR-0098;
- 3 - ДБН В.1.1.12:2014;
- 4 - Eurocode 8 (для $M \geq 5,5$);
- 5 - Eurocode 8 (для $M < 5,5$);

6 - модель NGA, розрахована для потенційної місцевої зони MB3 – Чарторийська розломна зона;

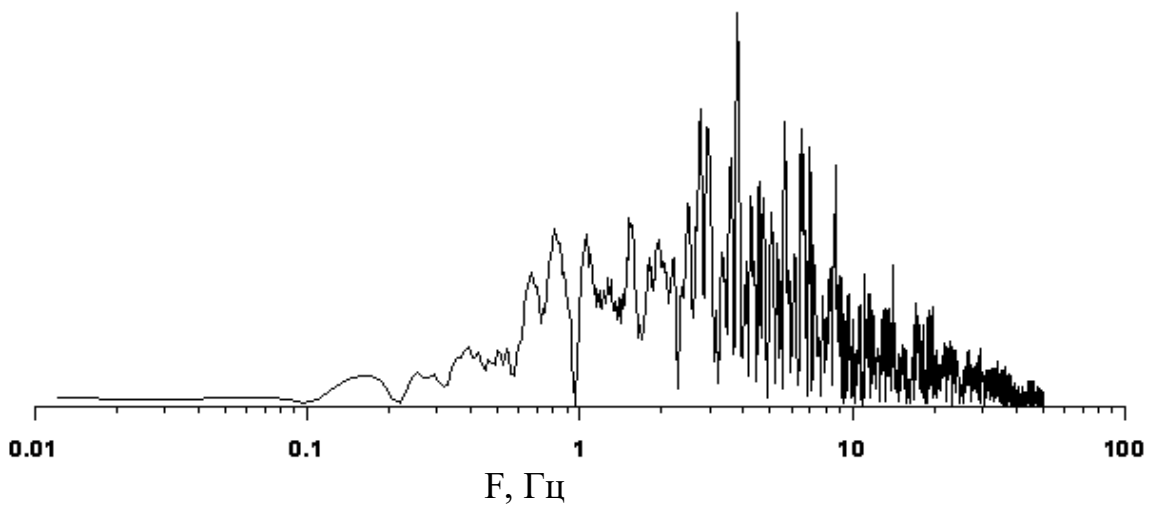
7 - модель NGA, розрахована для віддаленої зони MB3 – зона Вранча

Рисунок 0.3 – Співставлення стандартних спектрів коефіцієнтів динамічності β ($\delta = 5\%$) и спектрів к коефіцієнтів динамічності β ($\delta = 5\%$) згідно моделей NGA

Спектральна щільність



Спектральна щільність



Спектральна щільність

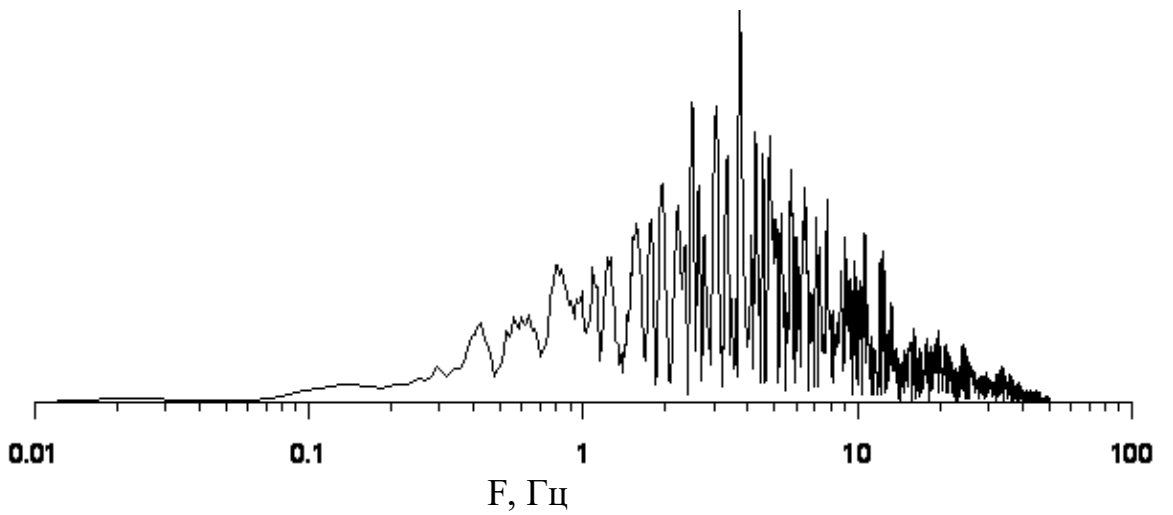
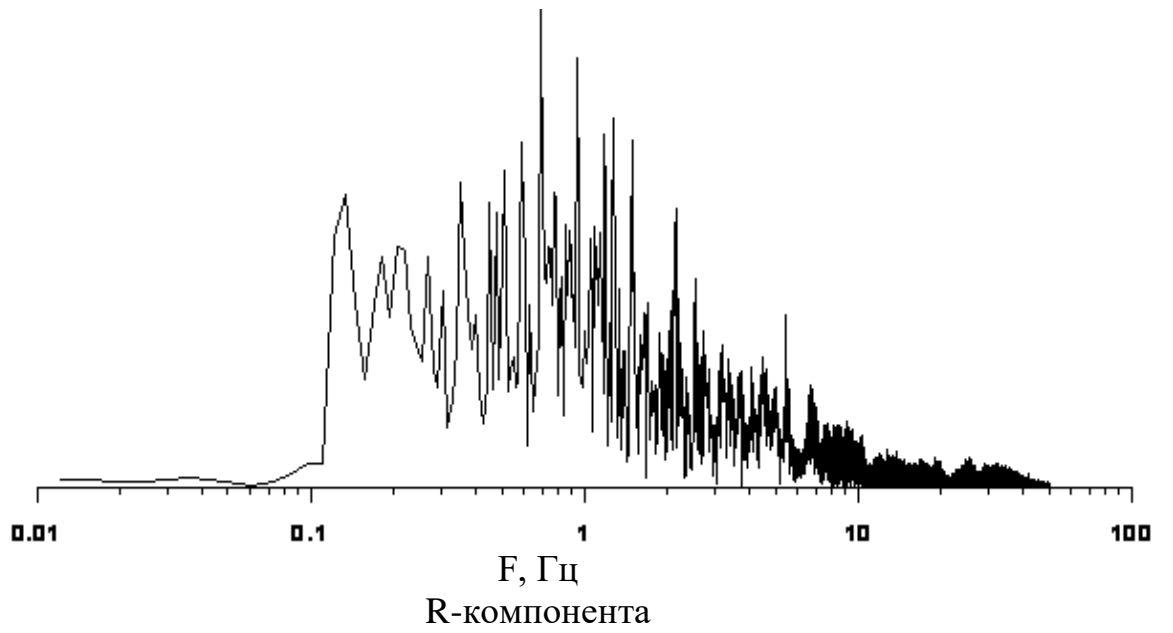
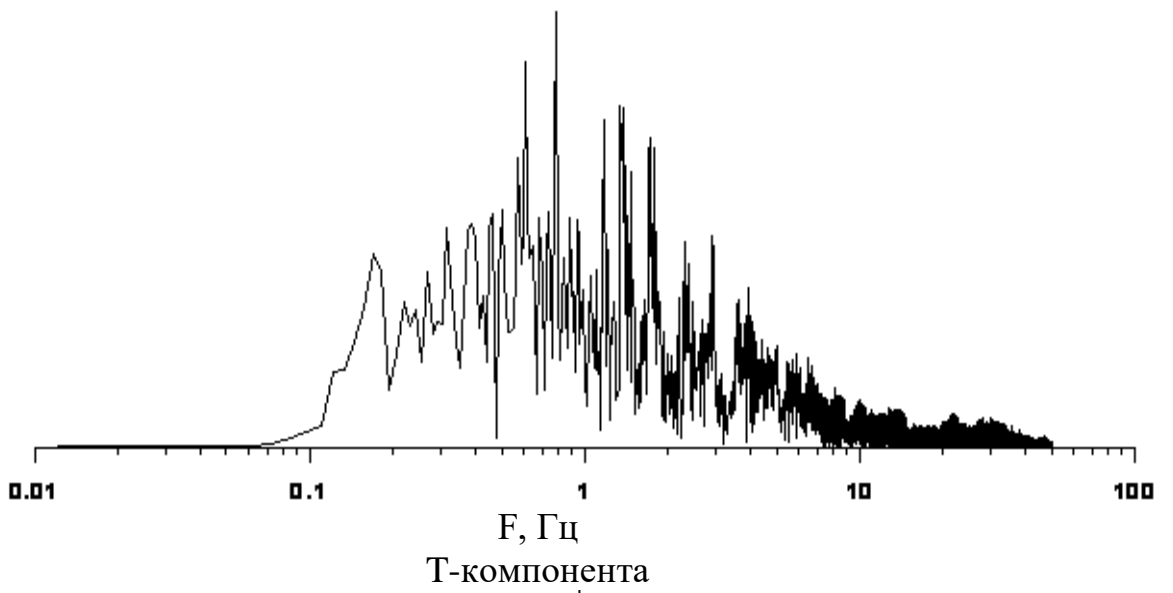


Рисунок 0.4 – Приклади амплітудних спектрів акселерограм, що згенеровано для спектра відгуку і показано на рисунку 3.1

Спектральна щільність



Спектральна щільність



Спектральна щільність

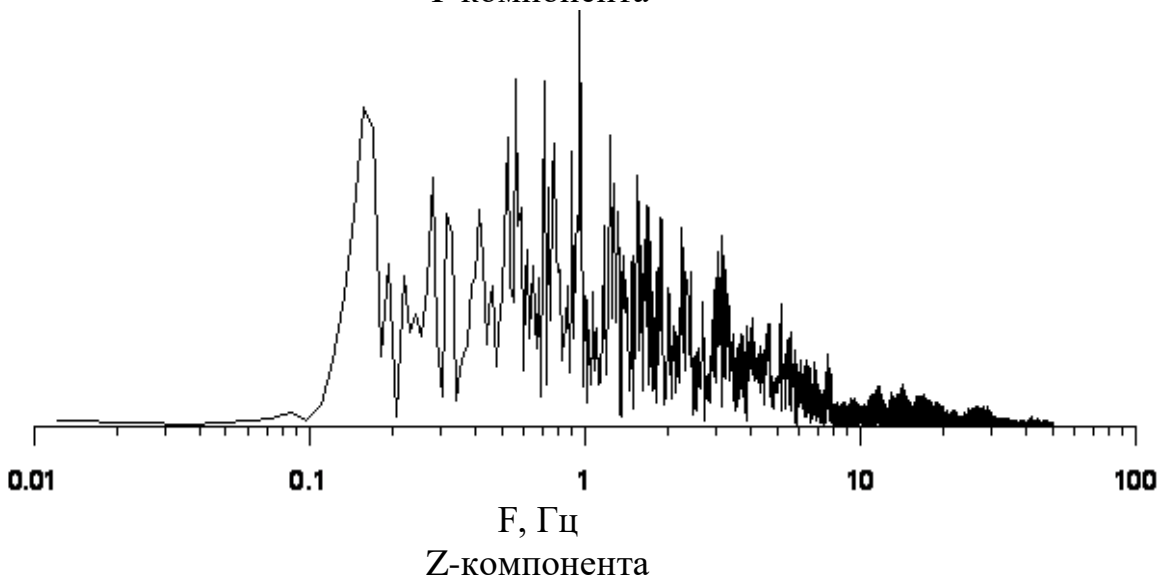
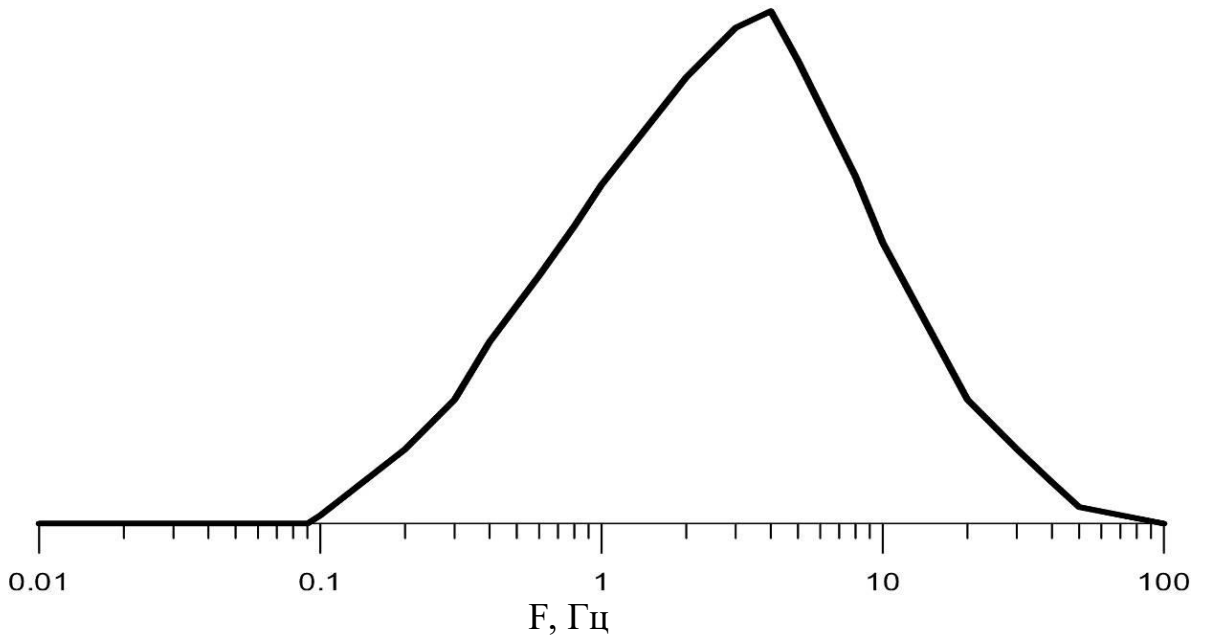


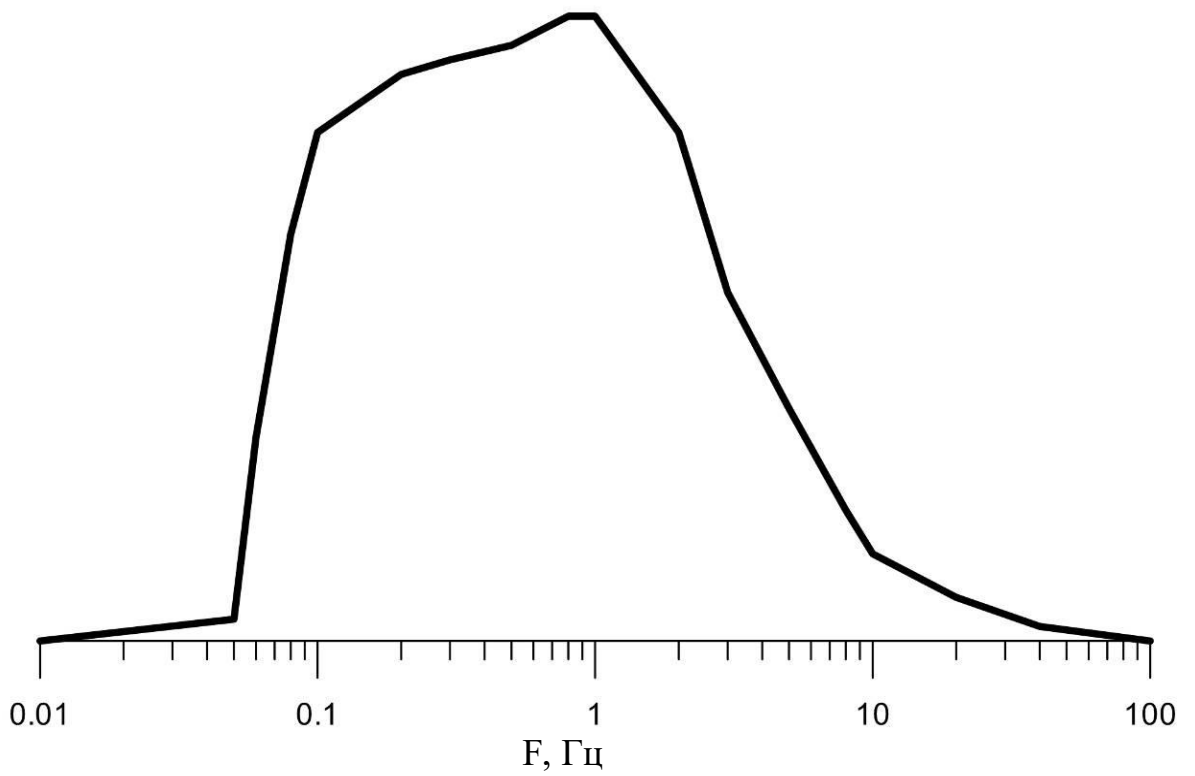
Рисунок 0.5 – Приклади амплітудних спектрів акселерограм, що згенеровано для спектра відгуку і показано на рисунку 3.2

Спектральна щільність



а)

Спектральна щільність



б)

Рисунок 0.6 – Теоретичні амплітудні спектри з 84% ймовірністю неперевищення, що відповідні максимально очікуваним струсам на «скелі» від подій в потенційній місцевій (Чорторійська розломна зона) (а) та віддаленій (Вранча) (б) зонах

