

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

Природничих наук та технологій

(факультет)

Кафедра Геофізичних методів розвідки

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Штойко Марина Іванівна

(ПІБ)

академічної групи 103М-19-3

(шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Геофізика

за освітньо-професійною програмою Науки про Землю

(офіційна назва)

на тему Комплексування вимог вітчизняних і міжнародних нормативів з оцінки
сейсмічної небезпеки території

(назва за наказом ректора)

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

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

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

Дніпро
2020

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

« 28 » вересня 2020 року

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

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

спеціальності _____ 103 Науки про Землю

спеціалізації¹ _____ Геофізика

за освітньо-професійною програмою _____ Науки про Землю

(офіційна назва)

на тему Комплексування вимог вітчизняних і міжнародних нормативів з оцінки сейсмічної
небезпеки території

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	<i>Порівняльний аналіз нормативних документів з сейсмостійкого будівництва дбн в.1.-1-12: 2014 і eurocode-8 в частині оцінки сейсмічної небезпеки і врахування впливу ґрунтових умов</i>	29.09.20 – 05.10.20
Розділ 2	<i>Загальні відомості про територію робіт</i>	06.10.20 - 13.10.20
Розділ 3	<i>Загальні відомості про територію робіт</i>	14.10.20 - 29.10.20
Розділ 4	<i>Створення цифрових моделей геологічних елементів</i>	30.10.20 – 09.11.20
Розділ 5	<i>Сейсморозвідувальні роботи</i>	10.11.20 – 22.11.20
Розділ 6	<i>Інструментальні методи сейсмічного мікрорайонування майданчику досліджень</i>	23.11.20 – 17.12.20

Завдання видано _____ Довбніч М.М.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 28.09.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Штойко М.І.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Штойко М.І. Комплексування вимог вітчизняних і міжнародних нормативів з оцінки сейсмічної небезпеки території. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 103 "Науки про Землю" – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, 2020р.

Обсяг кваліфікаційної роботи: 101 сторінки, в т.ч. 22 рисунки, 6 таблиць, список використаних джерел та додатки.

Комплексовано вимоги вітчизняних і міжнародних нормативів з оцінки сейсмічної небезпеки території, які базуються на ознайомленні з вимогами вітчизняних та міжнародних нормативних документів в галузі оцінки сейсмічної небезпеки, аналізі сейсмічної небезпеки території України, вивченні геологічних умов і фізичних властивостей ґрунтової товщі хвостосховища «карта» у Кривому Розі, виконанні оцінки впливу локальних умов на зміну сейсмічної небезпеки, порівняльному аналізі результатів, отриманих з застосуванням різних підходів.

Ключові слова: ГРУНТОВА ТОВЩА, НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ, СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА, ХВОСТОСХОВИЩЕ

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З СЕЙСМОСТІЙКОГО БУДІВНИЦТВА ДБН В.1.-1-12: 2014 І EUROCODE-8 В ЧАСТИНІ ОЦІНКИ СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ І ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ҐРУНТОВИХ УМОВ	8
1.1. Аналіз нормативних документів з сейсмостійкого будівництва ДБН В.1.-1-12: 2014	8
1.2. Аналіз нормативних документів по Єврокоду 8	19
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕРИТОРІЮ РОБІТ	29
2.1. Географічне положення	29
2.2. Нормативна сейсмічність району досліджень	30
2.3. Геологічні умови території робіт	38
РОЗДІЛ 3. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ І СЕЙСМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ	46
РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ГЕОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	49
РОЗДІЛ 5. СЕЙСМОРОЗВІДУВАЛЬНІ РОБОТИ	53
5.1. Методика та результати сейсморозвідувальних досліджень	53
5.2 Побудова швидкісної моделі середовища та оцінка допоміжних фізичних характеристик	60
РОЗДІЛ 6. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ СЕЙСМІЧНОГО МІКРОРАЙОНУВАННЯ МАЙДАНЧИКУ ДОСЛІДЖЕНЬ	62

6.1. Вибір еталонної ділянки.....	62
6.2. Прогнозування посилення ймовірних сейсмічних рухів на основі аналізу швидкостей поперечних хвиль верхньої 30 метрової частини розрізу (V_s^{30})	67
ВИСНОВОКИ.....	75
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	76
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

У практиці інженерної сейсмології сейсмічна небезпека (розрахункова сейсмічність) території промислових об'єктів визначається двома характеристиками: фоновою або нормативною сейсмічністю I_n і приростом сейсмічності за рахунок впливу локальних ґрунтових умов ΔI , що виражаються в сейсмічних балах (відповідно вітчизняним нормативним документам [1]) або коефіцієнті посилення сейсмічних коливань (відповідно міжнародним нормативним документам [4],[5]). Величина I_n відноситься до «середніх» умов (у вітчизняних нормативах до ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями). Розрахункова сейсмічність території дорівнює сумі $I_p = I_n + \Delta I$.

Актуальність теми. В умовах прагнення інтеграції України в міжнародний економічний, науково-технічний та соціальний простір край важливою проблемою є адаптація вітчизняних або перехід до міжнародних нормативів. Це стосується і нормативних документів в галузі геологічних та геофізичних вишукувань при проектуванні та будівництві, зокрема документів по оцінці сейсмічної небезпеки. В Україні таким документом є ДБН України В.1.1.12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України, в країнах Європейського союзу - Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance, в США - BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL (BSSC) (2001). І якщо вимоги різних міжнародних документів близькі, то вітчизняні вимоги дуже відрізняються.

Мета і задачі дослідження. Виконати порівняльний аналіз вітчизняних та міжнародних нормативних документів в галузі оцінки сейсмічної небезпеки та адаптувати закордонні підходи сейсмічного районування в умовах промислового об'єкту на території України.

Досягнення поставленої мети обумовило послідовне вирішення таких задач:

- ознайомлення з вимогами вітчизняних та міжнародних нормативних документів в галузі оцінки сейсмічної небезпеки;
- аналіз сейсмічної небезпеки території України;
- вивчення геологічних умов і фізичних властивостей ґрунтової товщі хвостосховища «карта» у Кривому Розі;
- виконання оцінки впливу локальних умов на зміну сейсмічної небезпеки;
- порівняльний аналіз результатів, отриманих з застосуванням різних підходів.

Об'єкт досліджень. Хвостосховище «карта» у Кривому Розі.

Предмет досліджень. Сейсмічна небезпека хвостосховища «карта» з урахуванням локальних умов.

Методи досліджень. В умовах низького сейсмічного режиму територій розташування хвостосховища «карта», роботі використаний комплекс методів сейсмічного мікрорайонування, що набули широкого застосування у вітчизняній і зарубіжній практиці:

- метод інженерно-геологічних аналогій;
- метод сейсмічних жорсткостей;
- метод V_S^{30} .

Робота виконувалась відповідно до вимог нормативних документів і методичних рекомендацій з урахуванням сучасних досягнень математичного моделювання та можливостей обчислювальної техніки.

Новизна одержаних результатів. Вперше в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів України адаптовано методи сейсмічного мікрорайонування, що регламентовані міжнародними нормативними документами Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance та BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL (BSSC) (2001), та виконаний їх порівняльний аналіз з методами за вітчизняним нормативом ДБН України В.1.1.12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України.

Практичне значення одержаних результатів. Хвостосховища крупних гірничо-збагачувальних комбінатів 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. Хвостосховища є техногенними об'єктами, що істотно змінюють інженерно-геологічну та ландшафтну обстановку територій. Антропогенні зміни геологічного середовища, що пов'язані з будівництвом і експлуатацією хвостосховищ 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 та особливостей рельєфу (в умовах хвостосховищ в першу чергу техногенного), а також врахування зміни властивостей середовища, що пов'язані з будівництвом та експлуатацією хвостосховища, є обов'язковим елементом при проектуванні огорожувальних дамб. Отримані в магістерській роботі результати можуть бути використані для оцінки стійкості огорожувальних дамб хвостосховища «карта».

РОЗДІЛ 1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З СЕЙСМОСТІЙКОГО БУДІВНИЦТВА ДБН В.1.-1-12: 2014 І EUROCODE-8 В ЧАСТИНІ ОЦІНКИ СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ І ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ГРУНТОВИХ УМОВ

В даний час в різних країнах в практиці інженерної сейсмології при оцінці сейсмічної небезпеки майданчика будівництва використовуються нормативні документи, що істотно відрізняються один від одного.

Так в Україні діє норматив ДБН В.1.-1-12 до: 2014 «Будівництво в сейсмічних районах України», в країнах Європейського Союзу - Eurocode 8: Seismic Design of Buildings, в США - BSSC: BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL.

Методичні підходи та вимоги нормативів ЄС, США, Канади та Мексиці дуже близькі один до одного і відображають досягнення «західної» школи інженерної сейсмології. Вітчизняний норматив ДБН В.1.-1-12: 2014 року, у всякому разі в частині оцінки сейсмічної небезпеки, спирається на «радянську» школу і суттєво відрізняється від міжнародних вимог.

Для подальшого порівняльного аналізу вітчизняних і міжнародних нормативів, нижче наведені вимоги з оцінки сейсмічної небезпеки в ДБН В.1.-1-12: 2014 і Eurocode 8.

1.1. Аналіз нормативних документів з сейсмостійкого будівництва ДБН В.1.-1-12: 2014

Нормативну інтенсивність сейсмічних впливів у балах макросейсмічної шкали для району будівництва належить приймати на основі списку населених пунктів і комплекту карт загального сейсмічного районування (ЗСР-2004) території України.

Комплект включає карти:

- карти ОСР: А; В; С - для всієї території України в масштабі 1: 2 500 000;
- Детальні карти ОСР: А0; А; В; З для територій АР Крим та Одеській області в масштабі 1: 1 000 000 (вирізки до карт ЗСР-2004 території України).

Зазначена на картах сейсмічна інтенсивність відноситься до ділянок із середніми за сейсмічними властивостями ґрунтами.

Комплект карт ЗСР-2004 території України складається з трьох карт:

- карта ЗСР-2004-А відповідно до рис.1.1 відповідає 10% ймовірності перевищення нормативної сейсмічної інтенсивності протягом 50 років і середнім періодам повторення таких інтенсивностей 1 раз в 500 років. Карту належить застосовувати для проектування будівель і споруд класу наслідків СС1 відповідно до ДБН В.1.2-14 [1], а також класу наслідків СС2 - для будівель заввишки до 73,5 м;

- карта ЗСР-2004-В відповідно до рис.1.2 відповідає 5% ймовірності перевищення нормативної сейсмічної інтенсивності протягом 50 років і середнім періодам повторення таких інтенсивностей один раз на 1000 років. Карту належить застосовувати при проектуванні будинків і споруд класу наслідків СС2 відповідно до ДБН В.1.2-14 [1] - для будівель заввишки від 73,5 м до 100 м, а також об'єктів, які відносяться до потенційно небезпечним, але не ідентифікуються як об'єкти підвищеної небезпеки відповідно до Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»;

- карта ЗСР-2004-С відповідно до рис.1.3 відповідає 1% ймовірності перевищення нормативної інтенсивності протягом 50 років і середнім періодам повторення таких інтенсивностей один раз на 5000 років. Карту належить застосовувати при проектуванні будинків і споруд класу наслідків СС3 відповідно до ДБН В.1.2-14 [1].