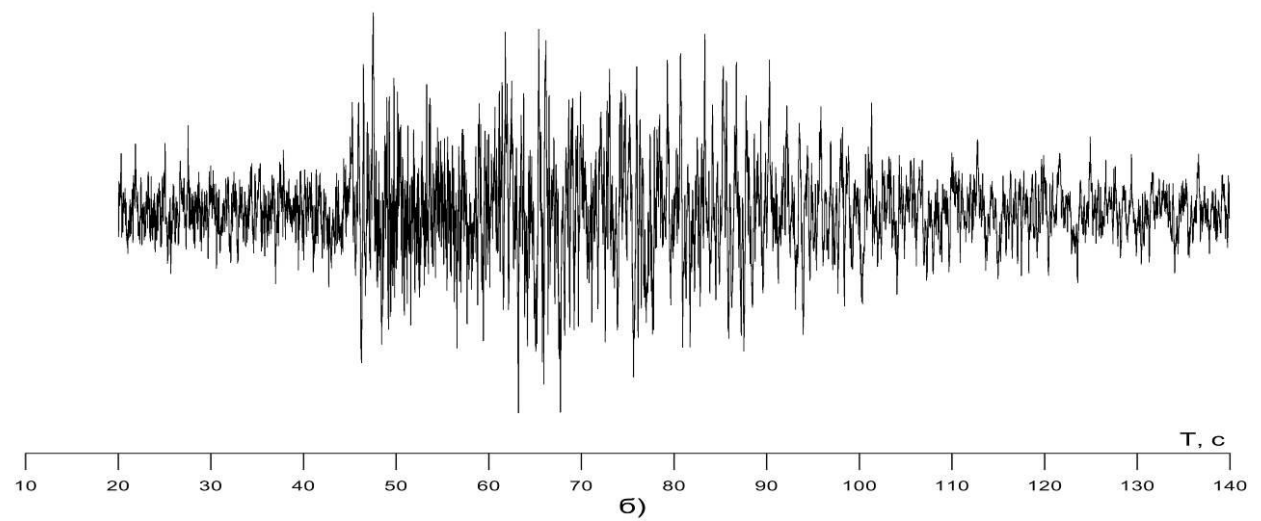
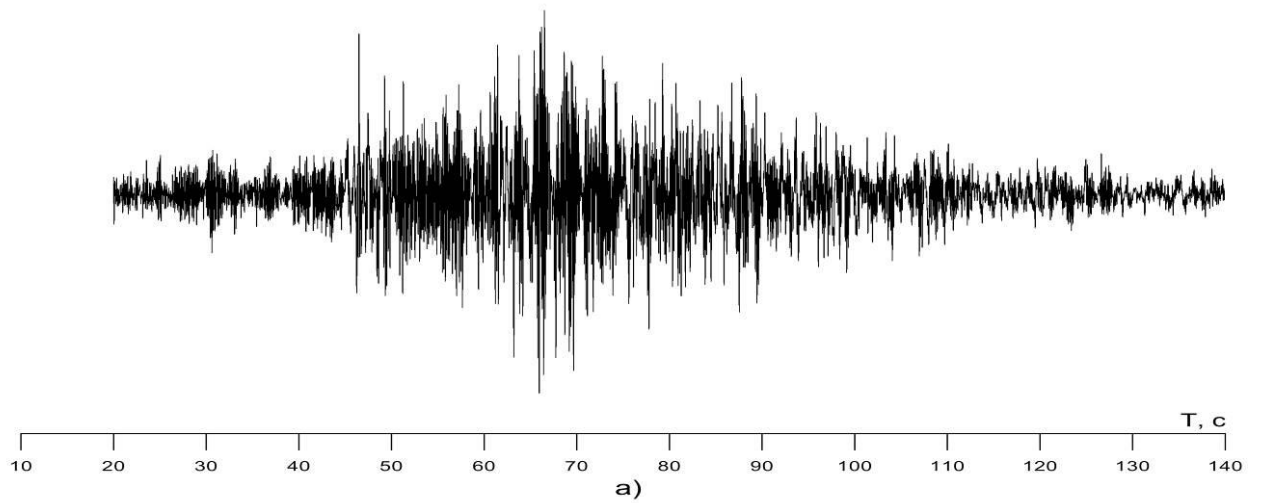


Рисунок 0.7 – Приклад трансформації записи землетрусу в зоні Вранча від 23.09.2016 р.: а - вихідний запис на «скелі»; б - запис на «скелі» з теоретичним амплітудним спектром (рис. 3.6, б)

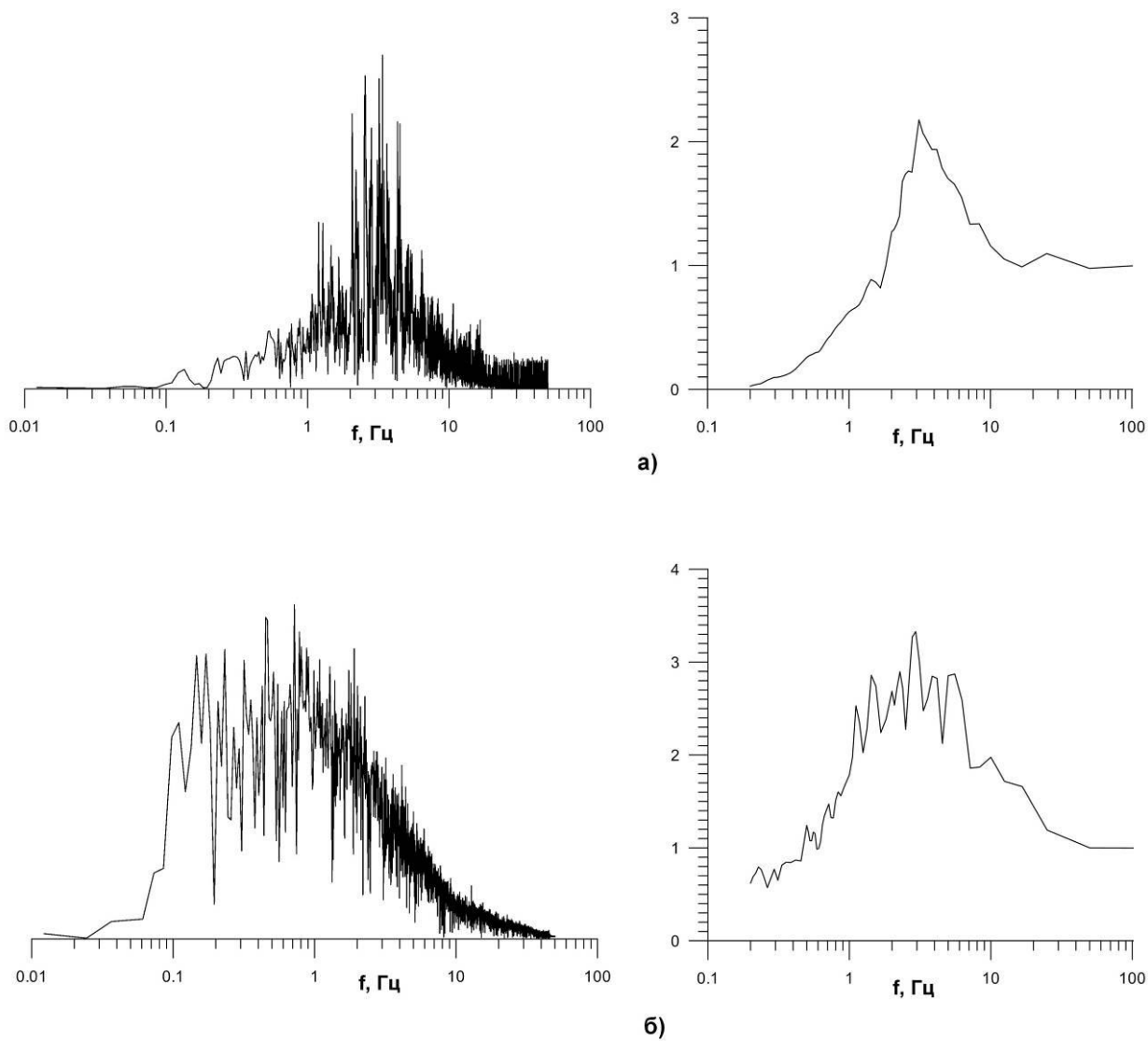


Рисунок 0.8 – Приклад трансформації амплітудного спектра і спектра відгуку запису землетрусу в зоні Вранча від 23.09.2016 р.: а - вихідний запис на «скелі»; б - запис на «скелі» з теоретичним амплітудним спектром (рис. 3.6, б)

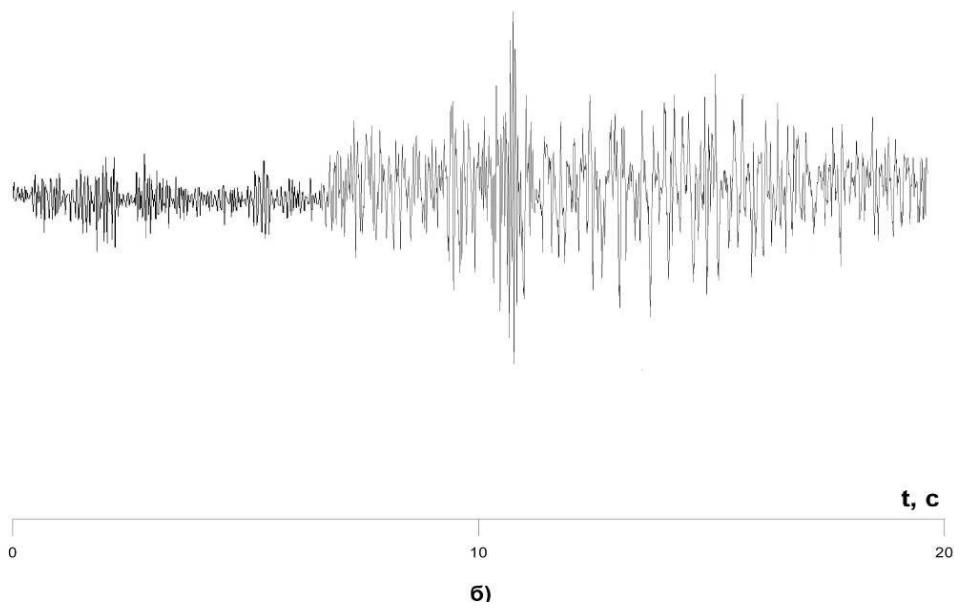
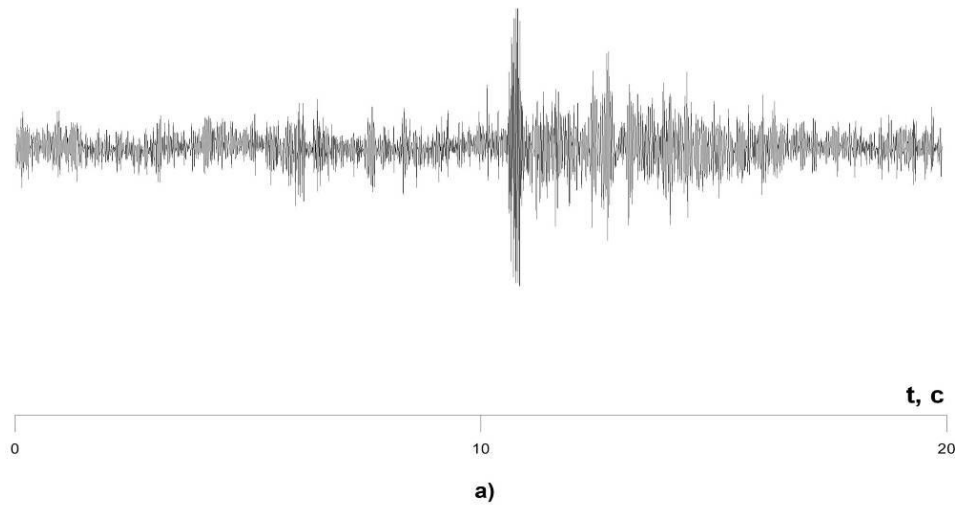


Рисунок 0.9 – Приклад трансформації запису вибуху: а – вихідний запис на скелі; б - запис на «скелі» з теоретичним амплітудним спектром (рис. 3.6, а)

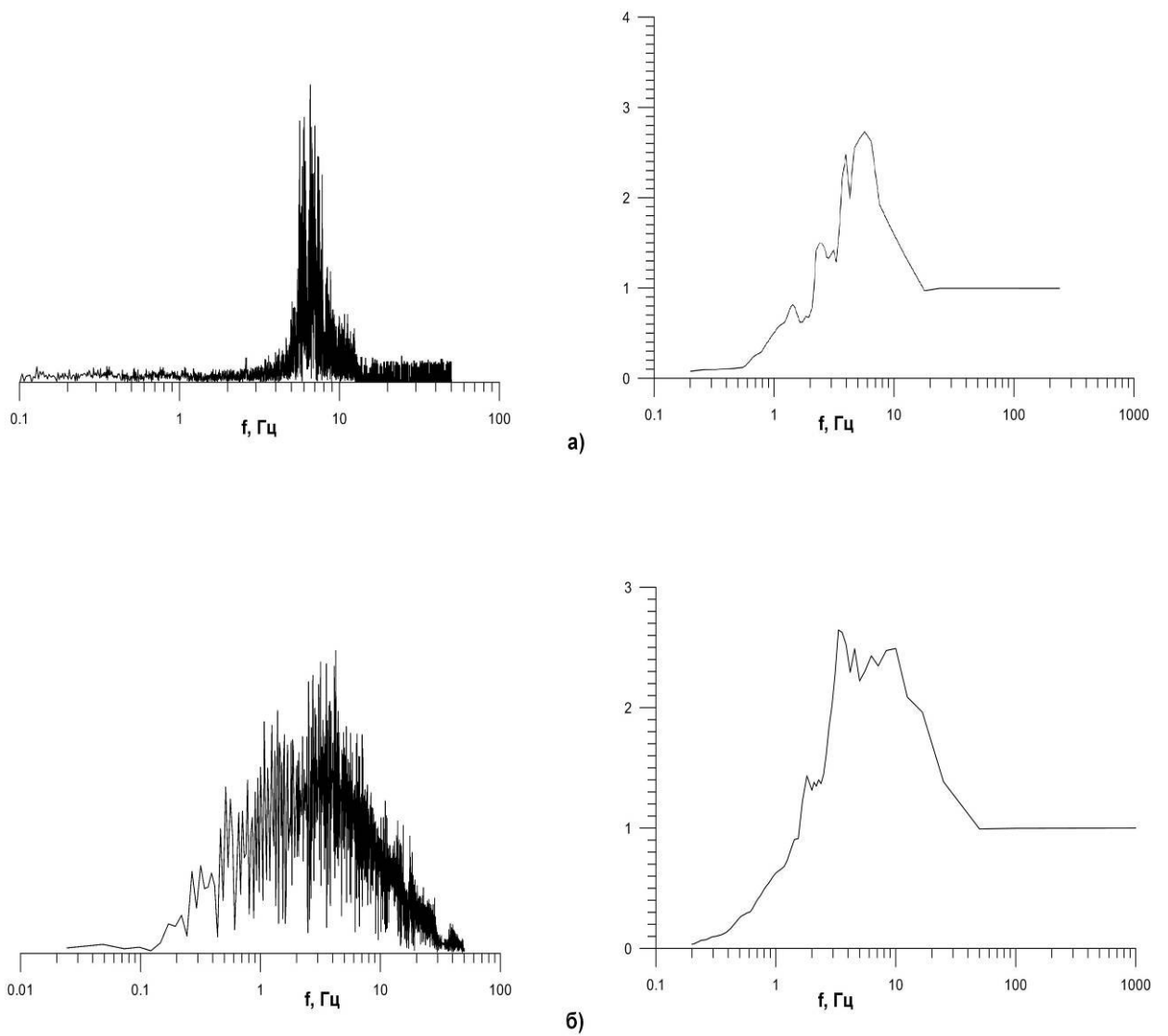


Рисунок 0.10 – Приклад трансформації амплітудного спектру і спектру відгуку запису вибуху: а - вихідний запис на «скелі»; б - запис на «скелі» з теоретичним амплітудним спектром (рис. 3.6, а)

3.4. Результати розрахунків амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища проммайданчику.

Розрахунки амплітудно-частотних характеристик виконувалися з використанням програми SHAKE. В основу роботи програми покладено метод вирішення Канаї хвильового рівняння і алгоритми швидкого Фур'є-перетворення [9].

В ході обчислень визначається амплітудно-частотна характеристика середовища для випадку нормального падіння плоскої поперечної хвилі на горизонтально-шарувату товщу.

Дана програма дозволяє здійснювати рішення, як для випадку лінійного пружного середовища, так і враховувати непружні і нелінійні особливості поведінки ґрунтів. Для врахування особливостей нелінійного поведіння ґрунтів в програмі використовується еквівалентна лінійна модель. Еквівалентна лінійна модель заснована на припущенні, що модуль зсуву і коефіцієнт загасання є функціями деформації зсуву. У програмі SHAKE значення модуля зсуву і коефіцієнту загасання визначаються на підставі ітераційного процесу так, щоб вони відповідали рівням деформацій в кожному шарі. Залежності модуля зсуву і коефіцієнту загасання від деформації зсуву для кожного інженерно-геологічного елемента, що складає розріз, вибираються на основі моделей, отриманих для різних порід (див. Додаток 3).

В умовах багатометрової осадової товщі в районі промислового майданчика, складно уявити поширення сейсмічних коливань без нелінійних ефектів. Оцінки, отримані для непружної моделі середовища, на думку авторів, більше відповідають реальній ситуації, ніж оцінки, отримані для лінійної пружної моделі середовища. Основні результати і висновки в цьому звіті отримані в рамках нелінійного непружної середовища.

Розрахунки амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища виконувалися для 10 моделей, що відповідають свердловинам ВСП і характеризують можливі варіації геологічної будови і фізичних властивостей проммайданчика .

Амплітудно-частотні характеристики середовища для різних розрахункових моделей наведено на рис. 3.11.

Як видно з графіків амплітудно-частотних характеристик, для природної основи проммайданчика перший резонансний максимум відповідає частоті 2,0-2,3 Гц.

Для подальших розрахунків було виконано статистичну обробку сукупності амплітудно-частотних характеристик та отримано загальну для проммайданчика амплітудно-частотну характеристику з 84% ймовірністю неперевищення (рис. 3.11).