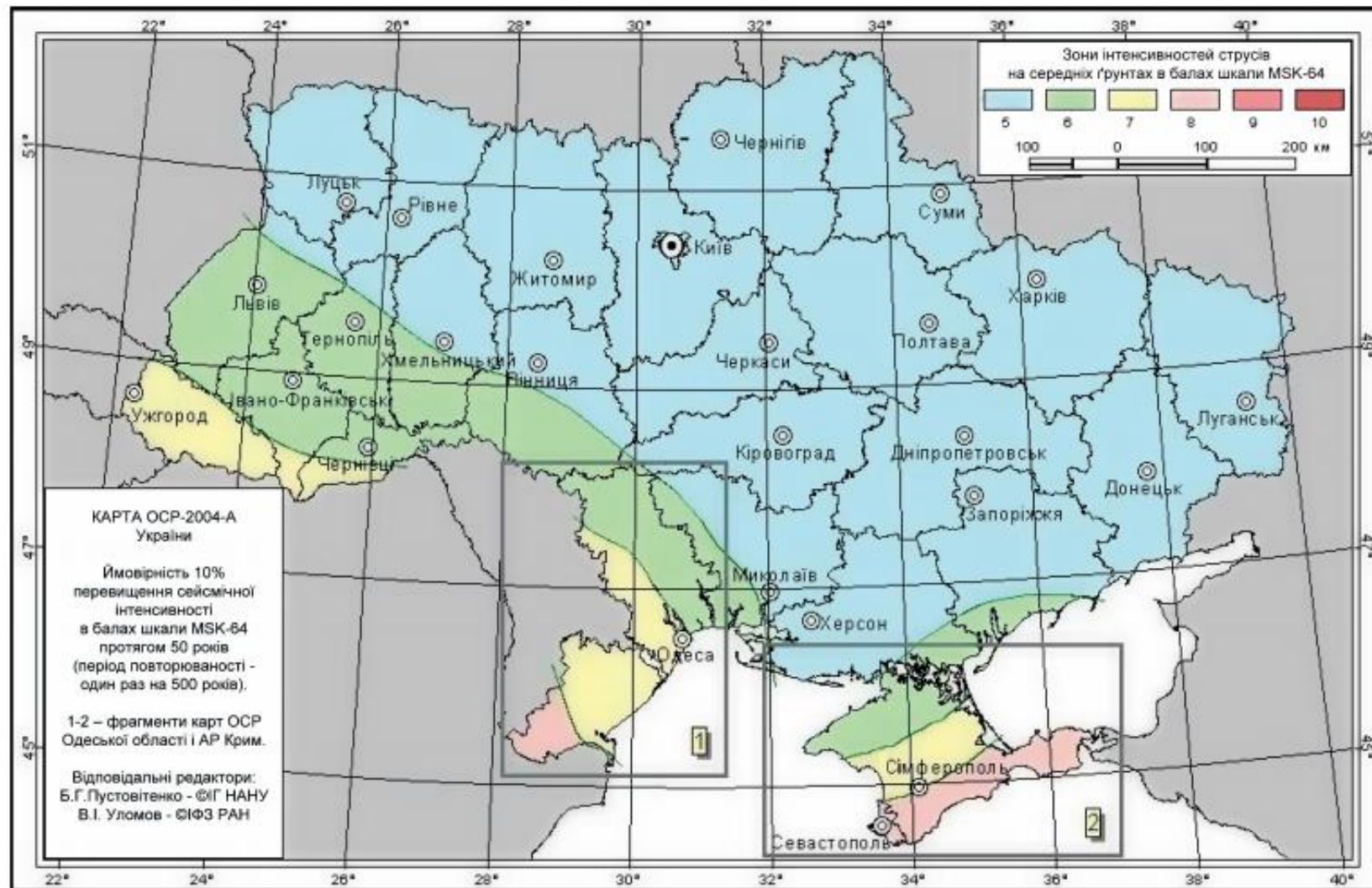


Рис. 1.1. Карта загального сейсмічного районування території України 10% ймовірності

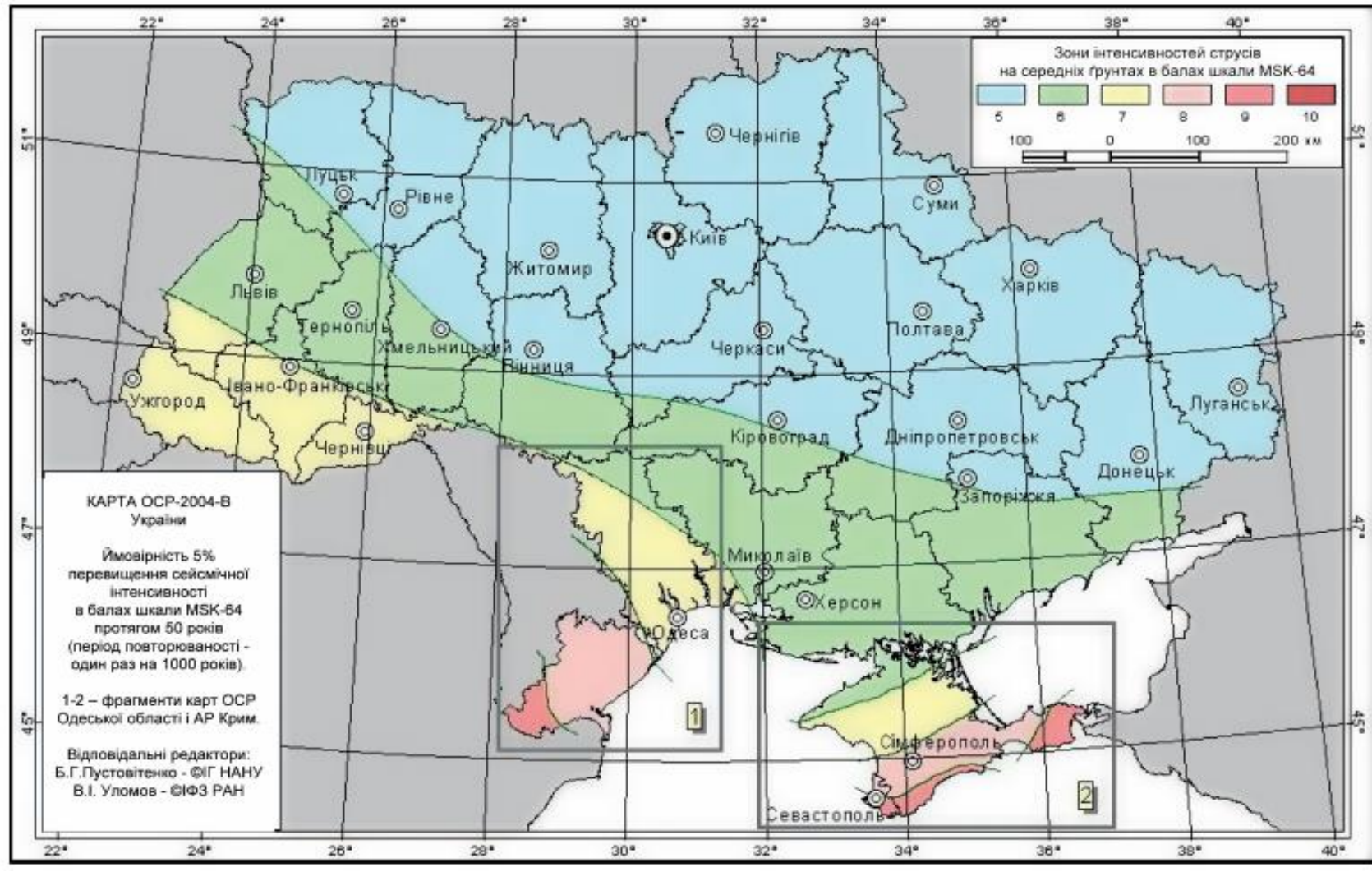


Рис. 1.2. Карта загальної сейсмічності районування території України 5% ймовірності

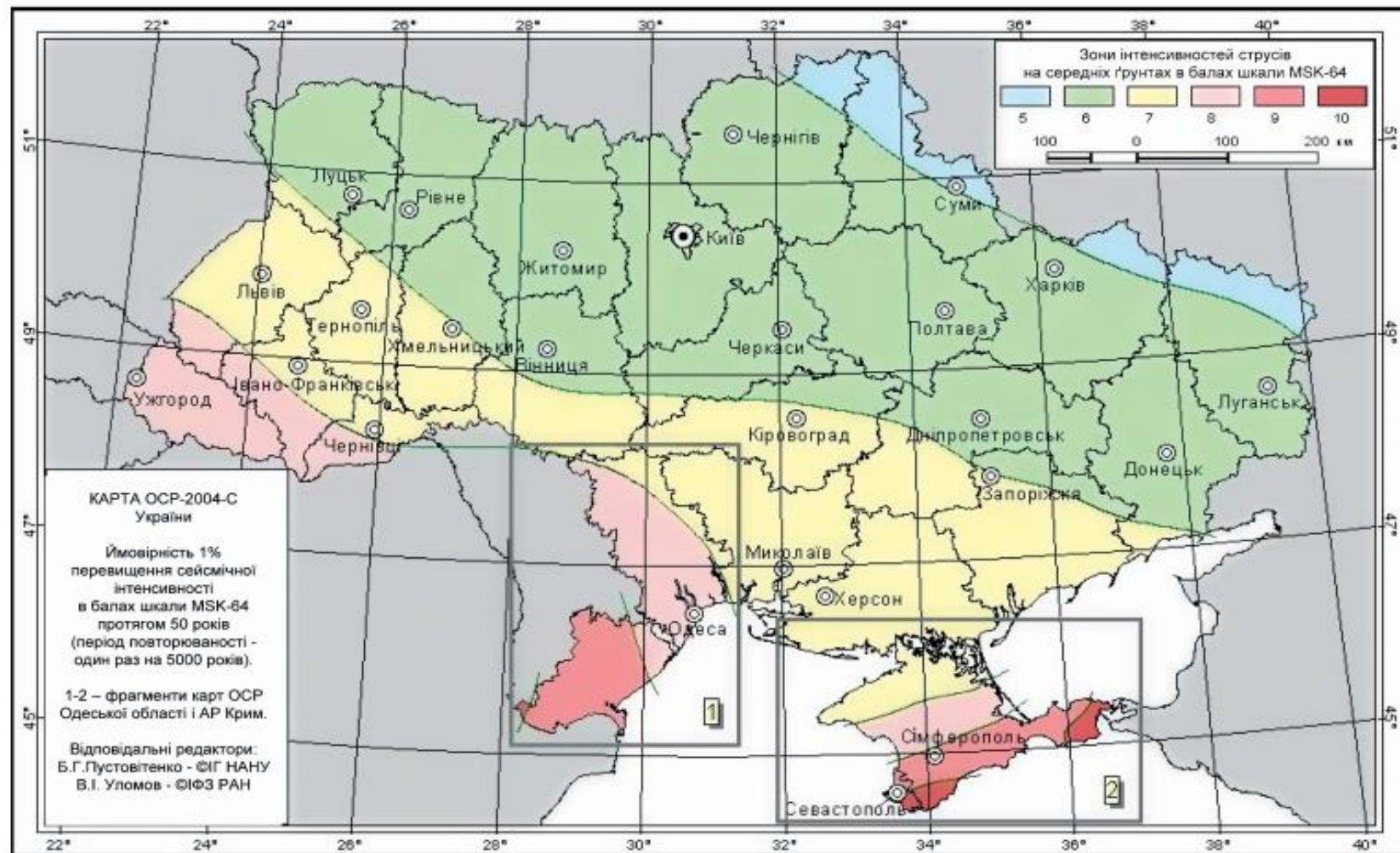


Рис. 1.3. Карта загального сейсмічного районування території України 1% ймовірності

Визначення переліку об'єктів, до яких застосовуються карти ЗСР-2004, здійснюється відповідно ДБН В.1.2-14 [1] і чинним законодавством для об'єктів підвищеної небезпеки.