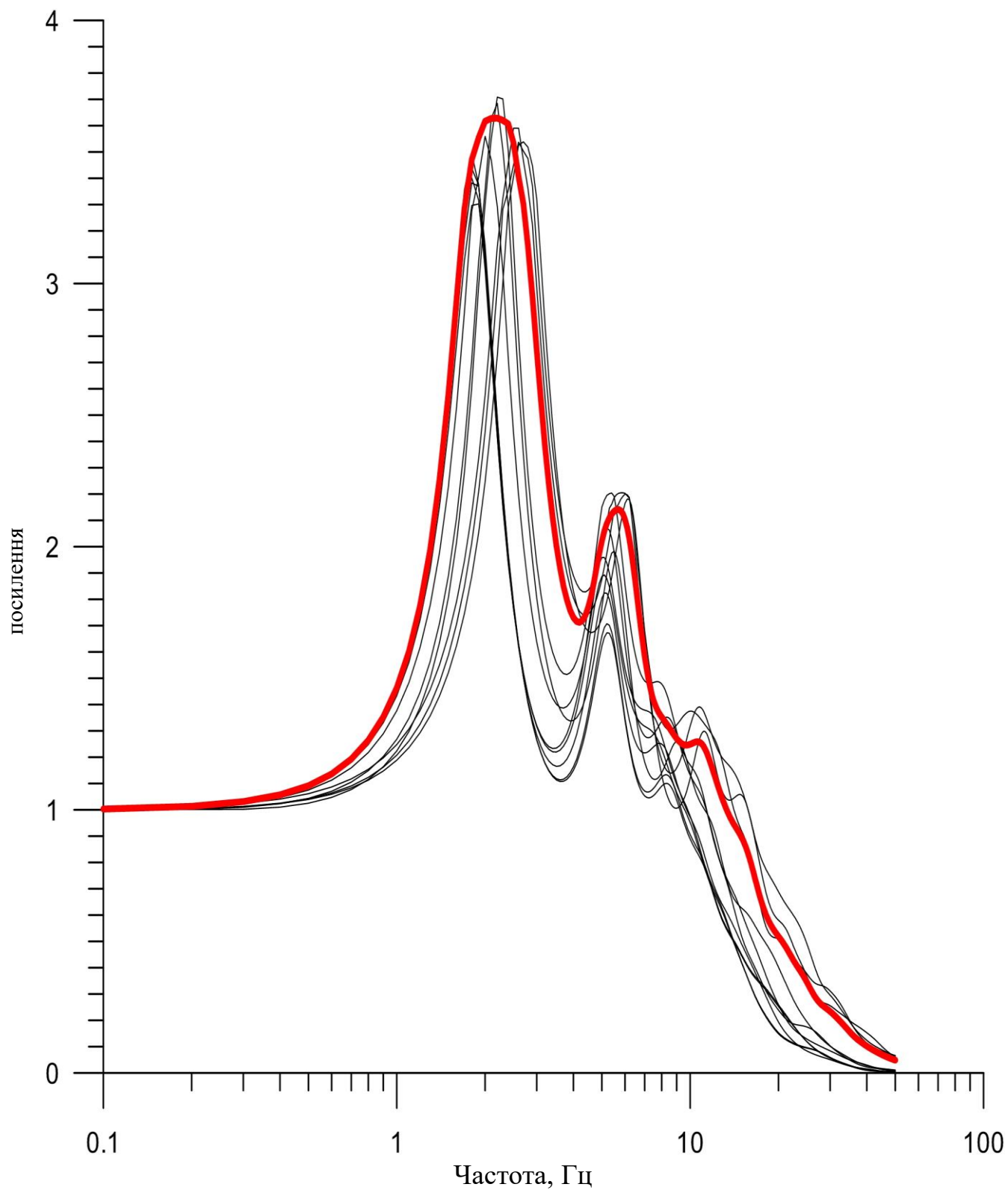


Рисунок 0.11 – Амплітудно-частотні характеристики середовища

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи магістра були виконані розрахунки амплітудно-частотних характеристик ґрунтової товщі проммайданчика при сейсмічній дії. Ці дослідження виконувались на основі швидкісних моделей середовища.

Для отримання швидкісної моделі геологічного середовища проммайданчика застосовувались дані свердловинної сейсмозвідки методом вертикального сейсмічного профілювання (ВСП) і польової сейсмозвідки методом заломлених хвиль (МЗХ).

Розрахунки амплітудно-частотних характеристик геологічного середовища виконувалися з використанням програми SHAKE для 10 моделей, що відповідають свердловинам ВСП і характеризують можливі варіації геологічної будови і фізичних властивостей проммайданчика .

Для врахування особливостей нелінійної непружної поведінки ґрунтів в даній роботі використовувалася еквівалентна лінійна модель. Еквівалентна лінійна модель заснована на припущенні, що модуль зсуву і коефіцієнт загасання є функціями деформації зсуву. Залежності модуля зсуву і коефіцієнта загасання від деформації зсуву для кожного інженерно-геологічного елемента, що складає розріз, вибираються на підставі моделей, отриманих для різних порід.

Для подальших розрахунків виконано статистичну обробку сукупності амплітудно-частотних характеристик та отримано загальну для проммайданчика амплітудно-частотну характеристику с 84% ймовірністю неперевищення.

Отримана амплітудно-частотна характеристика у майбутньому буде застосована при моделюванні резонансних ефектів.

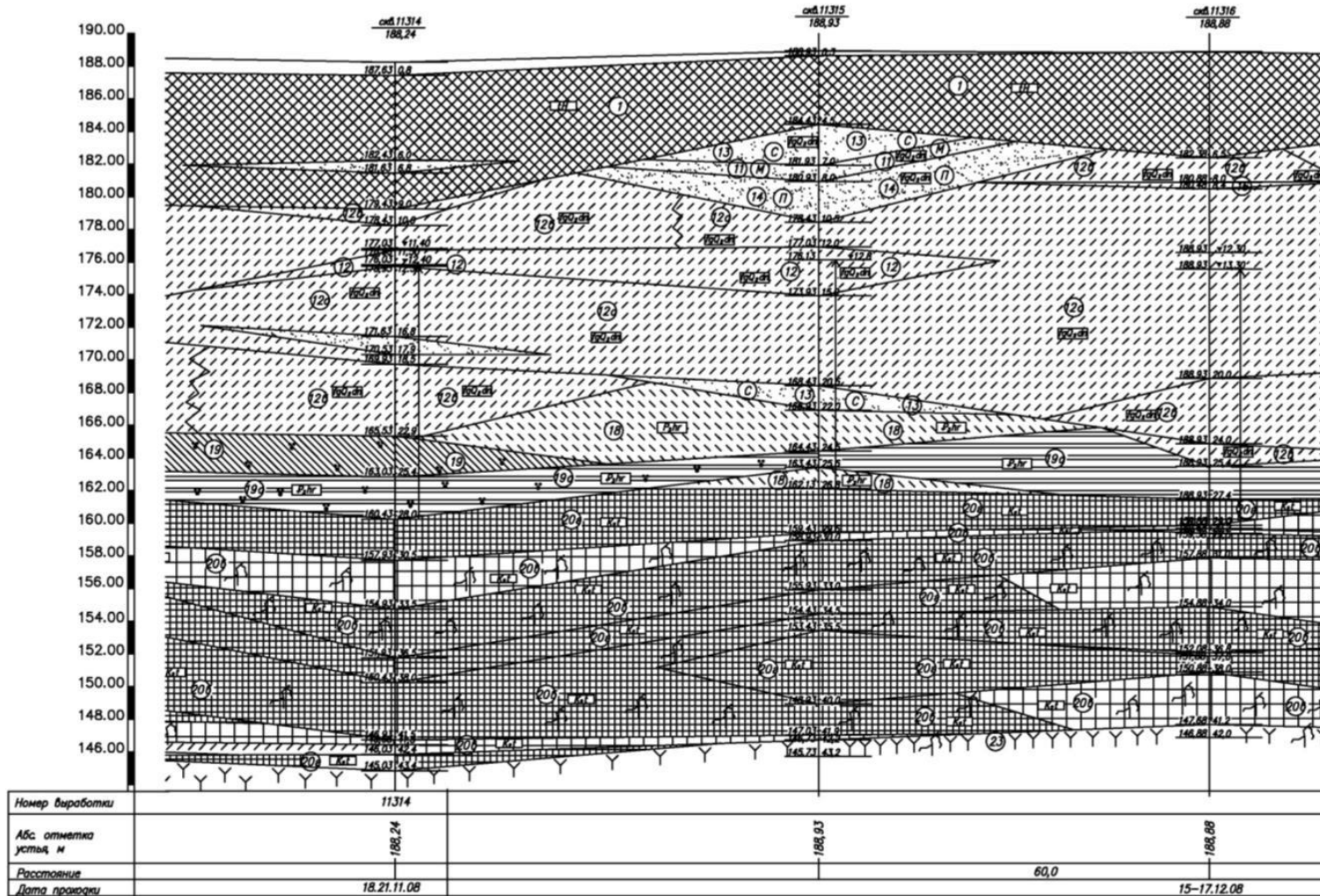
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- [1] Борисенко Л.С., Пустовитенко Б.Г., Вольфман Ю.М., Дублянський В.Н., Новик Н.Н. Некоторые методические аспекты сейсмического районирования областей новейшего горообразования и сопредельных территорий (на примере Крыма) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – Вып. 2-3,- М., 1995. – С.27-45
- [2] Борисенко Л.С., Сафронов О.Н., Пустовитенко Б.Г. Сейсмогенные зоны платформенной части Украины и Азово-Черноморского региона//Геодинамика и сеймопрогностические исследования на Украине. –Киев: Наукова думка, 1992. – С. 31- 41.
- [3] Генеральный каталог сильных землетрясений $M \geq 6$ Северной Евразии / Под. ред. Шебалина Н.В.– М.: ИФЗ РАН, –1996
- [4] Никонов А.А., Никонова К.И. О сейсмической опасности дельты р.Дуная по данным об исторических землетрясениях. // Вопросы инженерной сейсмологии. - 1990, вып.31,С.127-134.
- [5] Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В.Кондорской и Н.В.Шебалина. Ч.2 Крым и Нижняя Кубань.– М.: Наука, –1977. – С.55–68.
- [6] Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А. Новые карты общего сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности. Геофиз. журнал, №3, 2006, т.28.-С.54-77.
- [7] Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, – 1974. – 56с.
- [8] Abrahamson N., Atkinson G, Boore D., Bozognia Y., Campbell K., Chiou B., Idriss I., Silva W., Youngs. R. Comparisons of the NGA ground-motion relations // Earthquake Spectra. – 2008. –24. – P. 45–66.

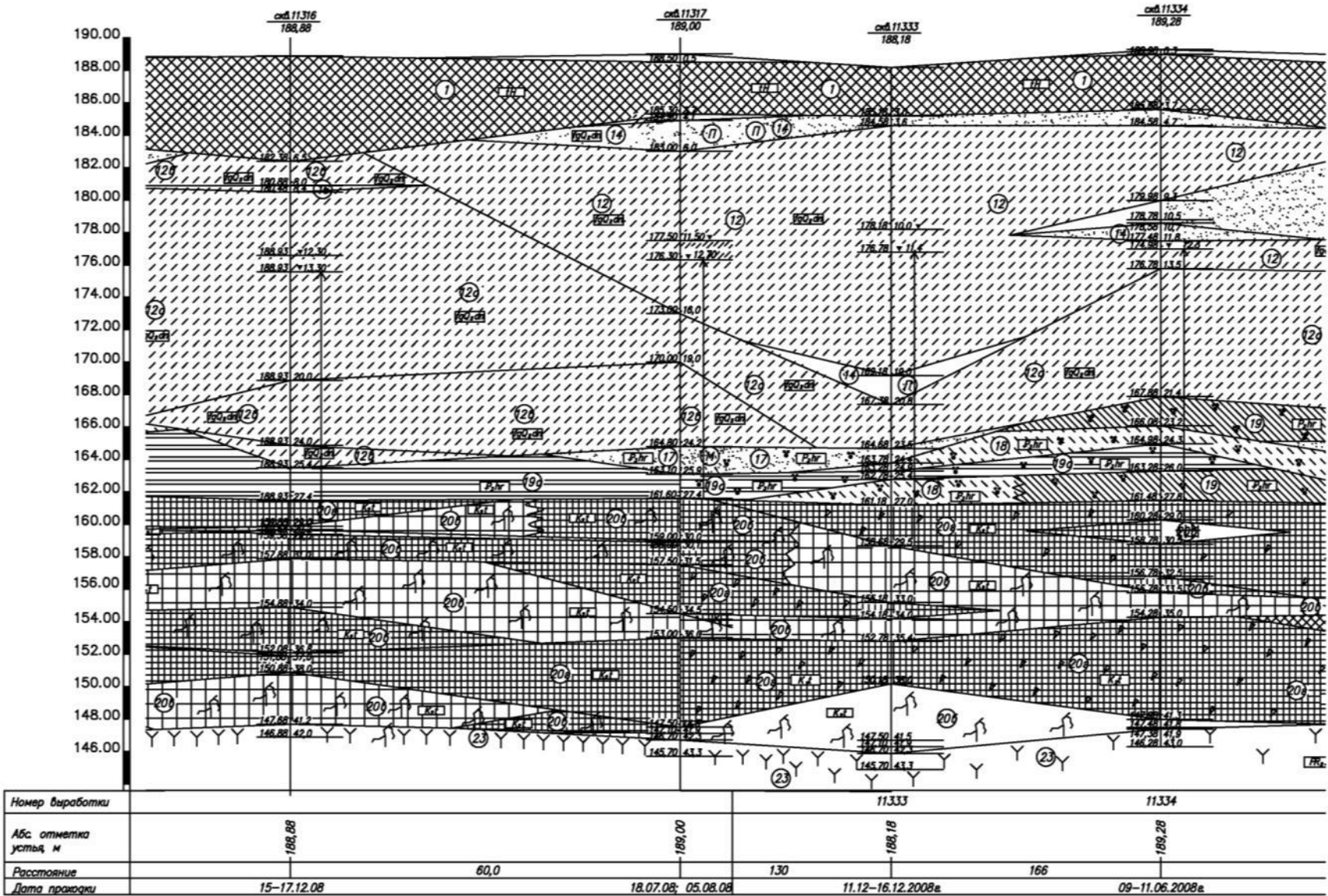
[9] Schnabel, P. B., Lysmer, J., and Seed, H. B. (1972). "SHAKE, a computer program for earthquake response analysis of horizontal layered sites" Report No. EERC72-12.

ДОДАТОК А. ГЕОЛОГІЧНІ РОЗРІЗИ МАЙДАНЧИКА ВИШУКУВАНЬ

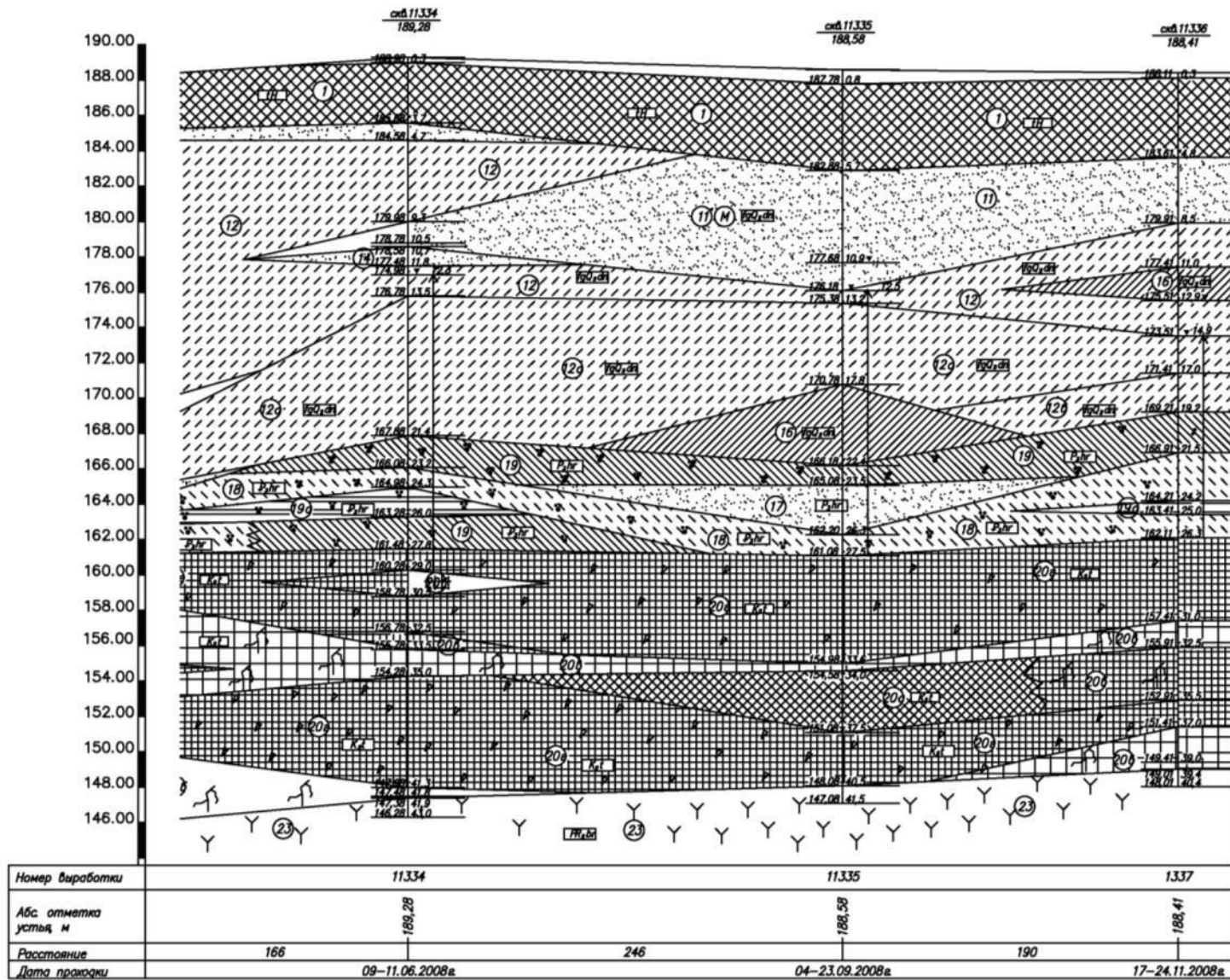
Геологічний розріз по свердловинам 11312, 11338, 11314