Рішення щодо вибору карти при проектуванні конкретного об'єкта, що не занесеного до ДБН В.1.2-14 [1], та віднесення його до конкретного класу наслідків (відповідальності), здійснюється генеральним проектувальником за погодженням із замовником. Інтенсивність сейсмічного впливу для об'єктів, що мають важливе господарське і (або) соціальне значення і не врахованих в таблиці 1.2, приймається в залежності від сполучень для даного району розрахункової інтенсивності за картами ЗСР-2004-А і ЗСР-2004-В, по таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 –

Коефіцієнт k_2 , що враховує тип і призначення будівлі (споруди)

№/п	Характеристика споруд	Значення k_2
1	Особливо відповідальні та унікальні споруди, в тому числі виробничі корпуси, складські будівлі об'єктів хімічної промисловості з токсичними і отруйними речовинами, вибухонебезпечні корпуси хіміко фармацевтичної промисловості і споруди нафтохімічної промисловості	1,5
2	Споруди з одночасним перебуванням великої кількості людей (великі вокзали, аеропорти, театри, цирки, музеї, виставкові і концертні зали з числом місць більше 1000 чоловік, криті ринки та стадіони); Будинки і споруди, експлуатація яких необхідна під час землетрусу або при ліквідації його наслідків (системи енерго- і водопостачання, системи пожежогасіння, телефонного і телеграфного зв'язку, виробничі корпуси важкої промисловості з безперервним циклом роботи, банків, державних і місцевих адміністративних органів, лікарень з травматологічними і хірургічними відділеннями і т.п.)	1,4
	Будинки і споруди лікарень на 100 ліжок і більше, пологових	1,3

№/п	Характеристика споруд	Значення k_2
3	Будинків, акушерських корпусів, станцій швидкої допомоги, шкіл, дитячих садів, вищих навчальних закладів, магістральних залізниць і автомобільних доріг і штучні споруди транспорту	
4	Будинки готелів, спальних корпусів закладів відпочинку на 250 місць і більше	1,2
5	Висотні споруди невеликих розмірів у плані (вежі, щогли, димові труби, окремо розташовані шахти ліфтів тощо) при відношенні висоти споруди H до її ширини B , що дорівнює або більше 5, і великопрогонові споруди ($L \geq 30$ м)	1,4
6	Каркасні будинки, стінове заповнення яких не впливає на їх деформативність, при відношенні висоти стояків h до їх поперечного розміру b в напрямку дії сейсмічного навантаження, що дорівнює або більше 25	1,4
7	Те ж, але при h / b дорівнює або менше 15	1,0
8	Житлові, громадські та виробничі будівлі, що не вказані в п.п. 1-7	1,0

	Будинки і споруди, руйнування яких не пов'язано із загибеллю людей, втратою матеріальних і культурних цінностей і не викликає припинення безперервних технологічних процесів або забруднення навколишнього середовища (склади, кранові та ремонтні естакади, невеликі майстерні, тимчасові будівлі і споруди, торговельні павільйони тощо.)	0,5
--	---	-----

Примітка 1. Об'єкти по рядку 1 затверджуються відповідними центральними органами виконавчої влади.

Примітка 2. При проміжних значеннях h / b значення k_2 приймається за інтерполяцією.

Примітка 3. Коефіцієнт k_2 повинен прийматися тільки один раз для будівель, вказаних в рядках 3,4 і 5.

Примітка 4. При використанні карти А0 для маловідповідальних будівель і споруд (рядок 8) значення коефіцієнта k_2 приймається 1,0.

Таблиця 1.3

Значення розрахункових відносних прискорень a_0 для даного майданчика (населеного пункту) залежно від сполучень розрахункової сейсмічної інтенсивності на картах А і В

номер поєднання	Інтенсивність за картами, бали шкали інтенсивності за ДСТУ Б В.1.1-28		Розраховані значення a_0
	А	В	
1	6	6	0,05
2	6	7	0,08
3	7	7	0,10
4	7	8	0,15
5	8	8	0,20
6	8	9	0,30
7	9	9	0,40

Примітка. Зазначені в таблиці бали сейсмічної інтенсивності повинні бути визначені з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР) площадки будівництва як для повторюваності землетрусів 1 раз в 500 років, так і для повторюваності 1 раз в 1000 років.

Нормативну сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва належить визначати з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР) площадки, яке виконується для районів із сейсмічністю 6 і більше балів відповідно нормативними документами діючими в Україні. Швидкість поширення сейсмічних хвиль в ґрунті визначається під час виконання робіт з СМР з урахуванням вимог РСН 65 [3].

У звітах про інженерно-геологічні вишукування слід зазначати категорію ґрунту за сейсмічними властивостями.

При відсутності карт сейсмічного мікрорайонування для об'єктів класу наслідків СС1, СС2 допускається спрощене визначення сейсмічності

майданчика будівництва на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань згідно таблиці 1.4.

Зменшення нормативної сейсмічності майданчика будівництва, зазначеної на картах ЗСР або затверджених картах СМР, за матеріалами загальних інженерно-геологічних вишукувань із застосуванням таблиці 1.4 не допускається.

Уточнення сейсмічності майданчиків будівництва, нормативна бальність яких визначається згідно з картами ЗСР-2004-В і ЗСР-2004-С, а також майданчиків, розташованих поблизу кордонів зон зміни бальності, виконується обов'язково на основі спеціальних досліджень.

Проектування будівель і споруд для будівництва на майданчиках за наявності в основі будівлі просідаючих ґрунтів, слід здійснювати з урахуванням вимог ДБН В.1.1-5, частина II.

Вибір конструктивно-планувальних рішень будівель і споруд, а також призначення складу та обсягу захисних заходів, що забезпечують міцність і експлуатаційну придатність об'єктів, повинні здійснюватись виходячи із розрахункової сейсмічності майданчика будівництва, величини і виду діючих навантажень, характеристик підстав і параметрів, що характеризують майданчик будівництва з урахуванням потужності просідаючої товщі, прогнозу замочування ґрунтів основ у межах усієї або частини просідання товщі і прогнозованою величини просідання ґрунтів основи.

Розрахунок будівель і споруд на сейсмічні дії та впливи, обумовлені деформаціями основи при замочуванні просідаючих ґрунтів, належить виконувати на основі просторових розрахункових моделей.

На майданчиках, сейсмічність яких перевищує 9 балів, будівництво у кожному конкретному випадку допускається тільки за умови спеціального обґрунтування за дозволом центрального органу виконавчої влади з будівництва.

Таблиця 1.4

Нормативна сейсмічність майданчика будівництва в залежності від
категорії ґрунтів за сейсмічними властивостями

Категорія ґрунту за сейсмічних властивостей	Ґрунти	Нормативна сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, бали				Швидкості розповсюдження сейсмічних хвиль в ґрунті, V_s , м/с
I	Скельні ґрунти усіх видів невивітрілі і слабовивітрілі; великоуламкові ґрунти щільні маловологі з магматичних порід, що містять до 30% піщано-глинистого заповнювача.					$V_s > 800$
II	Скельні ґрунти вивітрілі і сильновивітрілі; великоуламкові ґрунти, за винятком віднесених до I категорії; піски гравійні, крупні та середньої крупності щільні та середньої щільності маловологі і вологі; піски дрібні та пилюваті щільні та середньої щільності вологі; пилювато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L < 0,5$ при коефіцієнті пористості $e < 0,9$ - для глин і суглинків, та $e < 0,7$ - для супісків.					$500 < V_s < 800$
III	Піски крихкі незалежно від ступеня вологості та крупності; піски гравійні, крупні та середньої крупності, щільні та середньої щільності водонасичення; піски дрібні та пилюваті, щільні та середньої щільності, вологі та водонасичені; пилювато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L > 0,5$; пилювато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L < 0,5$ при коефіцієнті пористості $e > 0,9$ - для глин і суглинків та $e > 0,7$ - для супісків.			0		$200 < V_s < 500$
IV	Піски крихкі водонасичені, схильні до розрідження; насипні і ґрунтові ґрунти; пливуні, біогенні ґрунти та мули.	За результатами спеціальних досліджень				$V_s < 200$

Примітка 1. У разі неоднорідного складу ґрунти майданчика будівництва відносяться до найбільш несприятливої категорії ґрунту за сейсмічними властивостями, якщо в межах десятиметрового шару ґрунту, починаючи відлік від планувальної відмітки при вийманні, і чорної відмітки - в разі насипу, сумарна потужність шарів, що відносяться до цієї категорії, перевищує 5 м.

Примітка 2. У разі прогнозування підйому рівня підземних вод і (або) обводнення ґрунтів в процесі експлуатації будівлі категорії ґрунту належить визначати в залежності від властивостей ґрунту (ступеня вологості, показника

плинності) в замоченому стані (за винятком локального аварійного замочування, вплив якого при уточненні сейсмічності майданчика не враховується).

Примітка 3. Пилувато-глинисті ґрунти твердої консистенції або в твердому стані) при коефіцієнті пористості поблизу значень $e = 0,9$ - для глин і суглинків та $e = 0,7$ - для супісків можуть бути віднесені до II категорії за сейсмічними властивостями, якщо нормативне значення їх модуля деформації $E \geq 15$ МПа, а при експлуатації споруд будуть забезпечені умови непідтоплення ґрунтів основи. При відсутності даних щодо консистенції або вологості глинисті і піщані ґрунти при розміщенні рівня ґрунтових вод вище 5 м відносяться до III категорії.

Примітка 4. Переважаючий період власних коливань ґрунтової товщі визначається за результатами мікросейсморайонування. У разі відсутності даних по мікросейсморайонування допускається визначати період власних коливань ґрунтової товщі за додатком Ж.

Примітка 5. Сейсмічність майданчика визначається в цілих балах. Для ґрунтових умов, при яких можливе визначення категорії ґрунту за сейсмічними властивостями як проміжне визначення бальності по інтерполяції не допускається, а остаточне рішення приймається вишукувальною організацією за результатами додаткових визначень і / або комплексним аналізом.

Примітка 6. Насипні ущільнені ґрунти при їх відсипки і масиви укріплених ґрунтів можуть бути віднесені до II або III категорії в залежності від їх зернового складу, показників e , I_L , S_r і величини модуля деформацій, вишукувальною організацією по відповідним вимогам, які сформовані в описовій частині таблиці.