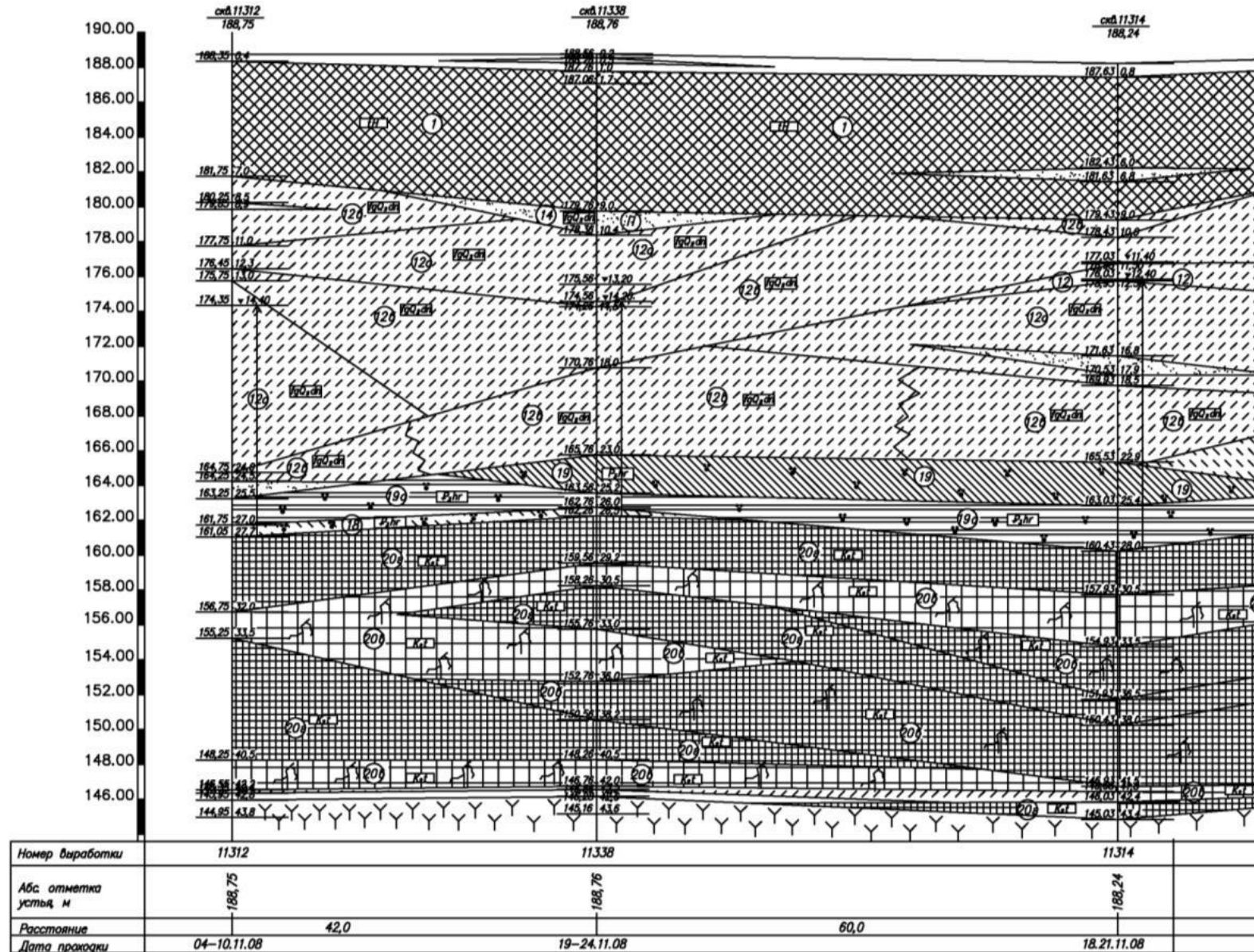
Геологічний розріз по свердловинам 11314, 11315, 11316



Геологічний розріз по свердловинам 11316, 11317, 11333, 11334



Геологічний розріз по свердловинам 11334, 11335, 11336










Умовні позначення к геологічним розрізам

скв.11338 наименование и номер выработки
188,76 абсолютная отметка устья






Стратиграфические

- | | |
|--------------------------|---|
| <i>tH</i> | голоценовые техногенные отложения
Для четвертичных отложений |
| <i>aQ₃</i> | верхнечетвертичные аллювиальные отложения
I надпойменной террасы долины р. Стыри |
| <i>fgQ₂dn</i> | среднечетвертичные нерасчленённые флювиогляциальные
и конечно-моренные отложения (днепровская стадия оледенения)
Для коренных отложений |
| <i>P₃hr</i> | отложения харьковского яруса верхнего палеогена |
| <i>K₂t</i> | отложения туронского яруса верхнего мела |
| <i>PR₂br</i> | отложения берестовецкой свиты верхнего протерозоя |






Литологические четвертичные отложения *aQ*, *fgQ₂dn*

- | | | | |
|---|--|---|--------------------------------|
|  | Бетон |  | Песок пылеватый (ИГЭ 14, 14а) |
|  | Насыпной грунт (ИГЭ-1) |  | Супесь (ИГЭ 12, 12а, 12б, 12в) |
|  | Песок средней крупности
(ИГЭ 7, 13) |  | Суглинок (ИГЭ 16) |
|  | Песок мелкий (ИГЭ 6, 11, 11а, 11б) | | |

Коренные отложения отложения харьковского яруса верхнего палеогена *P₃hr*

- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------|
|  | Песок пылеватый,
глауконитовый (ИГЭ 17б) |  | Суглинок глауконитовый (ИГЭ 19) |
|  | Песок мелкий
глауконитовый (ИГЭ 17, 17а) |  | Глина глауконитовая (ИГЭ 19а) |
|  | Супесь глауконитовая (ИГЭ 18) | | |

МЕЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ *K₂t*

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|
|  | Мел текучий (ИГЭ 20а) |  | Мел массивный тугопластичной
и мягкопластичной консистенции (ИГЭ 20г) |
|  | Мел сильнотрещиноватый
(ИГЭ 20б) |  | Известняк |
|  | Мел трещиноватый (ИГЭ 20в) | | |

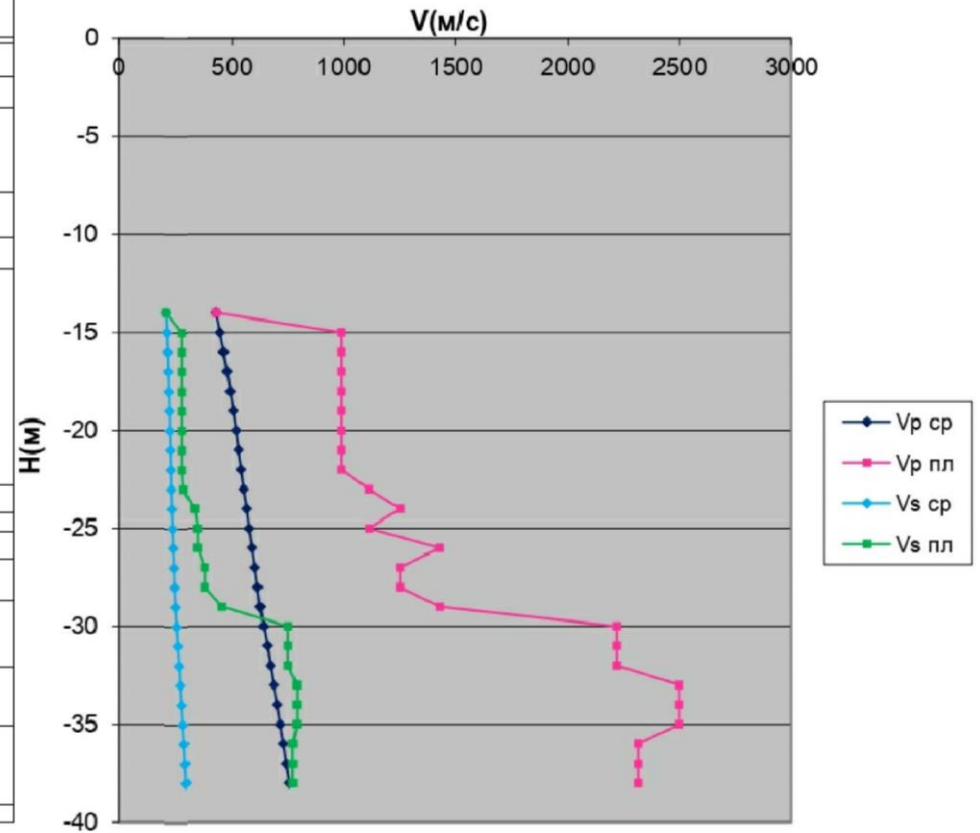
ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ *PR₂br*

- | | |
|--|------------------|
| <i>Y_YY_YY_Y</i> | Базальт (ИГЭ 23) |
|--|------------------|

ДОДАТОК Б. ШВИДКІСНІ МОДЕЛІ ЗА ДАНИМИ ВСП

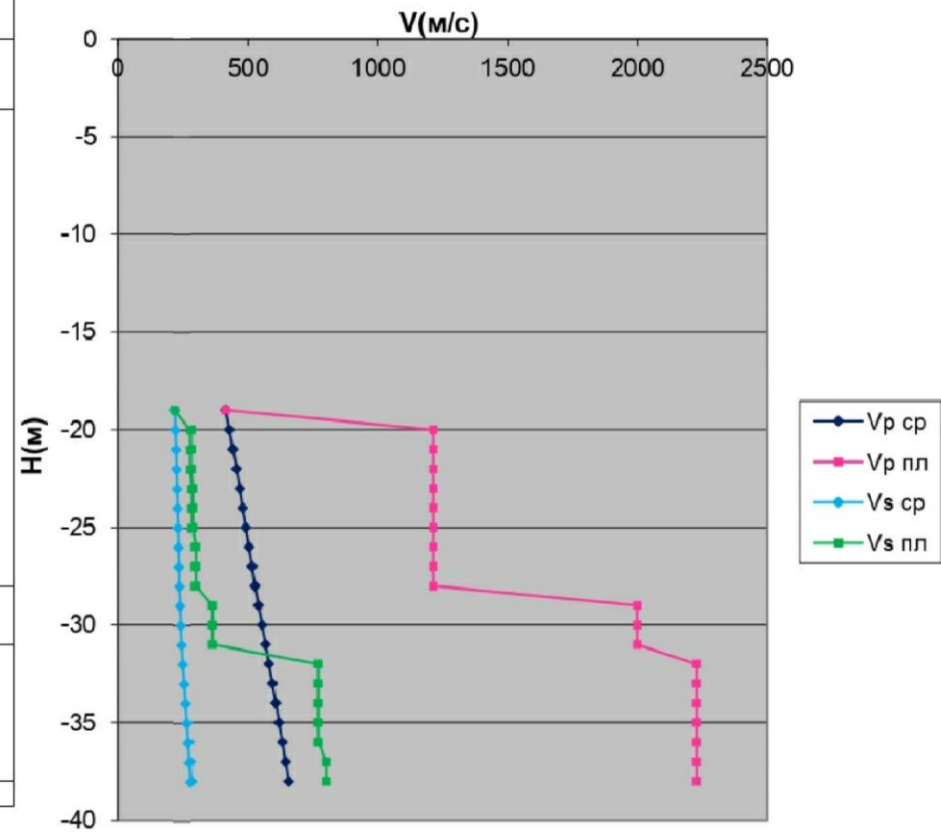
Шкала глибини, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підшови шару, м	Абс. відмітка підшови шару, м	Потужність шару, м
0	1		Грунтовий шар-пісок мелкий, темно-бурый, з коріннями рослин.			0,30	188,35	0,30
1	2	tQ _{IV}	Насичений грунт-пісок мелкий, буровато-жовтий, з включеннями м'якого пір'яво.			2,00	186,65	1,70
2	3	fgQ _{II} dn	Пісок м'який, сіро-жовтий, кварцевий, зерна слабоокатані.	Малого ступеню водонасичення	Ⓚ	3,60	185,05	1,60
3								
4			Супісок піщавистий, буровато-коричневий, з глибини 5,0 м - з плямами окислення, 14,3 м - піщуватий, палево-жовтий, з 7,4 м - сіро-жовтий.	Пластичний				
5								
6								
7	4	fgQ _{II} dn				7,90	180,75	4,30
8								
9	5	fgQ _{II} dn	Пісок піщуватий, жовтувато-сірий.	Малого ступеню водонасичення	Ⓚ	10,20	178,45	2,30
10								
11	6	fgQ _{II} dn	Суглинок легкий, бурий, з тонкими прожилками сірого, з точками марганцю та карбонатною душковою.	Тупоеластичний		11,80	176,85	1,60
12								
13			Супісок піщавистий, сірий, з 21,3 м - жовтувато-зелений.	Пластичний				
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22	7	fgQ _{II} dn				22,80	165,85	11,00
23	8	fgQ _{II} dn	Пісок піщуватий, жовтувато-зелений.	Насичений водою	Ⓚ	24,20	164,45	1,40
24	9	P ₂ hr	Супісок піщавистий, темно-зелений, глауконітовий.	Пластичний		25,20	163,45	1,00
25								
26	10	P ₂ hr	Пісок м'який, кварцевий, зерна слабоокатані, темно-зелений, глауконітовий.	Насичений водою	Ⓚ	26,60	162,05	1,40
27								
28	11	P ₂ hr	Супісок піщавистий, темно-зелений, глауконітовий.	Пластичний		28,70	159,95	2,10
29								
30			Крейда сіро-біла, масивна, м'якопластична з 30,0 м - біла.	М'якопластична				
31	12a	K ₂ t				32,10	156,55	3,40
32								
33	126	K ₂ t	Крейда біла, тришнурова, з 33,0 м з включеннями уламків кременей до 1 см.	Трешнурова		35,10	153,55	3,00
34								
35								
36								
37			Крейда біла, сильнотрішнурова, з включеннями кременей розміром до 1 см.	Сильнотрішнурова				
38	12в	K ₂ t				38,10	149,55	4,00
39								

Свердловина 9-NM
Графіки середніх (V_{ср}) та пластових (V_{пл}) швидкостей V_p и V_s



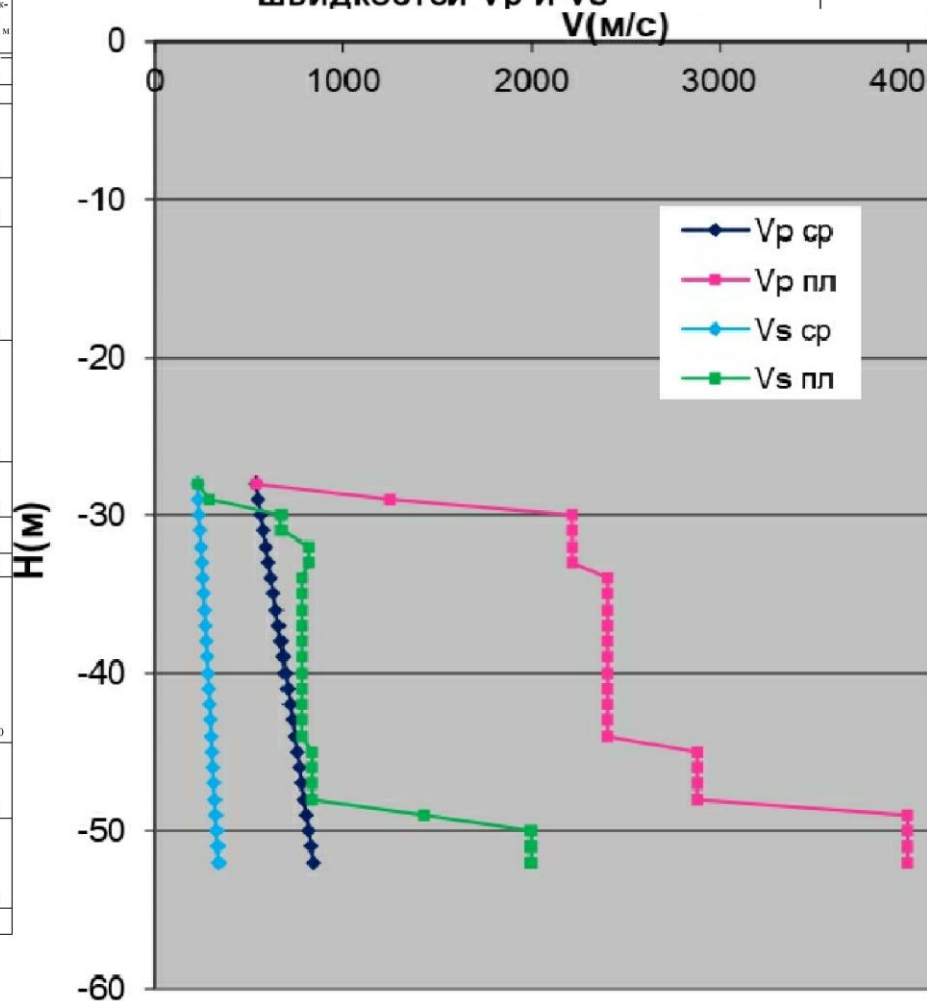
Шкала глибини, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підлоги шару, м	Абс. відмітка підлоги шару, м	Потужність шару, м
0								
1								
2		fgQ _{II} dn	Пісок дрібнозернистий, з включеннями крем'яно.		⊙	3,60		3,60
3	1							
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14		fgQ _{II} dn	Супісок піщаний.					
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27	2					28,80		24,40
28								
29		P ₂ hr	Глина темно-зелена.					
30	3					31,00		3,00
31								
32								
33								
34								
35		K ₂ t	Крейда.					
36								
37								
38	4					38,00		7,00