Без достатнього обґрунтування і проведення спеціальних інструментальних досліджень на майданчику не слід розміщувати споруди на ділянках, несприятливих у сейсмічному відношенні, до яких відносяться наступні майданчики будівництва:

- розташовані в зонах можливого прояву тектонічних розломів на поверхні;
- з осипами, обвалами, зсувами, гірничими виробками і каменепадами;
- з крутизною схилів понад 15°;
- розташовані в зонах можливого проходження селевих потоків, сходження снігових лавин;
- розташовані на цунамінебезпечних ділянках;
- складені ґрунтами IV категорії за сейсмічними властивостями;
- з проявами карсту і суффозії.

На майданчиках сейсмічністю 9 балів, з несприятливими ґрунтовими умовами, а також на ґрунтах IV категорії за сейсмічними властивостями, не допускається багатоповерхова житлова забудова, будівництво промислових підприємств і енергетичних об'єктів, не пов'язаних з обслуговуванням населення, що проживає в даній місцевості, а також будівництво об'єктів, де можливе велике скупчення людей (шкіл, дитячих садків, лікарень, торгових центрів, театрів, кінотеатрів). На цих майданчиках допускається розташовувати загальноміські зони відпочинку, зелені масиви, складські приміщення, автобази, гаражі, ремонтні майстерні, тимчасові сільськогосподарські, виробничі та інші одноповерхові приміщення.

Примітка. При необхідності зведення будівель і споруд на майданчиках з крутизною схилу денної поверхні більше 15° слід вживати додаткових заходів щодо забезпечення їх стійкості.

1.2. Аналіз нормативних документів по Єврокоду 8

Для визначення типу ґрунтових умов за класифікацією, наведеною в Таблиці 1.5, слід виконувати відповідні дослідження.

Таблиця 1.5

Типи ґрунту

Тип ґрунту	Опис стратиграфічного профілю	Параметри		
		$v_{s,30}$, м/с	N_{SPT} , ударів/30см	c_u , кПа
A	Скельні та інші скельноподібні геологічні формації не більше 5 м ослаблених матеріалів на поверхні.	> 800	—	—
B	Відкладення дуже щільного піску, гравійні або дуже жорсткої глини, потужністю до декількох десятків метрів завтовшки, що характеризуються поступовим збільшенням механічних властивостей по глибині.	360 – 800	> 50	>250
C	Глибокі відкладення щільного або середньої щільності піску, гравійні або жорсткої глини з товщиною від декількох десятків до сотень метрів.	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Відкладення незв'язного і середньо пов'язаного ґрунту (з деякими м'якими зв'язковими шарами або без них) або переважно м'яких стійких зв'язкових ґрунтів.	< 180	< 15	< 70
E	ґрунтовий профіль, що складається з поверхневого алювіального шару з величинами швидкостей v_s з типу C або D і потужністю від 5 м і до 20 м, з підстильним більш жорстким матеріалом з $v_s > 800$ м / с.			
F	Відкладення, що складаються або містять шар потужністю не менше 10 м з м'яких глин / мулів з високим індексом пластичності ($PI > 40$) і високим вмістом води.	< 100 (орієнтовно)	—	10 – 20
G	Відкладення здатних до розрідження ґрунтів, чутливих глин або будь-які інші ґрунтові профілі, не			

Тип ґрунту	Опис стратиграфічного профілю	Параметри		
		$v_{s,30}$, м/с	N_{SPT} , ударів/30см	c_u , кПа
	включені в типи А - Е або S_1 .			

Вид будівельного майданчика і властивості ґрунтової основи, як правило, повинні виключати можливість руйнування ґрунту, нестійкості схилів і залишкових осадків, викликаних розрідженням або ущільненням ґрунту під час землетрусу.

Дослідження ґрунту або геологічні вишукування повинні бути виконані в обсязі, достатньому для визначення параметрів сейсмічного впливу в залежності від класу відповідальності споруди і специфічних умов будівництва.

Умови, при яких дослідження ґрунтів, додаткові до досліджень, необхідним для проектування споруд без урахування сейсмічного впливу, можна не проводити, і допускається застосовувати стандартну класифікацію ґрунтів основи.

Визначення типів ґрунтових умов

Для оцінки впливу місцевих ґрунтових умов на параметри сейсмічного впливу основи споруд класифіковані на типи А, В, С, D і F, що характеризуються стратиграфічними профілями і параметрами, наведеними в Таблиці 1.1 і описаними нижче. При визначенні параметрів сейсмічного впливу допускається додатково враховувати дані глибинної геології.

Майданчик, якщо це можливо, повинен бути класифікован за значенням середньої швидкості поперечної хвилі $v_{s,30}$. В іншому випадку має бути використано значення N_{SPT} .

Середня швидкість поперечної хвилі $v_{s,30}$ повинна бути обчислена відповідно до виразу:

(1.1)

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}},$$

де h_i і v_i - означають товщину (в метрах) і швидкість поширення поперечної хвилі (з рівнем деформацій зсуву 10-5 або менше) для i -ї формації або шару при загальній кількості шарів N , присутніх у верхній 30 м ґрунтовій товщі.

Для майданчиків з ґрунтовими умовами, що характеризуються наявністю одного або обох типів ґрунту S1 або S2, потрібні спеціальні дослідження для визначення параметрів сейсмічного впливу. Для цих типів ґрунтових умов і, зокрема, для типу S2 слід брати до уваги можливість руйнування ґрунту при сейсмічній дії.

Особлива увага при визначенні параметрів сейсмічного впливу слід приділяти основам з ґрунтів типу S1. Такі ґрунти зазвичай мають дуже низьке значення v_s , низька затухання і незвично широку область лінійного поведінки. Це може викликати аномальне посилення сейсмічного впливу на майданчику і різного роду ефекти при взаємодії ґрунту і споруди. Для основ з ґрунтів типу S1 необхідно проводити спеціальні дослідження, що дозволяють встановити залежності форми спектра реакції від товщини м'якого шару ґрунту і значення в ньому v_s , а також від відмінностей в жорсткості цього шару і підстилаючих його порід.

Сейсмічні зони

Для досягнення цілей СН РК EN 1998 національні території повинні поділятися Національними Регулюючими Органами на сейсмічні зони. Національні території діляться на зони виходячи з їх сейсмічної небезпеки. Сейсмічна небезпека всередині кожної зони за визначенням приймається постійною.

Для більшості випадків застосування СН РК EN 1998 небезпека описується єдиним параметром - величиною референтного пікового прискорення ґрунту типу A, agR . Розширені можливості пошуку, необхідні для певних типів споруд, наведені у відповідних розділах СН РК EN 1998 року.

Референтне пікове прискорення ґрунту типу А, agR , необхідне для застосування використання в країні або зонах країни можуть бути прийняті за картами зонування, наведеними в Національному Додатку.

Референтне пікове прискорення ґрунту, обране Національними Регулюючими Органами для кожної сейсмічної зони, відповідає референтному періоду повторюваності $TNCR$ сейсмічного впливу з умов нерозрушимості споруди (або еквівалентної референтної ймовірності перевищення рівня землетрусу за 50 років, $PNCR$), обраним Національними Регулюючими Органами. Коефіцієнт відповідальності γI рівний 1,0 встановлюється для цього референтного періоду повторюваності. Для періодів повторюваності відмінних від референтного розрахункове прискорення ґрунту типу А, ag , дорівнює agR , помноженому на коефіцієнт відповідальності γI ($ag = \gamma I \cdot agR$).

У разі низької сейсмічності для певних типів або категорій споруд можуть бути використані скорочені або спрощені процедури проектування.

Вибір категорій споруд, типів ґрунту і сейсмічних зон, до яких застосовуються положення низькою сейсмічності, можна знайти у відповідному національному додатку конкретної країни, відповідно до рис.1.4, рис.1.5 і рис.1.6. Як випадки з низької сейсмічності рекомендується розглядати випадки, при яких розрахункове прискорення ґрунту для ґрунту типу А, ag , становить не більше $0,08 g$ ($0,78 \text{ м / с}^2$), або випадки, коли $ag \cdot S$ не більше $0,1 g$ ($0,98 \text{ м / с}^2$). Вибір значень ag або $ag \cdot S$, використовуваного в конкретній країні для визначення порогу для випадків низькою сейсмічності, наведено в національному додатку.