Свердловина 21-NM
Графіки середніх (V_{ср}) та пластових (V_{пл}) швидкостей V_p и V_s



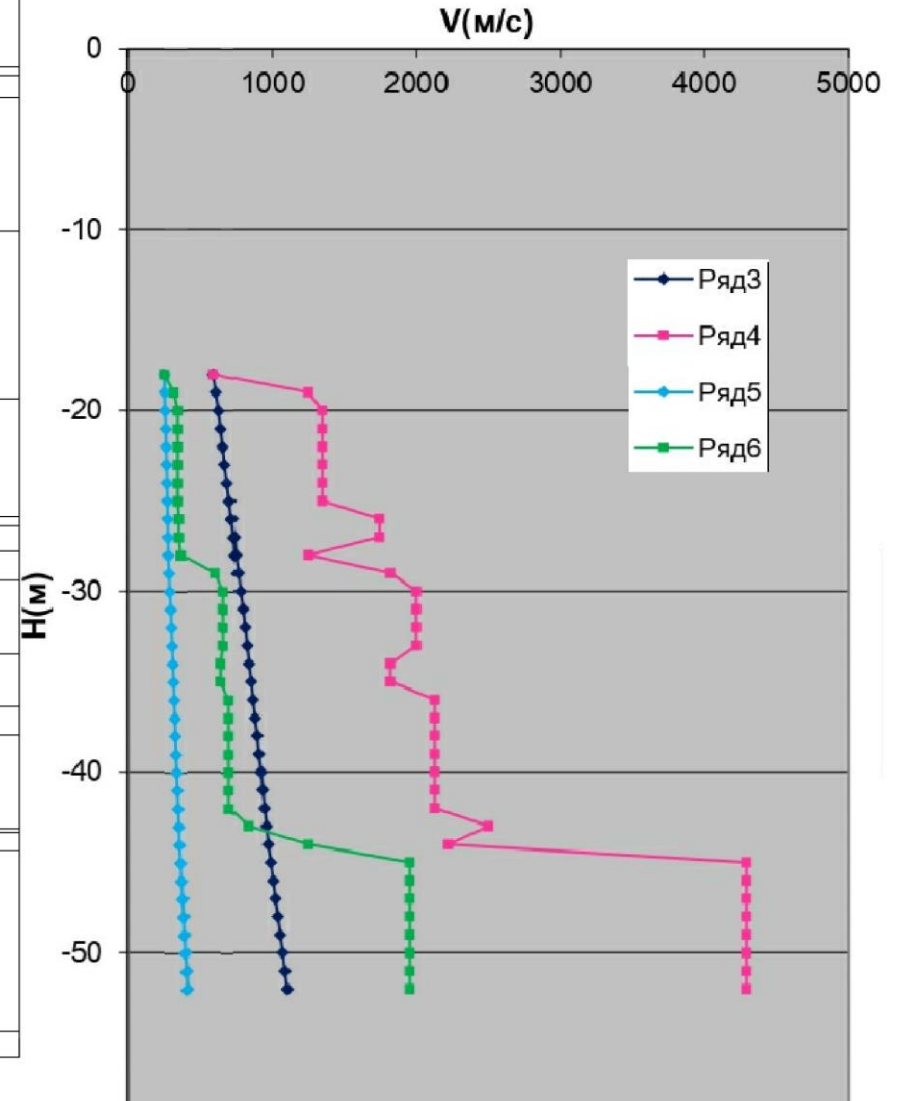
Шкала глибин, м	Номер шару	Стратиграфічний підсек	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підповерхні шару, м	Абс. відмітка підповерхні шару, м	Потужність шару, м
1	1	Q _{IV}	Напірний ґрунт-пісок дрібний.			0,30	191,68	0,30
2	2	fgQ _{II} dn	Пісок дрібний, жовто-жовтий, кварцовий, зерна слабоокатані.	Малопористий		1,80	190,18	1,50
3	3	fgQ _{II} dn	Пісок середньої крупності, жовто-бурий, кварцовий, зерна слабоокатані, виліски, облітки крем'яної рильки до 1 см, дрібного шибено, з проширками сугінку.	Малопористий		3,00	188,98	1,20
4	4	fgQ _{II} dn	Пісок дрібний, жовто-бурий, кварцовий, зерна слабоокатані, з вилісками мілкого шибено, з проширками сугінку, з сітко-жовтий.	Малопористий		7,70	184,28	4,70
5	5	fgQ _{II} dn	Пісок середньої крупності, жовтий, кварцовий, зерна слабоокатані.	Малопористий		10,80	181,18	3,10
6	6	fgQ _{II} dn	Сугінок жовтий, зелено-сірий, з 12,3 м - дрібний, піскуватий, з 16,4 м - сірий, піскуватий, з 17,3 м - зелено-сірий.	Пластичний		18,00	173,98	7,20
7	7	fgQ _{II} dn	Пісок піскуватий, зелено-сірий, з проширками сугінку, з 21,2 м темно-зелений.	Малопористий		25,70	166,28	7,70
8	8	P ₃ hr	Сугінок виліски, темно-зелений, глинкопідний, з 27,8 м - з проширками сірої глини.	Пластичний		29,20	162,78	3,50
9a	9a	K ₂ t	Крейда біла, масивна, флюкцестація.	М'якопластична		31,50	160,48	2,30
9b	9b	K ₂ t	Крейда біла, масивна, тугопластична.	Тугопластична		33,00	158,98	1,50
9c	9c	K ₂ t	Крейда біла, тріщинувата, з 34,5 м - з включеннями уламків крем'яної рильки до 3 см.	Тріщинувата		43,50	148,48	10,50
9d	9d	K ₂ t	Крейда біла, масивна, тугопластична, з 43,0 м - мішана.	Тугопластична		48,30	143,68	4,80
10	10	PR ₂ br	Базальт темно-сірий, тріщинуватий, масивний, тріщини різномієрні, частини тріщин заповнені кальцитом, аплоритом, з гл. 49,3 м - виліски, з 50,5 м - сірко-тріщинуватий, зруйнований до шибено.	Слабоконтрастний		54,00	137,98	5,70

Свердловина 37-N-PR
Графіки середніх (V_{cp}) та пластових ($V_{пл}$) швидкостей V_p і V_s



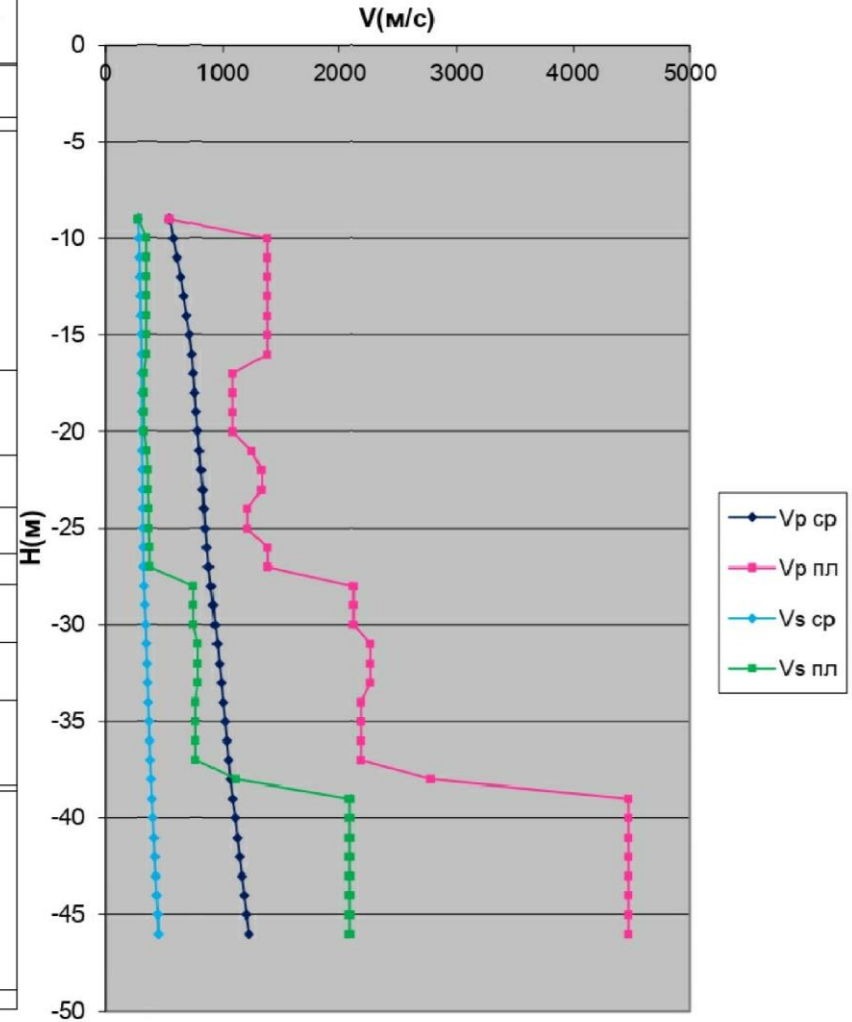
Свердловина 41-N-PR Графіки середніх ($V_{ср}$) та пластових ($V_{пл}$) швидкостей V_p и V_s

Шкала глибин, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підповерх шару, м	Абс. відмітка підповерх шару, м	Потужність шару, м
1	1	Q_{IV}	Насичений ґрунт-пісок дрібний, бурий з великою кількістю глини.			0,50	189,30	0,50
2	2	fgQ_{II} dn	Супісок леглий, буро-жовтий, опішаний.	Пластичний		1,70	188,10	1,20
3								
4								
5								
6		fgQ_{II} dn	Пісок дрібний, сірчато-жовтий, кварцовий, зерна слабоокатані.	Малого ступеню водонасичення				
7								
8								
9	3					9,10	180,70	7,40
10								
11								
12								
13			Супісок важкий, буро-сірий, опішаний з 15,10 м - світло-сірий.	Пластичний, с 15,10 м - текучий.				
14								
15								
16								
17								
18	4	fgQ_{II} dn				18,40	171,40	9,30
19								
20								
21								
22		fgQ_{II} dn	Пісок дрібний, сірчато-білий, кварцовий, зерна слабоокатані, з 20,00 м буровато-зелений.	Насичений водою				
23								
24								
25	5					24,90	164,90	6,50
26	6	fgQ_{II} dn	Супісок леглий, злинувато-сірий, з проміжками піску.	Пластичний		25,40	164,40	0,50
27	7	P_3 hr	Глина сірчато-зелена.	Гугоністична		26,80	163,00	1,40
28	8	P_3 hr	Супісок важкий, темно-зелений, глауконітовий.	Пластичний		28,40	161,40	1,60
29								
30								
31								
32	9a	K_2 t	Крейд біла, тріщинувата, з 31,20 м - з включенням уламків кремню розміром до 1 см.	Тріщинувата		32,60	157,30	4,10
33								
34								
35	9б	K_2 t	Крейд біла, сильно тріщинувата.	Сильно тріщинувата		35,40	154,40	2,90
36								
37	9в	K_2 t	Крейд біла, масивна, м'якопластична.	М'якопластична		37,00	152,80	1,60
38								
39								
40								
41								
42								
43	9г	K_2 t				42,20	147,60	5,20
44	9д	K_2 t	Ваняк сірчато-білий, тріщинуватий.	Слабовитрісний		42,40	147,40	0,20
45	9е	K_2 t	Крейд сірчато-білий, тріщинуватий.	Тріщинуватий		43,40	146,40	1,00
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52			Базальт темно-сірий, тріщинуватий, тонкокристалий, тріщини різномірно-розведені, частина тріщин заповнена кальцитом, хлоритом.	Слабовитрісний				
53	10	PR_2 br				53,40	136,40	10,00
54								
55								



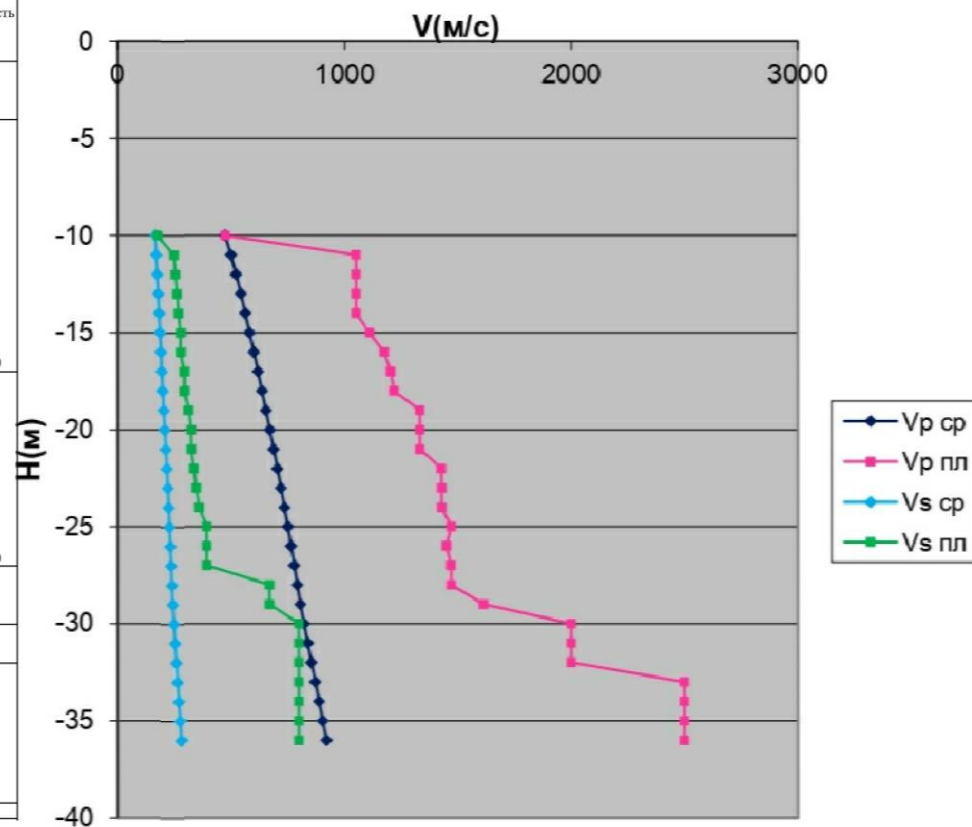
Свердловина 48-N-PR
Графіки середніх (V_{cp}) та пластових ($V_{пл}$) швидкостей V_p и V_s

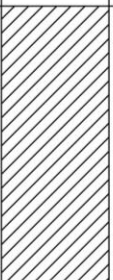

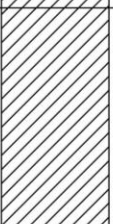
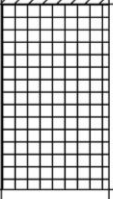
Шкала глибин, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підшови шару, м	Абс. відмітка підшови шару, м	Потужність шару, м
1	1		Грунтовий шар-пісок дрібний, бурий, підзошений.			0,10	188,32	0,10
2			Пісок дрібний, сірчаво-жовтий, кварцовий, зерна слабоокатані.	Маловологий	⊙	2,80	185,62	2,70
3	2	fgQ _{II} dn						
4	3	fgQ _{II} dn	Супісок легкий, буро-жовтий, з проширками піску.	Пластичний	⊙	3,50	184,92	0,70
5			Пісок дрібний, буро-жовтий, кварцовий, зерна слабоокатані, в інтервалі 5,0-6,4 м з товкими проширками супіску, з 9,10 м - сірий.	Маловологий, с 7,0 м - вологий, с 7,6 м - насичений водою.	⊙			
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16	4	fgQ _{II} dn				15,90	172,52	12,40
17								
18								
19								
20	5	fgQ _{II} dn	Супісок легкий, блакитно-сірий.	Пластичний	⊙	20,30	168,12	4,40
21								
22								
23	6	fgQ _{II} dn	Пісок пілуватий, кольору белеватої зелени.	Насичений водою	⊙	23,00	165,42	2,70
24								
25								
26	7	P ₃ hr	Супісок легкий, темно-зелений, глинаконтний.	Пластичний	⊙	25,40	163,02	2,40
27								
28	8	P ₃ hr	Пісок пілуватий, темно-зелений, глинаконтний.	Насичений водою	⊙	27,00	161,42	1,60
29								
30	9a	K ₂ t	Крейда біла, текучепластична.	Текучепластична	⊙	30,00	158,42	3,00
31								
32								
33	9б	K ₂ t	Крейда біла, масивна, тугопластична, з 31,50 м з вилоченими уламками вапняку розміром до 1 см.	Тугопластична	⊙	33,00	155,42	3,00
34								
35								
36								
37	9в	K ₂ t	Крейда біла, тріщинувата.	Тріщинувата	⊙	37,40	151,02	4,40
38								
39	9г	K ₂ t	Вапняк сірчаво-білий, закремлений.	Слабковитрісний	⊙	37,70	150,72	0,30
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48	10	PR ₂ br	Базальт темно-сірий, масивний, тонкозернистий, тріщинуватий, тріщини різноспрямовані, заповнені кальцитом і хлоритом.	Слабковитрісний	⊙	48,00	140,42	10,30
49								