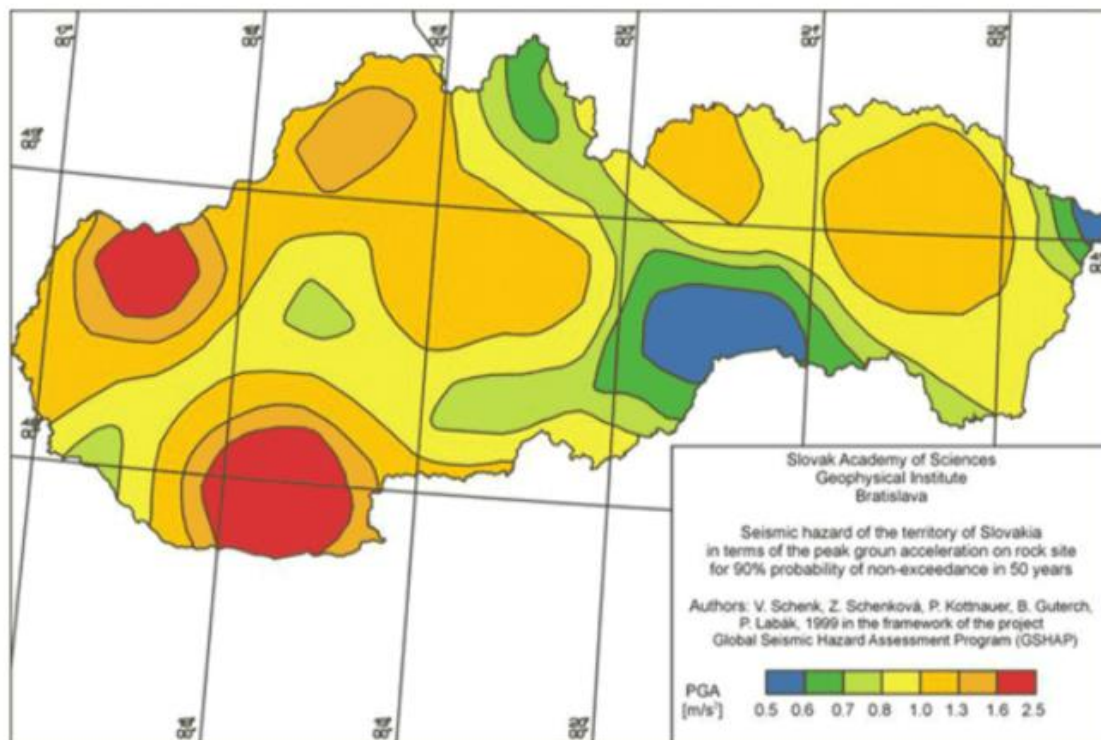


Рис. 1.4. Карта загального сейсмічного районування території Словачії

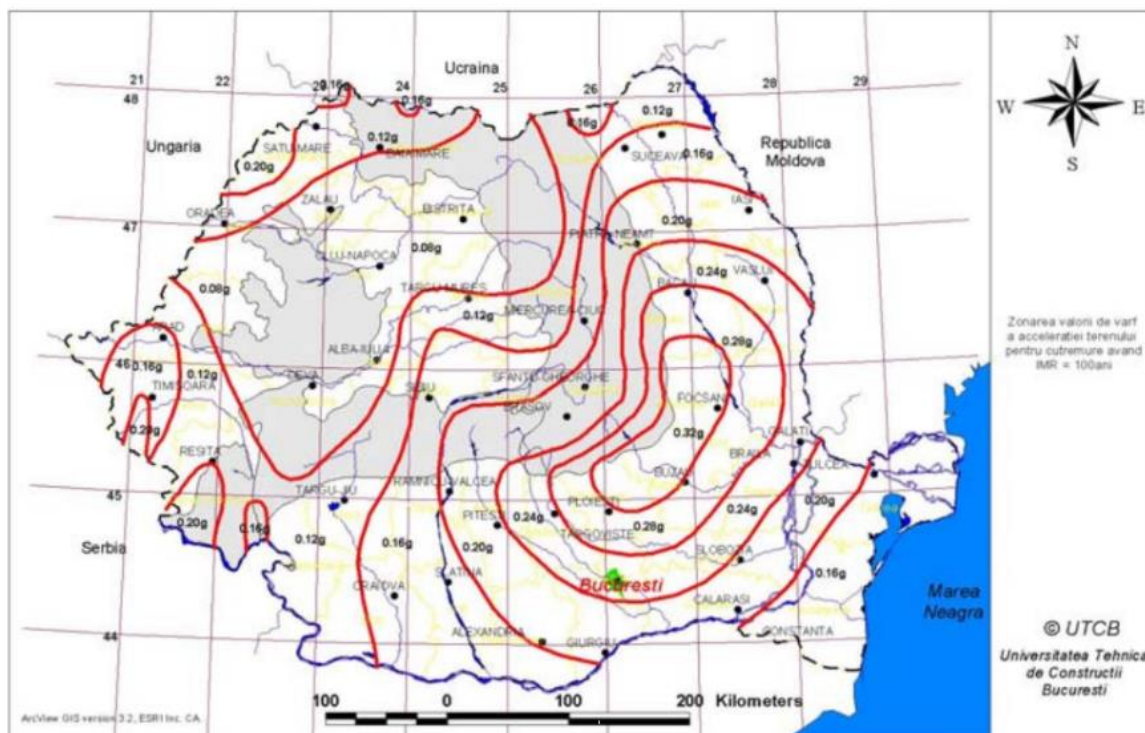


Рис. 1.5. Карта загального сейсмічного районування території Румунії

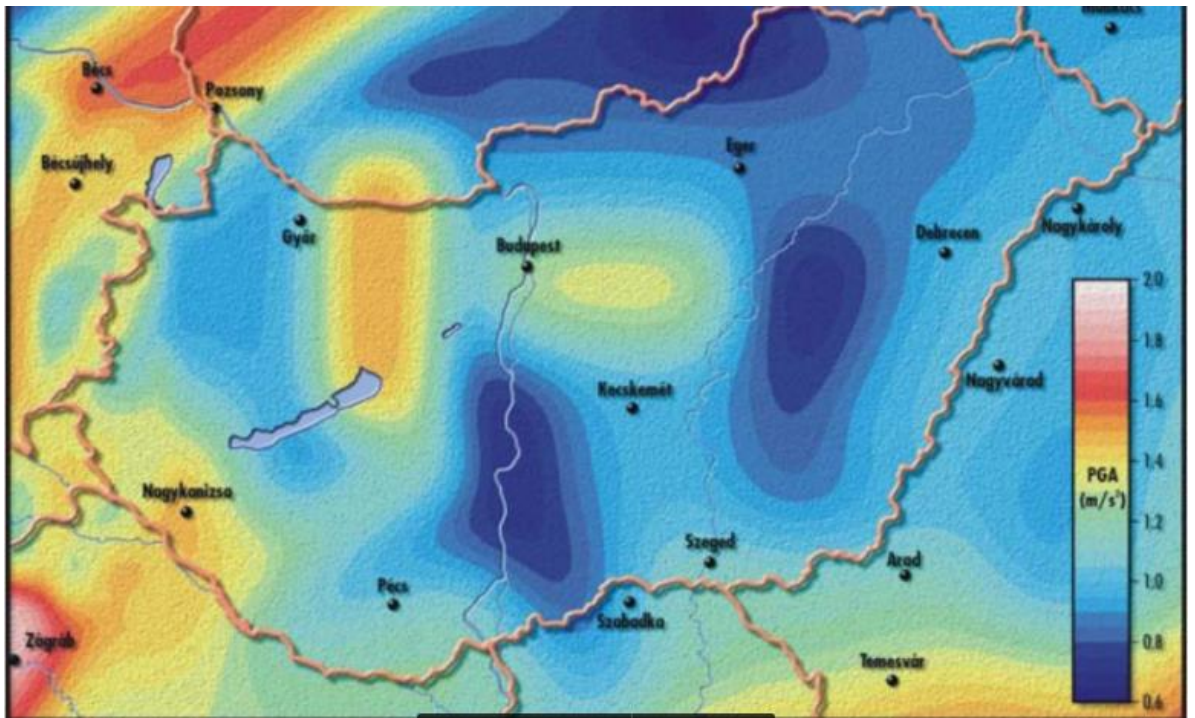


Рис. 1.6. Карта загального сейсмічного районування території Венгрії

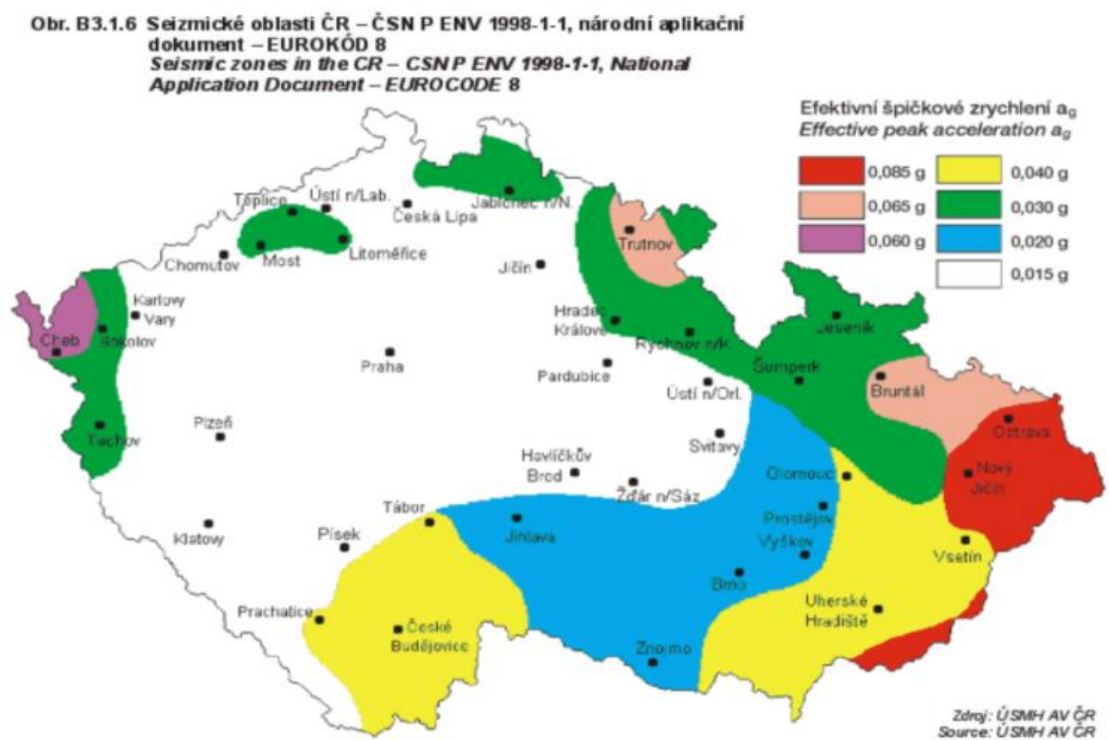


Рис. 1.7. Карта загального сейсмічного районування території Чехії

В випадках дуже низької сейсмічності немає необхідності застосовувати положення СН РК EN 1998 .

Вибір категорій споруд, типів ґрунту і сейсмічних зон, до яких немає необхідності застосовувати положення СН РК EN 1998 (випадки дуже низькою сейсмічності), можна знайти у відповідному національному додатку конкретної країни. Як випадки дуже низькою сейсмічності рекомендується розглядати випадки, при яких розрахункове прискорення ґрунту для ґрунту типу А, a_g , становить не більше $0,04 g$ ($0,39 \text{ м / с}^2$), або випадки, коли $a_g \cdot S$ не більше $0,05 g$ ($0,49 \text{ м / с}^2$). Вибір значень a_g або твори $a_g \cdot S$, використовуваного в конкретній країні для визначення порогу для випадків дуже низькою сейсмічності, наведено в національному додатку.

Базове уявлення сейсмічного впливу

В рамках СН РК EN 1998 рух поверхні ґрунту (основи) під час землетрусу описується спектром реакції в прискореннях, побудованим в припущенні лінійно-пружного деформування систем з одним ступенем свободи - далі «спектр пружною реакції».

Форма спектра реакції приймається однаковою для двох рівнів сейсмічного впливу - для вимоги виключення колапсу (абсолютне граничний стан - розрахункову сейсмічну дію) і для вимоги обмеження пошкодження.

Горизонтальна сейсмічна дія описується двома ортогональними складовими, які вважаються незалежними і описаними однаковими спектрами реакції.

Для різних складових трьохкомпонентного сейсмічного впливу, в залежності від сейсмічного джерела і магнітуди землетрусу, може бути прийнята одна або більше альтернативних форм спектра реакції.

Форми спектрів пружної реакції, використовувані в країні або її частини, можна знайти в Національному Додатку конкретної країни.

При виборі належної форми спектра реакції необхідно враховувати магнітуди землетрусів, які становлять найбільшу сейсмічну небезпеку. Ступінь сейсмічної небезпеки повинна визначатися в ймовірнісній постановці, а не в

виді консервативної верхньої межі (наприклад, Максимально Можливий Землетрус).

Якщо землетруси, що впливають на майданчик, генеруються значно відрізняючими джерелами, для адекватного уявлення розрахункової сейсмічної дії повинна розглядатися можливість використання більше однієї форми спектра. При цьому кожному типу землетрусу і спектра, зазвичай, відповідають різні значення α_g .

Для відповідальних споруд ($\gamma_I > 1,0$) необхідно брати до уваги топографічні ефекти посилення.

У розрахунках споруд можуть бути використані записи коливань ґрунтів у часі при землетрусах .

Для особливих типів конструкцій може знадобитися облік зміни руху ґрунту в просторі і в часі .

Результати порівняння нормативів

Подібність нормативів:

- збережено кореляційний принцип зіставлення інженерно-геологічних і сейсмологічних даних;
- збережена принципова схема уточнення інтенсивності за рахунок ґрунтових умов шляхом збільшення за ґрунти до вихідної інтенсивності;
- збережено поняття "середній ґрунт", хоча це вже не "середня" категорія; нормах ЄС середній ґрунт визначається властивостями скельного ґрунту (категорії А);
- збережений спосіб усереднення властивостей ґрунтової товщі. ґрунтові умови визначаються середніми параметрами ґрунтової товщі.