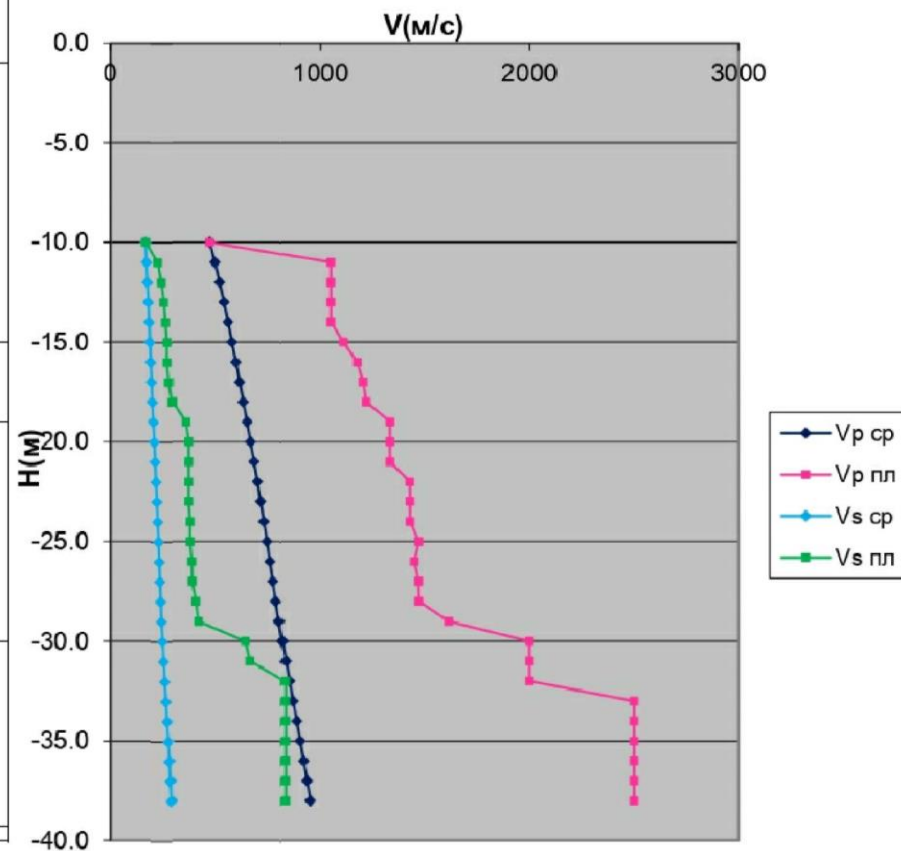
Шкала глибин, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підшви шару, м	Абс. відмітка підшви шару, м	Потужність шару, м		
1	1	fgQ _{II} dn	Пісок дрібнозернистий.			3,00	185,90	3,00		
2										
3										
4			2	fgQ _{II} dn	Супсок.			16,00	172,90	13,00
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17	3	fgQ _{II} dn	Супсок пластичний.	Пластичний		26,00	162,90	10,00		
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28	4	P ₂ hr	Супсок зеленій, пластичний.	Пластичний		29,00	159,90	3,00		
29										
30	5	K ₂ t	Крейда різка.	Різка		31,00	157,90	2,00		
31										
32	6	K ₂ t	Крейда тугопластична.	Тугопластична		38,20	150,70	7,2		
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										

Свердловина 132-NM
Графіки середніх (V_{ср}) та пластових (V_{пл}) швидкостей V_p и V_s



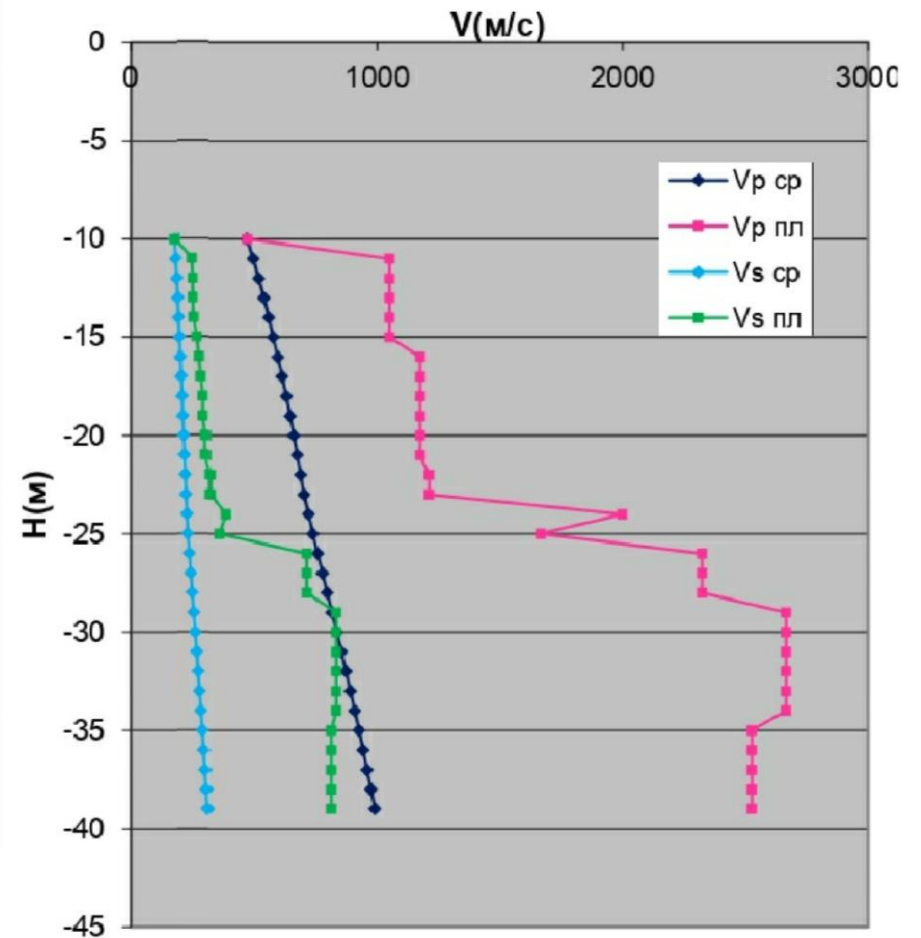
Шкала глибин, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підшови шару, м	Абс. відмітка підшови шару, м	Потужність шару, м
1	1	fgQ _{II} dn	Супсок.					
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15	2	fgQ _{II} dn	Супсок водонасичений.	Водонасичений		14,00	175,20	14,00
16								
17								
18								
19	3	P ₂ hr	Супсок зелений, водонасичений.	Водонасичений		18,00	171,20	4,00
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30	4	K ₂ t	Крейда пластична, волога, туга.	Волога		29,00	160,20	11,00
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								

Свердловина 132-НМ
Графіки середніх (V_{ср}) та пластових (V_{пл}) швидкостей V_p и V_s



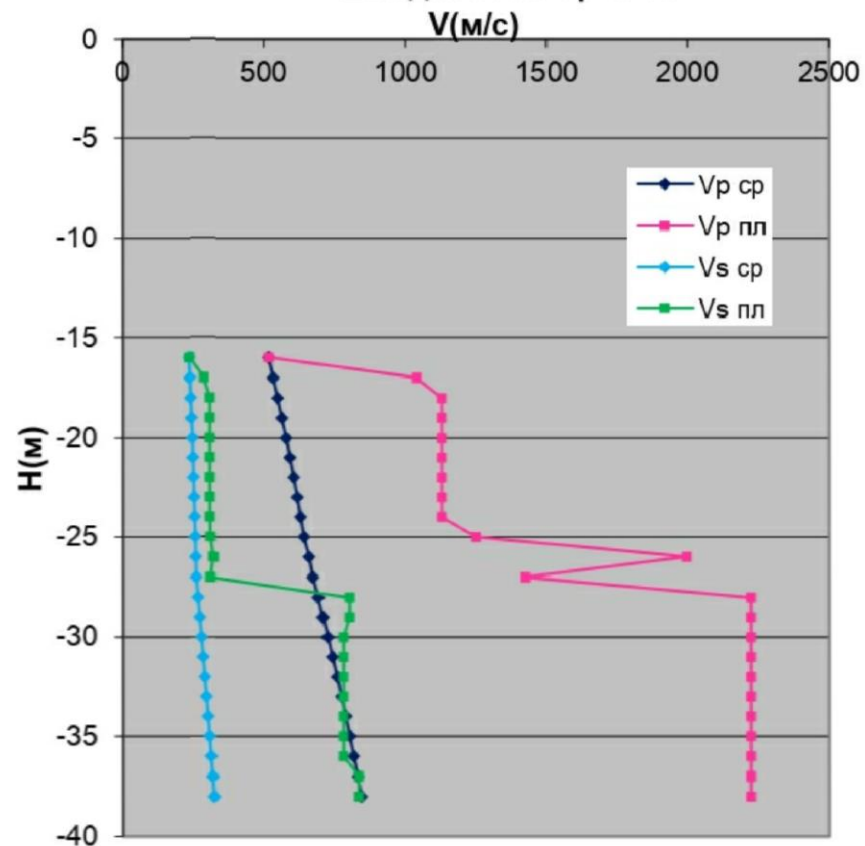
Шкала глибини, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підшови шару, м	Абс. відмітка підшови шару, м	Потужність шару, м
0	1		Насипний шар-пісок дрібний, бурожовтий, з включенням шибено, бузміття			1,80	186,40	1,80
1								
2	2	fgQ _{II} dn	Пісок дрібний, темно-бурий, кварцовий, зерні слабоокатані.	Маловологий		4,90	183,30	3,10
3								
4								
5								
6	3	fgQ _{II} dn	Супісок легкий, зеленувато-сірий, з 6,6 м - сірий.	Пластичний		9,70	178,50	4,80
7								
8								
9	4	fgQ _{II} dn	Суглинок важкий, зеленувато-сірий, з плямами озалізення.	Тугопластичний		15,00	173,20	5,30
10								
11								
12								
13								
14	5	fgQ _{II} dn	Супісок важкий, зеленувато-сірий, з 19,5 м - кольору болотної зелені.	Пластичний		20,90	167,30	5,90
15								
16								
17								
18	6	P ₃ hr	Супісок важкий, темно-зелений, глауконітовий.	Пластичний		23,00	165,20	2,10
19								
20	7	P ₃ hr	Глина темно-сіра з проширками супіску, глауконітова.	Тугопластична		24,30	163,90	1,30
21								
22	8	P ₃ hr	Супісок важкий, темно-зелений, глауконітовий, з проширками піску.	Пластичний		25,00	163,20	0,70
23								
24	9a	K ₂ t	Крейда біла, масивна.	Тугопластична		28,00	160,20	3,00
25								
26	9б	K ₂ t	Крейда біла, тріщинувата.	Тріщинувата		34,00	154,20	6,00
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33	9в	K ₂ t	Крейда біла, сильнотріщинувата.	Сильнотріщинувата		39,00	149,20	5,00
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								

Свердловина 227-NM
Графіки середніх (V_{ср}) та пластових (V_{пл}) швидкостей V_p и V_s



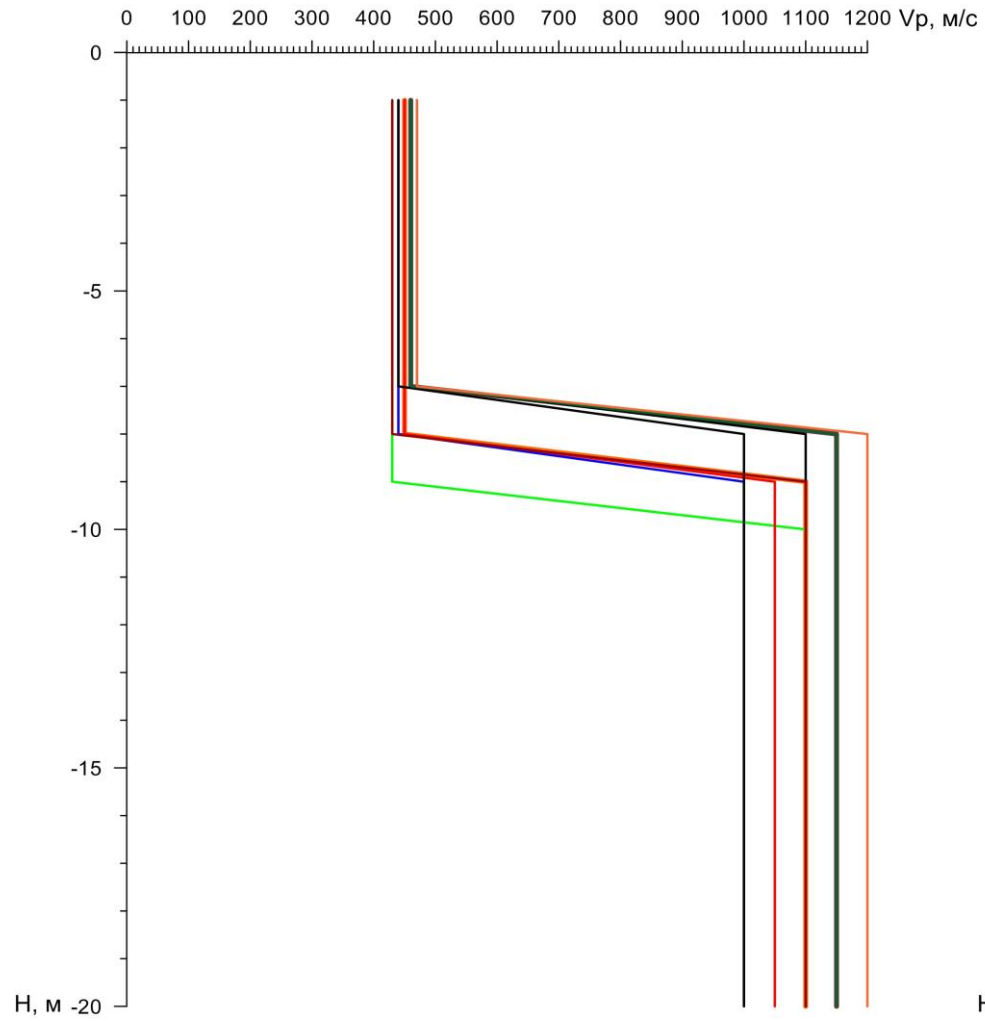
Шкала глибини, м	Номер шару	Стратиграфічний індекс	Літологічний опис порід	Консистенція Ступінь водонасичення	Розріз М 1:250	Глибина підшови шару, м	Абс. відмітка підшови шару, м	Потужність шару, м
0								
1								
2								
3								
4	1		Насипний шар-пісок дрібний, жовтувато-коричневий, з включенням щебеню, будівельта до 35%.			5,00	183,48	5,00
5		fgP II dn	Супісок пілуватий, світло-жовтий, з 8,5 м - піщаний, жовто-сірий, з про шарками піску, з включенням щебеню скеляних порід до 10%, твердої консистенції.			9,70	178,78	4,70
6								
7								
8								
9	2	fgP II dn	Пісок середньої крупності, середньої щільності, жовто-сірий, кварцовий, з про шарками супіску, з включенням щебеню скеляних порід до 10% малого ступеня водонасичення.	Малого ступеня водонасичення		10,50	177,98	0,80
10								
11								
12								
13								
14		fgP II dn	Супісок піскуватий, жовто-сірий, з 12,0 м - пілуватий, сірий, з лісками і про шарками піску.	Пластичний		17,20	171,28	6,70
15								
16	4	fgP II dn	Супісок важкий, пілуватий, сірий, з лісками супіску.	Тугопластичний		17,70	170,78	0,50
17								
18								
19		fgP II dn	Супісок піщаний, жовтувато-зеленувато-сірий, з домішками глауконіту.	Пластичний		23,50	164,98	5,80
20								
21								
22	6	P ₃ hr	Кутанілок легкий піщаний, темно-зелено-жовтий.	Тугопластичний		23,70	164,78	0,20
23								
24	8	P ₃ hr	Супісок піщаний, зеленувато-жовтувато-сірий, глауконітовий, з про шарками піску.	Пластичний		24,80	163,68	1,10
25								
26	9	P ₃ hr	Глина важка, темно-сіра, з про шарками піску, глауконітовий, твердої консистенції.			26,60	161,88	1,80
27								
28	10	P ₃ hr	Супісок піщаний, темно-зелений, з про шарками піску, твердої консистенції.			27,00	161,48	0,40
29								
30	11	K ₂ t	Крейда біла, масивна, з включенням уламків кременю розміром до 3 см.	Тугопластична		29,00	159,48	2,00
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39	12	K ₂ t	Крейда біла, сильно тріщинувата, з 36,0 м - з включеннями уламків кременю розмірами 2-5 см.	Сильнотріщинувата		39,60	148,88	10,60
40								
41	13	K ₂ t	Валік сірувато-білий, інвентрлий.	Трещинувата		39,80	148,68	0,20

Свердловина 352-NM
Графіки середніх (V_{cp}) та пластових ($V_{пл}$) швидкостей V_p и V_s