Відмінності нормативів:

- не використовується поняття "бал", оцінка сейсмічної небезпеки визначається фізичними параметрами руху ґрунту - піковими прискореннями поверхні ґрунту при прогнозованому землетрусі;

- ґрунтові умови враховуються парою поправок F_a , F_v - коефіцієнтами посилення сейсмічних коливань відповідно для короткоперіодної і довгоперіодної частини спектра;
- розділені функції визначення категорії ґрунту і поправки в значенні інтенсивності за рахунок ґрунтових умов (одна таблиця визначає категорії ґрунту, а дві інші - поправки за рахунок ґрунтових умов);
- описова частина таблиці категорій скорочена, зате введені числові характеристики властивостей ґрунту (це дозволяє усунути можливі помилки у визначенні категорій ґрунту і робить ці визначення більш об'єктивними);
- підкреслено роль поперечних хвиль, як основну характеристику властивостей ґрунтової товщі щодо сейсмічних впливів;
- збільшена потужність активної зони з 10 до 30 метрів;
- немає прямих вказівок на роль води. Цей пункт протягом багатьох років помилково присутній в українських нормах;
- у якійсь мірі враховуються частотні особливості впливів;
- чи враховується нелінійність впливів і реакції ґрунтів на них. Це дуже важливо по відношенню до властивостей пухких ґрунтів.

Нижчих наведено результати оцінки сейсмічної небезпеки хвостосховища «карта». Виконані з використанням вітчизняних та міжнародних підходів.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕРИТОРІЮ РОБІТ

2.1. Географічне положення

Хвостосховище «карта» розташоване в південній частині м Кривий Ріг Дніпропетровської обл. і межує: на півночі з далекими відвалами гірничозбагачувального комплексу і ставком оборотного водопостачання в балці Грушевата; на півдні - з сільськогосподарськими угіддями;; на сході - з селищем Мирюлівка (рис. 2.1).

За ємністю, висотою огорожувальних дамб і ступенем відповідальності об'єкт відноситься до V категорії складності і класу відповідальності ССЗ. Споруда є хвостосховищем поярусного возведення рівнинного типу.



Рис.2.1. Схема розташування території досліджень

Клімат району помірно-континентальний (атлантично-континентальний). Характеризується м'якою, з частими відлигами, зимою і жарким посушливим літом. За даними метеостанції "Кривий Ріг" середня температура найбільш теплого місяця - липня становить 22,3оС, найбільш холодного – січні -5,0оС, середньорічна температура становить 8,6оС. Абсолютний мінімум 35оС (лютий), абсолютний максимум - +40оС (липень – серпень). Велика частина опадів випадає в теплу половину року (квітень - жовтень). Середньорічна кількість опадів коливається від 250 до 550 мм і в середньому становить 406 мм. Влітку опади нерідко випадають у вигляді злив. Середнє число днів з опадами становить 69.

Глибина сезонного промерзання становить 0,8-1,0 м, (максимальна – 1,15 м).

2.2. Нормативна сейсмічність району досліджень

Сейсмічний вплив на майданчик розташування хвостосховища «карта» надають сильні землетруси Карпатського и Кримського сейсмоактивних регіонів, району Добруджі, а також відносно слабкі місцеві землетруси, що відбуваються в межах Українського кристалічного щита (УЩ) (рис. 2.1). Решта регіонів з інтенсивною сейсмічною активністю, що розташовані в радіусі 800-850 км щодо досліджуваної території, а саме землетруси Кримського регіону, Анатолійські землетруси Туреччини, землетруси Північного Кавказу – мають незначний сейсмічний вплив на територію досліджень. Приблизні розрахунки показують, що від землетрусів Туреччини і Північного Кавказу можлива інтенсивність на території робіт не перевищує 3 балів.

Вогнищева зона Вранча

Основну сейсмічну небезпеку для даної території представляють підкорові землетруси, вогнища яких розташовані в області зчленування Східних і Південних Карпат з Передкарпатським прогином (зона Вранча в Румунії). Землетруси зони Вранча займають малу частину літосфери,

приблизно $100 \times 100 \times 200$ км, в якій виділяється аномально велика кількість енергії (близько $8.5 \cdot 10^{11}$ Дж/год·км³), що можна порівняти за величиною з найбільш сейсмічно активними регіонами Землі.

Сильні землетруси в районі Вранча виникають порівняно часто. За друге тисячоліття тут сталося 35 руйнівних землетрусів з $M \geq 7.0$ і інтенсивністю в епіцентрі $I_0 \geq 8.0$ балів за шкалою MSK–64[25]. Відомості про сейсмічність району Вранча є з 984 року. З них тільки за останні 50 років відбулося п'ять землетрусів 1940, 1977, 1986 і 1990 (30 травня) і 1990 (31 травня) рр., які відчувалися на території досліджень з інтенсивністю 4-5 балів. Найсильніший з відомих землетрусів в області Вранча відбувся в 1446 році з магнітудою $M=7.6$ [33].

Особливістю сильних землетрусів Вранча є велика глибина вогнищ: 80-160 км відповідно до рис.2.2(а). За глибинами вогнища розподілені нерівномірно. Максимальна кількість землетрусів відбувається в діапазоні глибин 140÷160 км. У цьому ж шарі розташовуються максимальні землетруси відповідно до рис.2.3(б). Збільшення магнітуд з глибиною пов'язане зі збільшенням обсягу сейсмогенного шару, здатного створювати землетруси подібної магнітуди. Другий максимум виділяється на глибинах 100–110 км. Через великі глибини вогнищ сильних землетрусів область руйнівних і відчутних ізосейст простягається на значні відстані. Крім того, поля інтенсивностей від цих землетрусів асиметричні. Велика вісь еліпсів ізосейст сильно витягнута в північно-північно-східному напрямку. Так, сильні землетруси Вранча відчувалися на величезній території: від Греції (на півдні) до Фінляндії (на півночі).

Для сильних землетрусів зони Вранча характерними є взбросо-зсувні і надвигові зрушення в вогнищах з орієнтацією нодальних площин в північно-східному напрямку. Три останніх руйнівних землетруси 04.03.1977 р, 30.08.1986 р і 30.05.1990 р мали близькі механізми вогнища: насування з незначною зсувовою компонентою. При цьому одна з площин мала круте

падіння з азимутом простягання $STK1=33^{\circ}\div 50^{\circ}$, а інша – полого з $STK2=55^{\circ}\div 62^{\circ}$ ($235^{\circ}\div 242^{\circ}$).

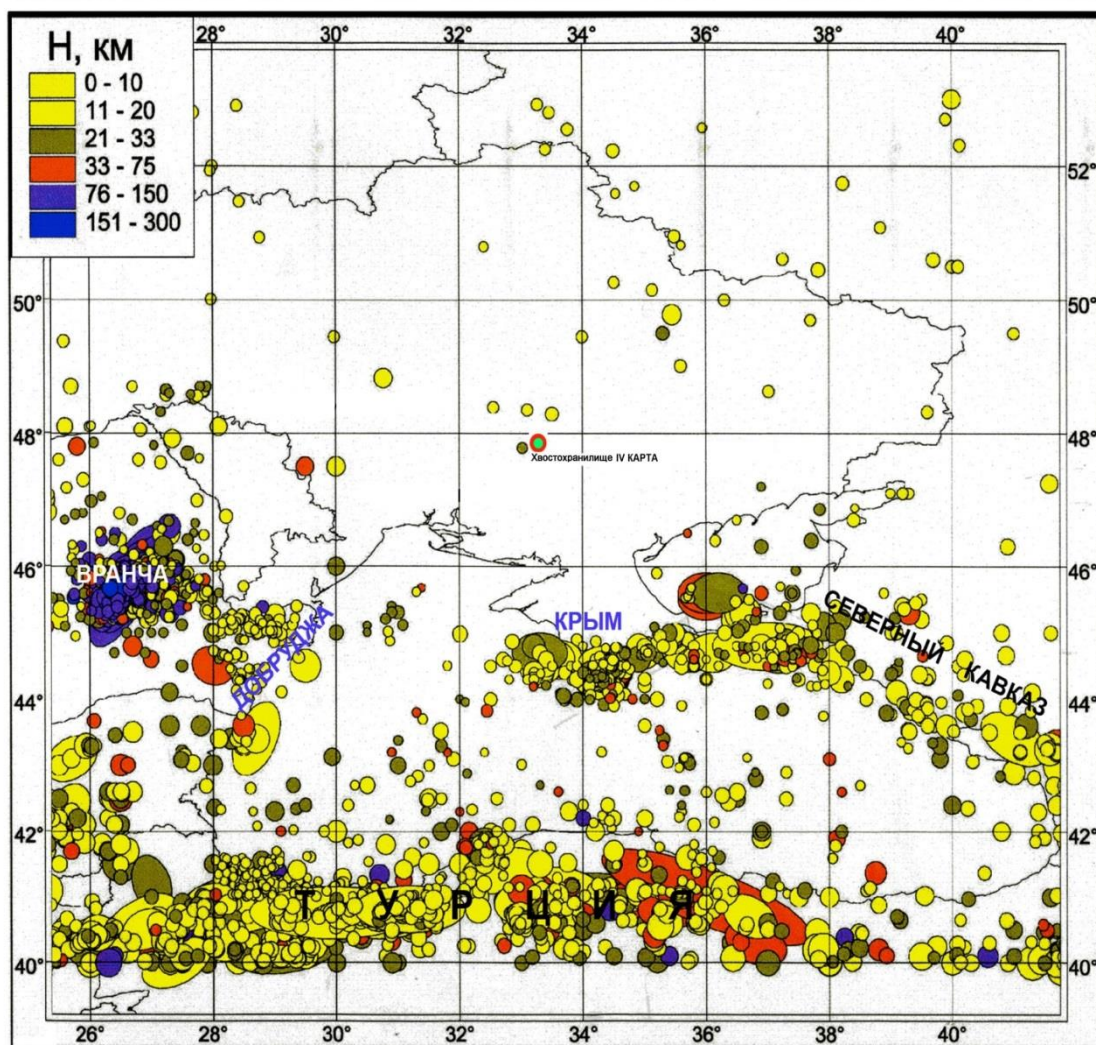


Рис.2.2. Карта епіцентрів землетрусів району, що досліджується
в радіусі 800-850 км

Для регіону розташування хвостосховища «карта» ізосейсти найбільш сильних землетрусів, що сталися в зоні Вранча, наведено в Графічному додатку, Схема 1.

Сейсмічність Кримсько-Чорноморського регіону чинить меншу сейсмічну дію на територію розташування хвостосховища, ніж землетруси Вранча. Вогнища землетрусів, які можуть надати сейсмічну дію на

досліджуваний майданчик, розташовуються в акваторії Чорного моря, в основному, в її шельфовій частині, паралельно береговій лінії ПБК. Можливий вплив від найсильніших Кримських землетрусів – 4-5 балів.