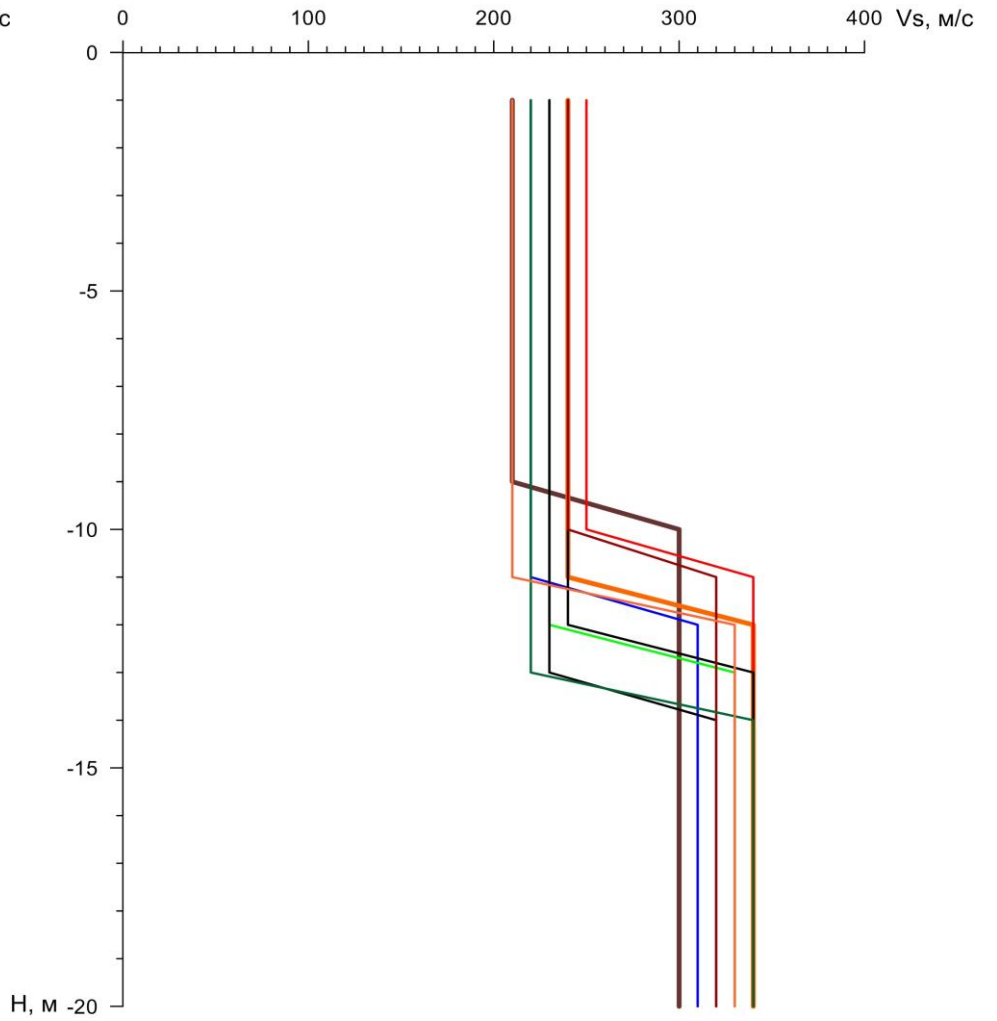


ДОДАТОК В. ШВИДКІСНІ МОДЕЛІ ЗА ДАНИМИ МЗХ

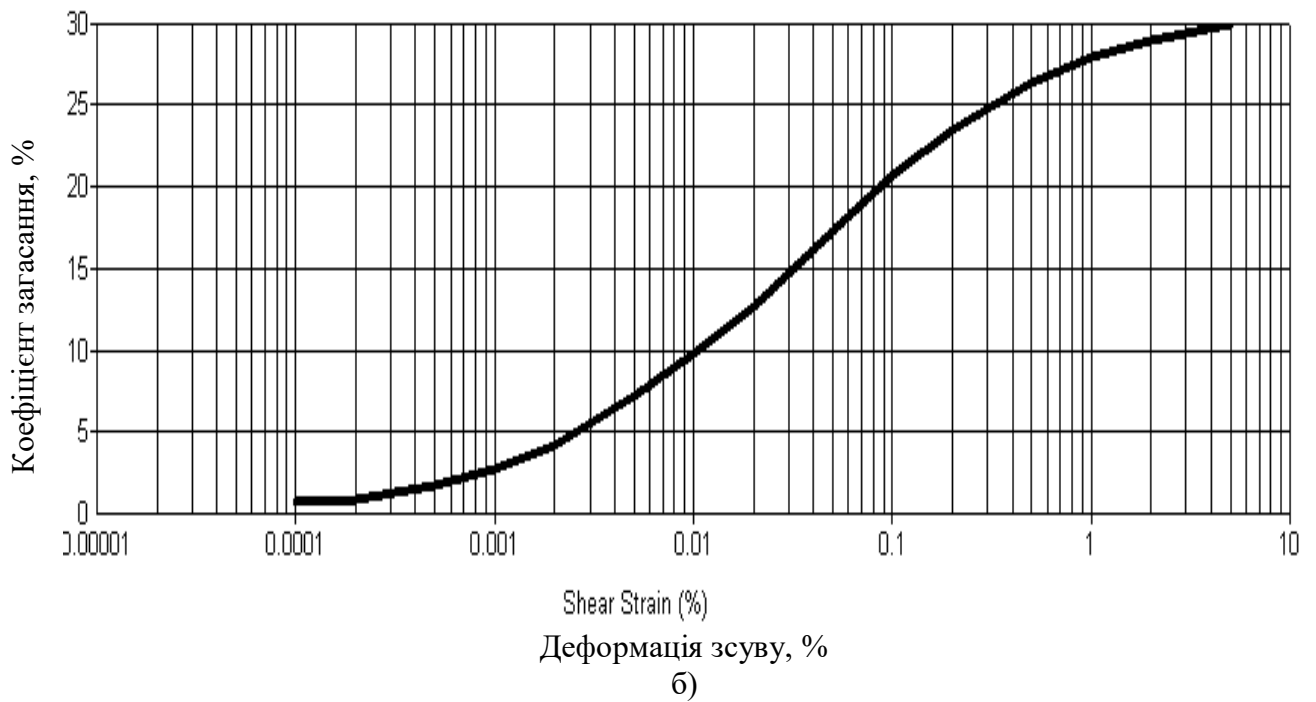
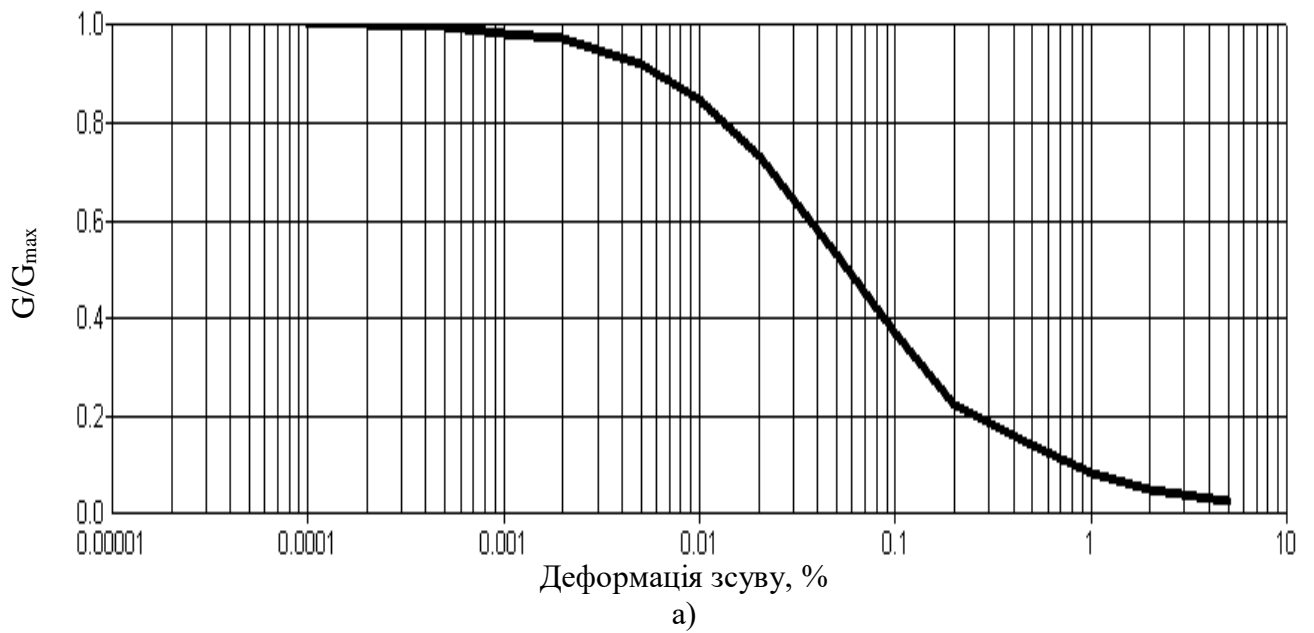
Швидкість повздовжніх хвиль



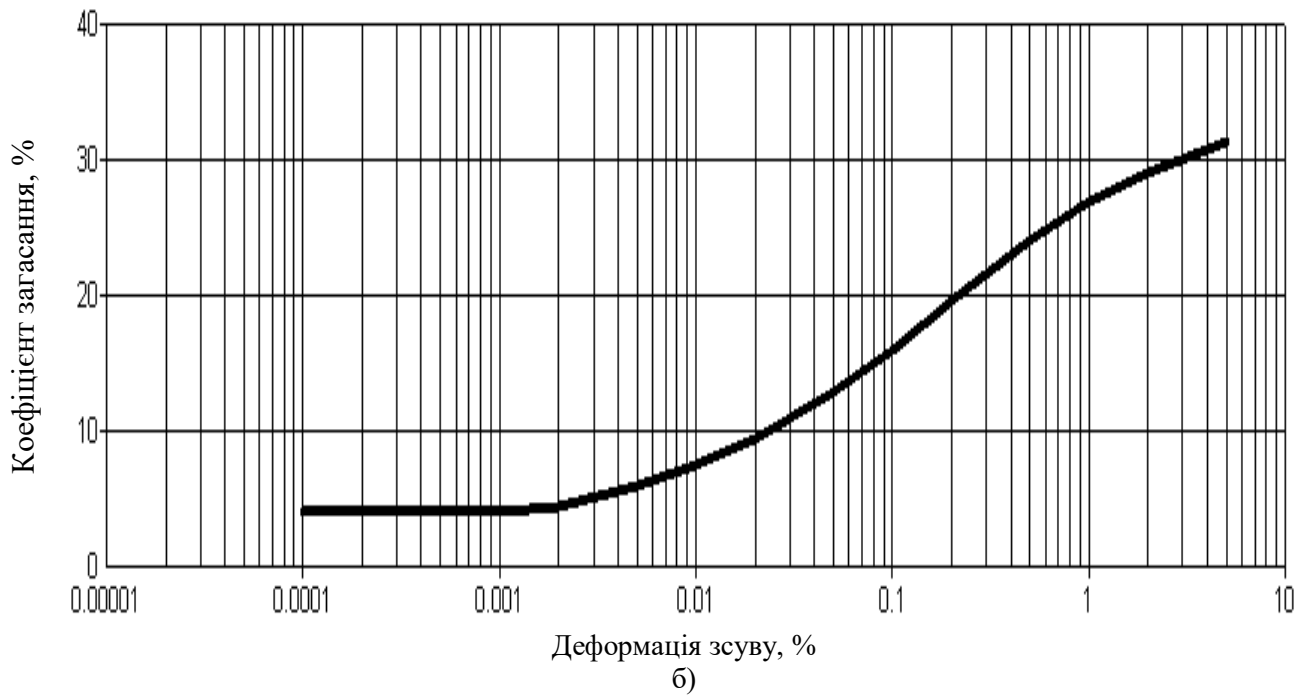
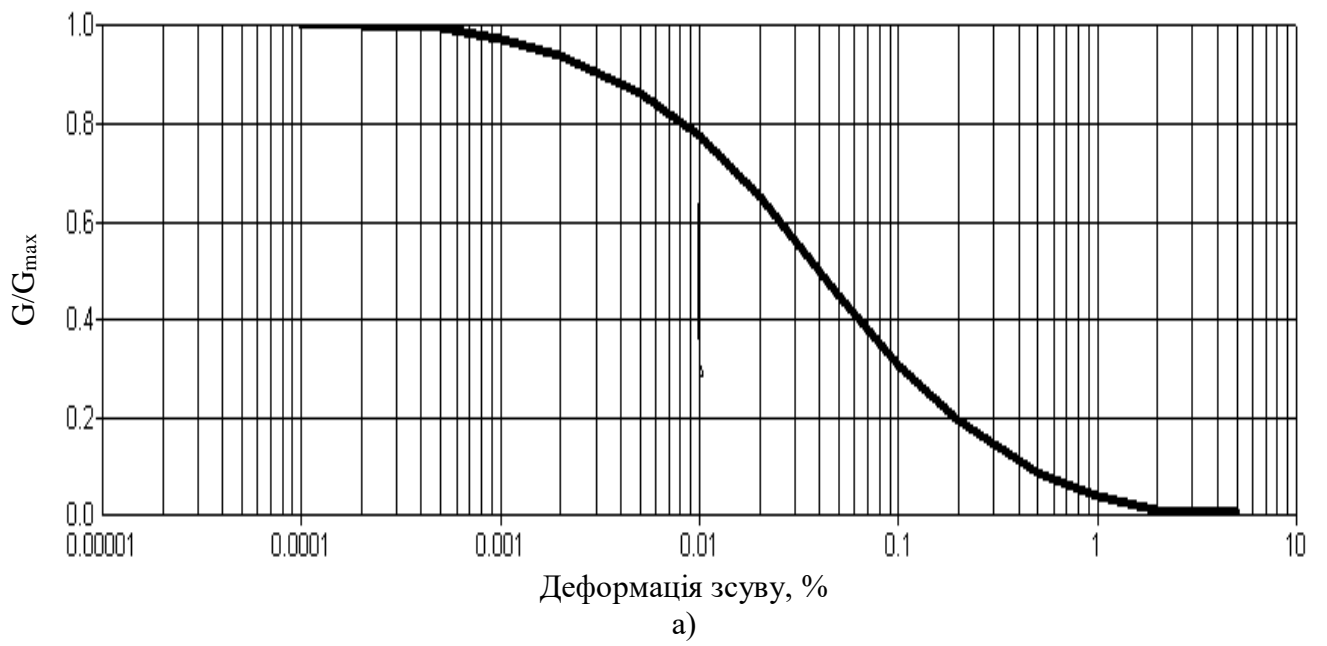
Швидкість поперечних хвиль



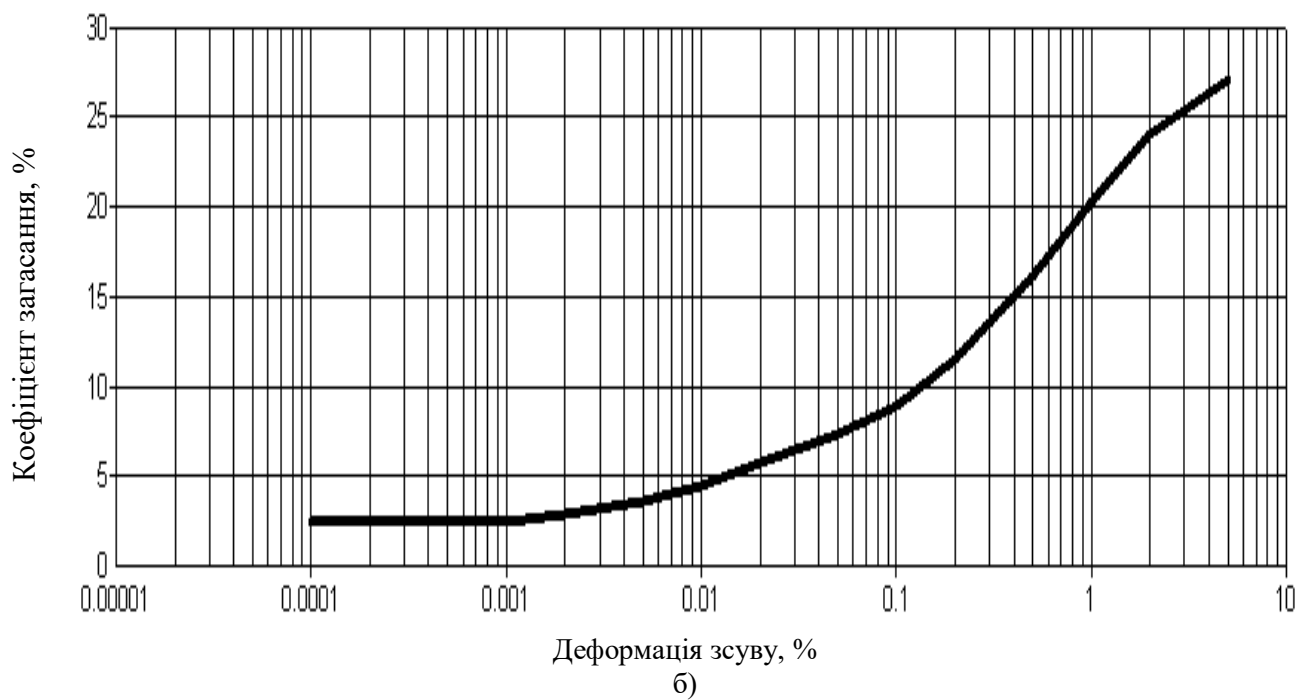
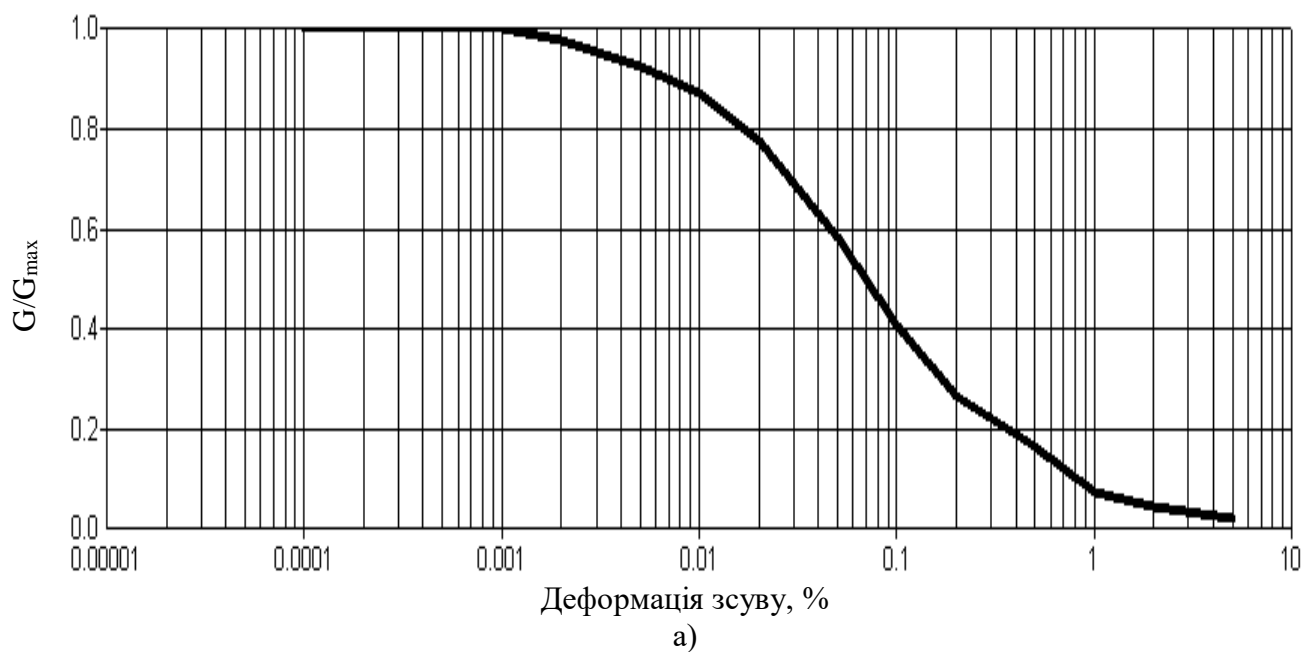
ДОДАТОК Г. МОДЕЛІ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МОДУЛЮ ЗСУВУ ТА КОЕФІЦІЄНТА ЗАГАСАННЯ ВІД ДЕФОРМАЦІЇ ЗСУВУ