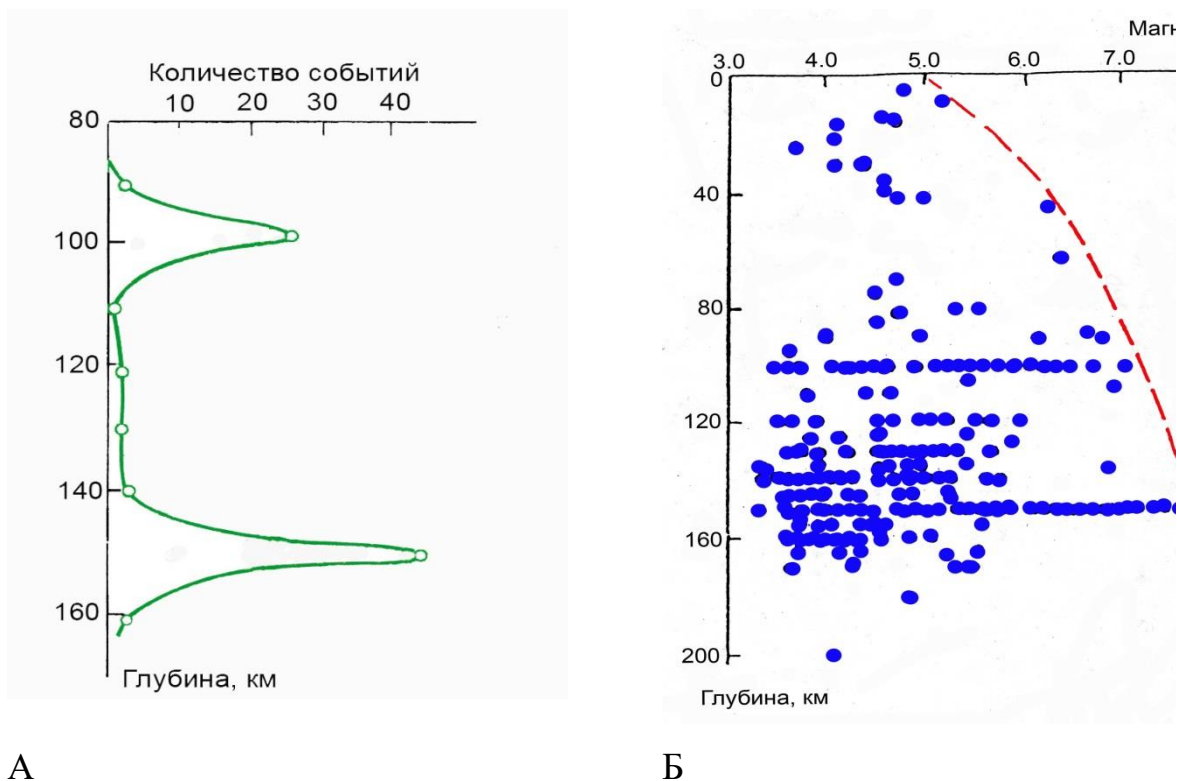


Рис.2.3. Розподіл кількості землетрусів району Вранча (а) та їх магнитуд (б) за глибинами вогнищ

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.2.3).

Для регіону розташування хвостосховища «карта» ізосейсти найбільш сильних землетрусів, що сталися в Кримсько-Чорноморському регіоні, наведено в Графічному додатку, Схема 1.

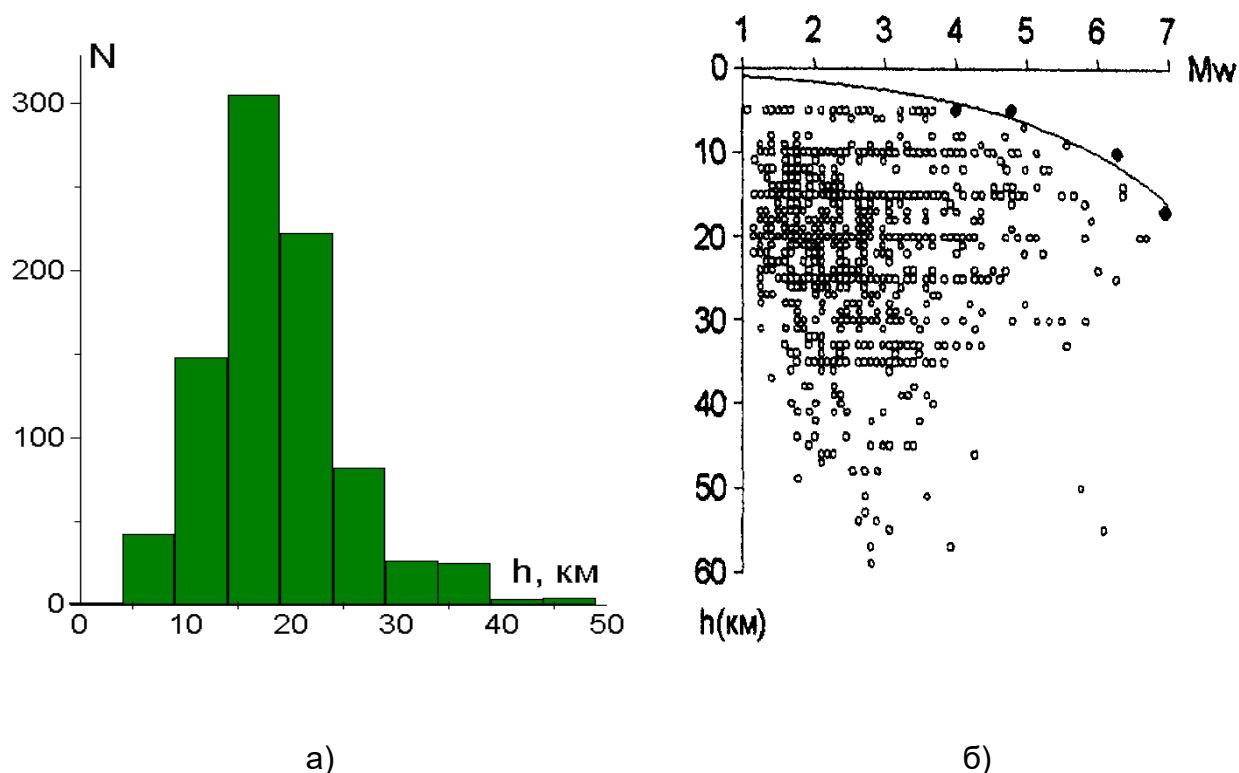


Рис.2.4. Розподіл кількості Кримсько-Чорноморських землетрусів (а) і їх магнітуд (б) за глибинами вогнищ

Третім за ступенем небезпеки сейсмічно активним регіоном є район Добруджа (Румунія). Про землетруси з цього району відомо мало, в цілому, за макросейсмічними відомостями.

Відзначаються дві групи епіцентрів [22].

1. Перша, в районі міст Рені, Ісакча, Тульча, Кілія (пів. частина Добруджі). Інтенсивність струсів від цих землетрусів в ближній зоні досягала 6 балів. Останній за часом землетрус з цієї групи стався 13 листопада 1981 року в дельті р. Дунай і був записаний сейсмічними станціями [44]. В вогнищах землетрусів цієї групи переважають зсувні компоненти.

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). Семибальними струсами була охоплена область з площею близько 4500 кв. км.

За даними роботи [32] за період с 1872 по 1981 рік в районі Добруджі відбулося 12 відчутних землетрусів. За останні десятиліття в цьому районі інструментально зареєстровано чотири відчутних події: 9 листопада 1981 г. ($M_{LH}=4.5$), 13 листопада 1981 г. ($M_{LH}=5.2$), 12 березня 1985 г. ($M=3.5$). Останній відчутний землетрус відбувся 3 жовтня 2004 г. ($M_{LH}=4.7$). До цієї ж групи вогнищ, можливо, відноситься землетрус 1 жовтня 1842 г. з магнітудою $M_w = 5.1$.

Можливий вплив для території хвостосховища «карта» від сильного землетрусу Добруджа (1892 г.) - 4 бали.

Місцева сейсмічність, пов'язана з активністю тектонічних порушень Українського кристалічного щита, вивчена слабо. Відчутні землетруси відбувалися тут вкрай рідко, їх магнітуди не перевищували значень $M \leq 4.5$.

Відомо кілька землетрусів, що сталися на території Українського щита. Даних про їхній можливий вплив на територію досліджуваної майданчика немає.

Поблизу майданчика відомі відчутні землетруси за історичний відрізок часу. Це означає, що такі землетрусу з локальною інтенсивністю близько 6 балів можливі.

На платформній частині України відомі такі землетруси. 0 = 5-6 балів [37].2.

1. 1858 р 31 січня в 20 годин в районі Харкова стався землетрус магнітудою $M = 3.5$. В епіцентрі інтенсивність струсів становила $I_0=5-6$ балів [33].

2. В районі м.Чернігова 23 липня 1905 року о 2 годині відчувався землетрус з магнітудою близько 3 і інтенсивністю струсу в епіцентрі 5 балів.

3. 3. 1913 р 8 серпня о 2 годині стався землетрус в околиці м.Куп'янськ ($M=3.5$, $h=5$ км і $I_0=5-6$ балів) [33].

4. 1937 року, 10 серпня – землетрус поблизу с. Костянтинівка Донецької області ($M=3.0$, $h=5$ км, $I=6$ балів) [33].

5. 1957 р 29 травня. Розрахункова інтенсивність в епіцентрі $I_0=6$ балів.

6.1975 р, 2 лютого. Землетрус. Розрахункова інтенсивність в епіцентрі $I_0=4-5$ балів.

7. 2004 р 11 травня - землетрус поблизу с. Новодар'івка Луганської області ($M=4.2$, $h=10$ км, можлива інтенсивність в епіцентрі близько 6 балів) [17].

8. 2006 року, 31 липня – землетрус в районі м Бердянськ на північному узбережжі Азовського моря (Україна, Запорізька область) ($M_w=3.2$, $h=6-7$ км) з максимально спостереженою інтенсивністю 5 балів [38],[18].

9. 2007 р 25 грудня – в зоні Криворізько-Кременчуцького розлому стався відчутний землетрус з магнітудою $M_{LN}=3.1$, глибиною вогнища $h=5-10$ км. Макросейсмічний епіцентр землетрусу знаходився на північній околиці м Кривий Ріг. Інтенсивність струсів в епіцентрі склала $I_0=5$ балів [46], [36].

10. 2011 р. 14 січня - в тій же зоні Криворізько-Кременчуцького розлому стався відчутний землетрус з магнітудою $M_w=3.5$, глибиною вогнища близько 5 км. Інтенсивність струсів в епіцентрі склала $I_0=5$ балів

11. 2013 р 23 червня в тій самій зоні Криворізько-Кременчуцького розлому стався відчутний землетрус з магнітудою $M_b=4.5$, глибиною вогнища близько 15 км. (За даними <http://www.isc.ac.uk/>).

Район досліджень розташований в умовах розломно-блокової структури Українського щита (див. Графічний додаток, Схема 2). Потенційно сейсмоактивними прийнято вважати розломи глибокого закладення, що розділяють великі блоки земної кори, які виділені за комплексом геолого-геофізичних методів.

Фахівцями Інституту геофізики НАН України при виконанні робіт з уточнення сеймотектонічних умов району робіт були виділені потенційні місцеві зони МВЗ в безпосередній близькості від майданчика досліджень. До них віднесені: Криворізько-Кременчуцький розлом (розрахункова максимальна магнітуда $M=4.7$) і Девладівський розлом (розрахункова максимальна магнітуда $M=4.4$). Усі зазначені розломи розділяють великі блоки земної кори і чітко проявляються в аномаліях фізичних полів (див. Графічний додаток, Схема 2).