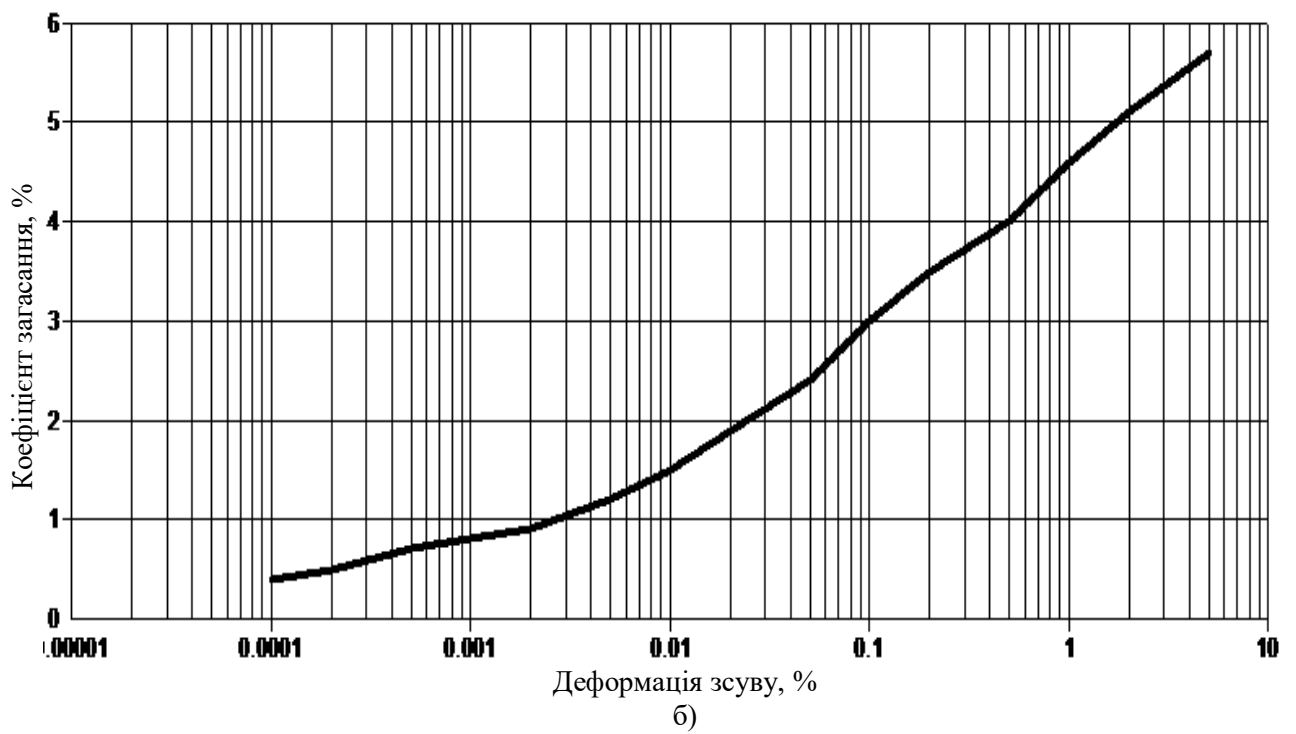
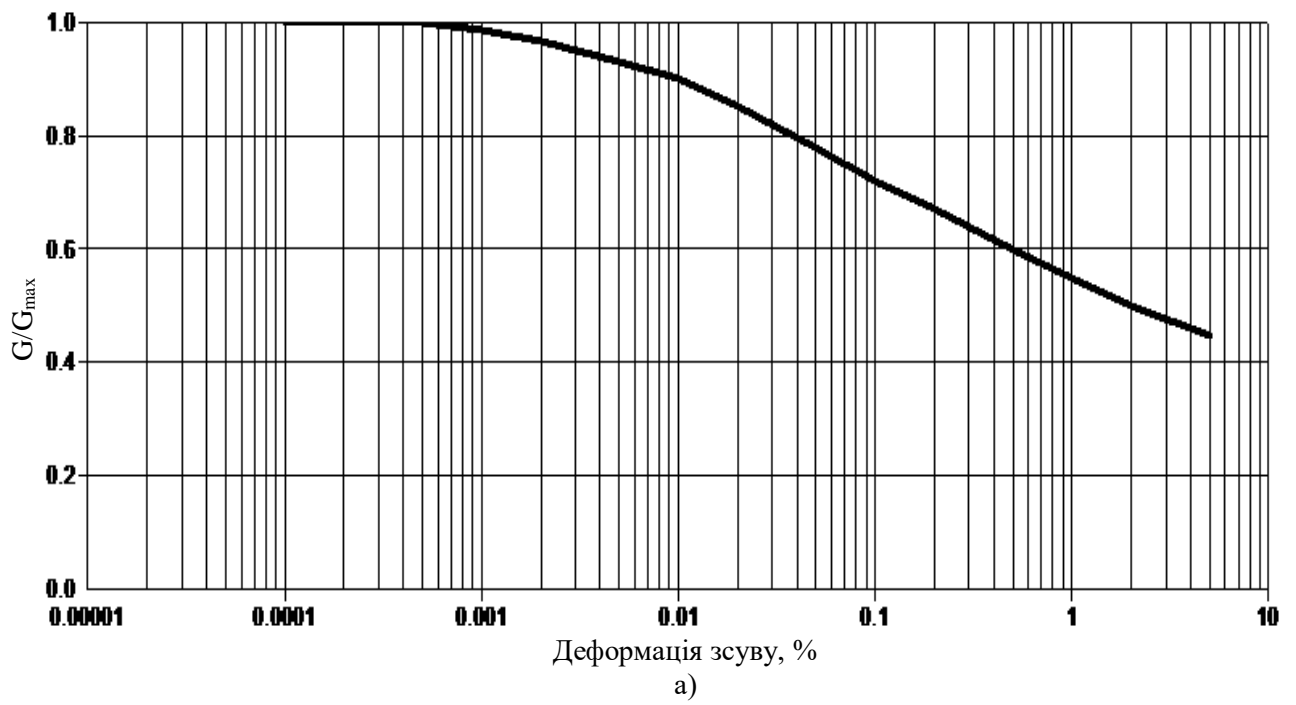
Моделі залежності модуля зсуву (а) і коефіцієнта загасання (б) від деформації зсуву для піску



Моделі залежності модуля зсуву (а) і коефіцієнта загасання (б) від деформації зсуву для супіску



Моделі залежності модуля зсуву (а) і коефіцієнта загасання (б) від деформації зсуву для суглинку



Моделі залежності модуля зсуву (а) і коефіцієнта загасання (б) від деформації зсуву для крейди та вапняку

ДОДАТОК Д. ТЕХНИЧНІ ПРОЦЕДУРИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ РОЗРАХУНКАХ

ПРОЦЕДУРА ОТРИМАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СИНТЕЗОВАНИХ АКСЕЛЕРОГРАМ ПО ЗАДАНОМУ ДІАПАЗОНУ ВІДГУКУ

Для точно заданого спектра відгуку акселерограма може бути згенерована з урахуванням відомих алгоритмів, наприклад. При цьому отримують синтетичну акселерограму з випадковою фазою (фазові кути є рівномірно розподілені в інтервалі від 0 до 2π випадкові величини), що регламентується нормативами SSG-9 і РБ 006-98. Існує ряд програмних продуктів, розроблених різними авторами, які дозволяють генерувати синтетичну акселерограму за умови заданого спектра відгуку.

У даній роботі для генерації акселерограми по заданому спектру відгуку використовувалося ПЗ SIMQKE_GR.

Заданий спектр відгуку імпортується в пакет SIMQKE_GR для наступної генерації акселерограм.

Наступним кроком є генерація синтезованої акселерограми з параметрами, відповідними узагальненому спектру відгуку, що було імпортовано, і основними тимчасовими характеристиками акселерограми (загальна тривалість, час наростання амплітуди коливань, час спаду амплітуди коливань та ін.).

Процес отримання набору синтезованих акселерограм є ітеративним з метою формування консервативного запису прискорень, що враховує всі піки спектральних прискорень.

В отриманому наборі записів прискорень розрахункові синтезовані акселерограми є трикомпонентними (по трьох осях T, R, Z), при цьому акселерограми різних напрямків є статистично незалежними, що згідно з нормативами SSG-9 и РБ 006-98 є обов'язковою вимогою для розрахункових акселерограм.

ПРОЦЕДУРА ОТРИМАННЯ СПЕКТРІВ ВІДГУКУ НА ОСНОВІ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ NGA

В останнє десятиріччя широке застосування знайшли підходи отримання моделей спектрів відгуку і моделей загасання рухів, отриманих в рамках проекту NGA. Дані моделі дозволяють отримати спектри відгуку для сейсмічної події рівня ПЗ і МРЗ з урахуванням конкретної сейсмотектонічної ситуації регіону досліджень.

Це особливо актуально в умовах слабкої сейсмічності Східноєвропейської платформи і Українського Щита зокрема. В умовах розміщення майданчика отримання запису події рівня МРЗ і навіть ПЗ виявляється малоімовірним в реальні часові терміни. Записи ж слабких подій маю істотно інші спектри відгуку, що буде показано нижче.

Проект «Нова генерація моделей загасання руху» (NGA) являє собою багатодисциплінарну програму досліджень під керівництвом Тихоокеанського дослідного центру землетрусів (PEER), Геологічної служби США і Південнокаліфорнійського центру землетрусів. Мета даного проекту – розробка нових залежностей для передбачення руху на підставі даних про корові землетруси в США і подібні тектонічні активні регіони. В процесі виконання проекту вирішувалися наступні завдання:

- оновлення і розширення бази даних PEER, яка включає в себе інформацію про джерела землетрусів, про шляхи їх поширення пружних хвиль, записи руху в різних приповерхневих умовах;
- розробка моделей загасання руху п'ятьма незалежними дослідницькими групами Abrahamson & Silva (модель AS08), Boore & Atkinson (модель BA08), Campbell & Bozorgnia (модель CD08), Chiou & Youngs (модель CY08), Idriss (модель I08);
- проведення досліджень по розробці теоретичних основ для створення функціональних залежностей моделей руху, оцінці їх достовірності і меж використання.

Створення високоякісної єдиної бази даних є ключовим моментом в побудові надійних моделей загасання. Загальна база виключила сумнівні дані і, як наслідок, неоднозначності в моделях, дозволила виконати адекватне порівняння різних моделей загасання. Крім того, сприяла об'єднанню і узгодженості сейсмологічних і інженерних досліджень.

NGA база даних була створена на основі PEER Strong-Motion бази даних, що була розроблена в 1990-і роки. Основні зусилля були спрямовані на: заповнення пропусків в існуючій базі за рахунок землетрусів, що сталися в останні роки; значне розширення доступної інформації для можливості створення надійних моделей загасання в рамках NGA. Додаткові зусилля були спрямовані на систематизацію та перевірку зібраних даних. База даних в основному містить записи компонент руху по коровим землетрусам в тектонічно активних регіонах. Формування бази було закінчено до кінця 2004 року. NGA база даних містить багатокомпонентні записи, інформацію про землетруси і станції запису (173 землетрусу, 1456 станцій запису, і 3551 багатокомпонентних записів). База даних розділена на чотири розділи. У першому містяться багатокомпонентні записи, у другому – інформація про землетруси, яка включає дані про джерело, місце розташування і час події,

магнітуду, положення епіцентру, механізм розлому і тектонічну обстановку. У третьому розділі представлено дані про станції: їх розташування, геологічна обстановка і приповерхневі умови, в тому числі і значення V_S^{30} і їх класифікації згідно з NEHRP. Для ряду станцій є інформація про швидкості поширення поперечних хвиль до 2 км, глибини залягання фундаменту, літологічний склад. Четвертий розділ було створено спеціально для розробників моделей загасання і включає параметри руху в компонентах прискорення (PGA) і спектра відгуку з 5% загасанням (PSA).

В рамках проекту п'ятьма незалежними дослідницькими групами виконувався розвиток моделей загасання руху, запропонованих раніше Abrahamson & Silva, Boore, Campbell & Bozorgnia, Chiou & Youngs, Idriss. Моделі були вдосконалені на основі використання більш повної бази по землетрусу і обліку додаткових чинників, що впливають на значення компонент руху, використання нових підходів до аналізу та обробці даних. Так, горизонтальна компонента руху, яка використовується в NGA моделях, не є традиційним геометричним середнім з двох записаних горизонтальних компонент, а являє собою середнє із записів, розгорнутих паралельно і перпендикулярно розлому. Такий запис дає більш надійні оцінки компонент руху.

Для того щоб моделі, що розробляються, могли бути використані в інженерних дослідженнях, до них спочатку висувався ряд вимог. Перш за все, параметри руху повинні бути отримані в компонентах прискорення (PGA), швидкості (PGA) і спектрі відгуку з 5% загасанням (PSA) за акселерограмами в діапазоні 0-10 с. Середні горизонтальні компоненти руху також як компоненти руху повинні бути отримані в напрямках перпендикулярно і паралельно розломам, магнітуди руху охоплювати діапазон 5-8.5, а діапазон відстаней від епіцентру землетрусів складати 0-200км. Крім того, моделі загасання повинні враховувати загальноприйняті класифікації приповерхневих умов, в тому числі, і NEHRP.

При розробці моделей, автори спиралися на основи теоретичної сейсмології, прості сейсмологічні моделі. Додаткові зусилля були зроблені в опису впливу магнітуди і відстані землетрусу на компоненти руху, а також на розширення діапазону моделей до 10 с (враховуючи, що більшість записів сейсмічних подій доступні в діапазоні до 1с). Деякі дослідники аналізували записи сейсмічних подій, які не включені в базу NGA.

На значення компонент руху впливає безліч факторів, які можуть бути розділені на ефекти пов'язані з: 1) джерелом землетрусу (магнітуда, механізм руйнування, глибина до розриву, тип розлому та ін.); 2) шляхом поширення (відстань до епіцентру, геометрична розбіжність, непружне загасання і ін.); 3) приповерхневими умовами (потужність опадів, швидкість V_S^{30}). Кожним з дослідників при створенні моделей загасання був обґрунтований внесок кожного з ефектів і запропоновані різні схеми їх обліку. Тут слід відзначити, що

дослідники прагнули знайти компроміс між побудовою щодо простих функціональних залежностей та врахуванням всіх фізичних факторів, що впливають на компоненти руху. Саме тому кожен з дослідників, оцінюючи внесок кожного фактора на значення компонент руху, обмежувався деяким набором параметрів при побудові моделей загасання. Так, наприклад, магнітуда землетрусу, відстань до епіцентру, тип розлому (зрушення, нормальний або звернений скидання), приповерхневі умови враховуються усіма дослідниками, в той час як, глибина до розлому, вертикальна амплітуда розлому враховуються в моделях Abrahamson & Silva (AS08), Campbell & Bozorgnia (CD08), Chiou & Youngs (CY08), випадковий розкид магнітуд за деяку подію – в роботах Abrahamson & Silva (AS08), Chiou & Youngs (CY08), Idriss (I08). Всі дослідники відзначили значну роль швидкості поширення поперечних хвиль в приповерхневому 30-метровому шарі V_s^{30} на значення компонент руху. У чотирьох моделях посилення компонент руху, обумовлене приповерхневими умовами, представлено як функція від V_s^{30} , причому враховуються і нелінійні ефекти, пов'язані із залежністю посилення від рівня сейсмічного впливу. У моделі Idriss (I08) оцінені компоненти руху лише для двох категорій V_s^{30} ($450 \text{ m/s} \leq V_s^{30} \leq 900 \text{ m/s}$ и $V_s^{30} \geq 900 \text{ m/s}$).

Серія дослідних проектів була виконана з метою вдосконалення теоретичних основ для опису і оцінки діапазонів використання функціональних залежностей моделей загасання. Ці проекти включали моделювання компонент руху від джерела до приймача моделювання посилення компонент руху в залежності від приповерхневих і глибинних умов, розробка підходів для передбачення компонент руху безпосередньо на базі теорії ізохрон.

Моделі загасання NGA, що представляють собою рівняння для передбачення компонент руху, є результатами багаторічних досліджень. Ці моделі отримано на основі єдиної глобальної бази, але незалежними дослідниками показують високий ступінь.

Крім того, порівняння з моделями, які отримано на підставі інших баз даних, дозволяє зробити висновок, що розроблені в рамках NGA проекту моделі загасання успішно можуть бути використані для передбачення компонент руху в тектонічно активних регіонах усього світу.