Зазначені особливості сейсмічності і сейсмотектонічних умов району робіт враховані фахівцями Ін-ту геофізики НАН України при складанні карт загального сейсмічного районування України - ЗСР-2004 [1], згідно з якими інтегральна сейсмічна небезпека від всіх зон для досліджуваної території складає (рис. 1.5):

- I=5 балів для періоду повторюваності $T \sim 500$ років і ймовірності перевищення цієї величини протягом 50 років $P=10\%$ (карта ЗСР-2004-А);
- I=6 балів для періоду повторюваності $T = 1000$ років і ймовірності перевищення цієї величини протягом 50 років $P=5\%$ (карта ЗСР-2004-В);
- I=7 балів для періоду повторюваності $T = 5000$ років і ймовірності перевищення цієї величини протягом 50 років $P=1\%$ (карта ЗСР-2004-С).

Відповідно до вимог ДБН В.1.1-12:14 «Будівництво в сейсмічних районах України» [1] при розрахунку сейсмічної стійкості гідротехнічних споруд значення нормативної бальності для періоду повторюваності $T=500$ років приймається в якості проектного землетрусу (ПЗ), для періоду повторюваності $T=5000$ років в якості максимального розрахункового землетрусу (МРЗ). Таким чином, розрахункові сейсмічні впливи, віднесені до «середнім» ґрунтових умов, для території майданчика розміщення хвостосховища «карта» складають: ПЗ=5 балів; МРЗ=7 балів за шкалою МСК-64.

ПЗ повинен сприйматися гідротехнічною спорудою без порушення режиму її нормальної експлуатації. При цьому допускаються залишкові зміщення, тріщини та інші пошкодження, що не перешкоджають можливості ремонту споруди за умов її нормального функціонування.

МРЗ має сприйматися без загрози руйнування споруди або прориву напірного фронту. При цьому допускається пошкодження ГТС і його основи.

У таблиці 1.1 наведено відповідні ПЗ і МРЗ значення прискорень (ДБН В.1.1-12:14 «Будівництво в сейсмічних районах України») і швидкостей коливання частинок ґрунту.

Таблиця.2.1

Нормативні параметри сейсмічних впливів для території розташування
хвостосховища «карта»

Рівень сейсмічної небезпеки	Інтенсивність сейсмічних дій I, бал	Період повторюваності T, лет	Ймовірність перевищення впродовж 50 років р, %	Величина прискорення A, см/сек ²	Величина швидкості V, см/сек
Проектний землетрус ПЗ	5	500	10%	25	1,5-3,0
Максимальний Розрахунковий землетрус МРЗ	7	5000	1%	100	6,1-12,0

Величини інтенсивності сейсмічних впливів (I) і прискорень (A) відносяться до ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями, і можуть бути скориговані в ході виконання робіт із сейсмічного мікрорайонування.

2.3. Геологічні умови території робіт

Орогідрографія і геоморфологічні умови

В орографічному плані район досліджень є степовою рівниною полого нахилу на південь, у бік Причорноморської западини.

В геоморфологічному відношенні територія відноситься до області зчленування Придніпровської височини та Причорноморської западини.

Місцевість являє собою хвилясту степову рівнину, розчленовану долинами річок Інгулець, Саксагань, Висунь і ін., балками, ярами і має поступовий загальний ухил на південь, у бік Причорноморської западини.

В результаті техногенної діяльності природний рельєф зазнав істотних змін - балки були зашлямовані, огорожені дамбами – і надалі формувалася послідовним нарощуванням дамб і гребель хвостосховища з пристроєм систем гідротранспорту, що забезпечують його експлуатацію. Схема «дотехногенного» рельєфу приведена в Графічному додатку, Схема 5.

Геологічна будова і гідрогеологічні умови

В структурно-тектонічному відношенні територія, що досліджується, розташована межах Криворізько-Кременчуцької шовної зони Українського кристалічного щита. Кристалічний фундамент ускладнений численними тектонічними порушеннями (див. Графічний додаток, Схема 2).

Для району вишукувань характерна наявність двох структурних поверхів: нижнього, складеного докембрійськими утвореннями, і верхнього, потужністю 90-100 м, представленого осадовими відкладеннями кайнозою, що залягають практично горизонтально.

Специфічною особливістю району є наявність великих за потужністю кор вивітрювання кристалічних порід. Представлені вони каолінами, глинами голубувато-сірими, жорсткою і щебенем. Ступінь вивітрювання і каолінізації порід докембрію різні, але найбільш характерний поступовий перехід від каолінів через каолінізовані граніти до тріщинуватих гранітів. Зазвичай вони виконують депресії кристалічного фундаменту. Місцями каоліни розмиті. Тому потужність кори вивітрювання коливається в широких межах.

Формування верхнього структурного комплексу осадових порід палеоген-неогенового і четвертинного віку відбувалося в прибрежно-морських і лагунних умовах в процесі опускання і підняття Українського щита, що зумовило розвиток характерних літологічних різниць.

Неотектонічний етап розвитку території проявився в нерівномірних вертикальних переміщеннях окремих блоків кристалічних порід. Район

досліджень в морфоструктурному відношенні складається з системи блоків з різною інтенсивністю сучасних вертикальних рухів переважно позитивної спрямованості. Амплітуди відносних зсувів незначні. Блоки розділені між собою розломами.

Нижче наводиться пошаровий геолого-літологічний опис ґрунтів геологічного розрізу (від низу до верху), особливості їх поширення як за площею, так і за глибиною [6].

Докембрійські утворення представлені гранітами, мігматитами, аркозовими пісковиками, сланцями, джеспілітами і іншими породами Криворізької серії.

Кора вивітрювання кристалічних порід представлена щебенем, жорствою, каоліном. Середня потужність кори вивітрювання згідно геологорозвідувальних даних становить 15-20 м.

Відкладення палеогену представлені відкладеннями бучацької, київської та харківської світ, які є, в основному, піщано-глинистими відкладеннями. Бучакські відкладення (P_2bc) – це темно-зелені вуглисті глини, що мають локальне поширення, відкладення київської світи (P_2kv) представлені блакитно-зеленувато-сірими мергелистими глинами, місцями з прошарками світло-сірих крейдоподібних мергелів, для глин харківського ярусу (P_2hr) характерна сіро-зелене забарвлення і наявність тонких прошарків пилюватого піску. Потужність палеогенової товщі досягає 30,0-35,0 м.

Відкладення неогенової системи (N) поширені повсюдно, залягають зі стратиграфічною незгодою на еродованій поверхні відкладень палеогену.

У покрівлі київських глин або харківських відкладень залягають вапняки і глини сарматського ярусу неогену. Вапняки сарматського ярусу переважно черепашкові, іноді оолітові світло-сірі, жовтувато-сірі, кавернозні, сильно тріщинуваті, місцями вивітрілі до глинистої маси, в окремих інтервалах закарстовані. Глини мають зеленувато-сіре забарвлення вохристо-бурими плямами озалізнення, найчастіше, перешаровуються з пісками. Потужність

сарматських відкладів – до 27 м, залягають вони в межах абсолютних відміток 22-59 м.

Понтичний ярус неогену (N_{2p}) представлений пісками і глинами сірими, буро-сірими, зеленувато-сірими. Оскільки за генезисом це мілководні морські відкладення, чергування прошарків і лінз літологічних різниць не має закономірності як по потужності, так і по простяганню. Абсолютні позначки залягання товщі складають 49-69 м.

Вище простежується нерозчленована товща верхньоплейстоценових - нижньочетвертичних (скіфських) відкладень (N_2-Q_1), представлена глинами червоно-бурими, червонувато- і темно-коричневими з гіпсовими і карбонатними включеннями, плямами і розводами марганцю.

Четвертинні відклади представлені червоно-бурими суглинками, які є продуктом перевідкладення скіфських глин, лесовидними утвореннями, алювіально-делювіальними і пролювіальними відкладеннями ярів і балок, а також техногенними ґрунтами.

Уявлення про геологічну будову території досліджень можна отримати з геологічного розрізу (див. Графічний додаток, Схема 3).

Безпосередньо в межах хвостосховища з поверхні залягає потужна товща техногенних ґрунтів різного складу і генезису.

Техногенні утворення в межах району досліджень згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96 "ґрунти. Класифікація" можна класифікувати як:

- промислові відходи;
- намивні ґрунти (хвости);
- природні утворення, що були переміщені;
- насипні ґрунти первинної дамби;
- насипна скельна вскриша вторинних дамб;
- насипні ґрунти ущільнених екранів.

Намивні ґрунти літологічно представлені піщаними, супіщаними, суглинними і глинистими шлаками.

Насипні ґрунти, що складають первинну дамбу, представлені переважно ущільненими лесовидні суглинки. Вторинні дамби з поверхні укріплені вскришею скельних порід - брилами і щебенем кварцитів з піщаним або супіщаним заповнювачем. Тіло їх складене шламових матеріалом (в основному піщаним) з включенням щебеню скельних порід.

Схема ізопотужностей техногенних ґрунтів представлена в Графічному додатку, Схема 6.

Уявлення про будову товщі техногенних ґрунтів можна отримати за геолого-літологічними розрізами (див. Графічний додаток, Схема 4).

Територія досліджень відноситься до складних гідрогеологічних умов і характеризуються наявністю трьох водоносних комплексів:

- четвертинного водоносного комплексу (ґрунтові води);
- неогенового водоносного комплексу;
- водоносного комплексу, що приурочено до тріщинуватої зоні скельних порід.

Визначальним гідрогеологічним фактором для даної території є практично повсюдне поширення першого від поверхні водоносного горизонту, що приурочено до товщі техногенних утворень і лесовидних еолово-делювіальних ґрунтів.

Живлення його здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також фільтрації техногенних вод з хвостосховищ, аварійних ємностей, ставків-освітлювачів. Водоносний горизонт безнапірний. Розвантаження ґрунтових вод здійснюється переважно в яружно-балочну мережу, частково - в водоносні горизонти, що нижче залягають. Регіональним водоупором є товща червоно-бурих глин.

Рівень ґрунтових вод коливається, що пов'язано з відсутністю закономірностей фільтрації техногенних вод з хвостосховищ.

Другий від денної поверхні водоносний комплекс, що приурочено до товщі неогенових відкладень: сарматські вапняки і частково понтичні піски.

Водомісткими породами є, в основному, піски і вапняки сарматського ярусу, а також піски понтичного ярусу.

Живлення водоносного комплексу здійснюється за рахунок гідравлічного зв'язку з водами водоносного комплексу четвертинних відкладень, водами водоносного комплексу, що приурочено до вивітрілої зони, а також за рахунок техногенних джерел. Областю розвантаження водоносного комплексу служать долина р. Інгулець і балки, що приурочені до неї.

Третій водоносний комплекс, приурочений до вивітрілої зони порід кристалічного фундаменту, є безнапірним або слабо напірним. Водомісткими породами є: каолінізована щебнисто-жорствяна зона кристалічних порід, тріщинуваті граніти, сланці, амфіболіти. Водоупорним шаром служить монолітна зона кристалічних порід.

Інженерно-геологічні процеси

Водна ерозія. Район досліджень належить до ярочно-балкової мережі долин р. Інгулець. В процесі експлуатації хвостосховищ при послідовному нарощуванні дамб, первинний рельєф досліджуваної території був сильно видозмінений в зв'язку з чим площинна ерозія локалізувалась на ділянках, що примикають до дамб обвалування.

Яроутворення. До створення хвостосховища процеси яроутворення були широко поширені в межах досліджуваної території. По схилах балок є промоїни і обриви, які в кінцевому підсумку призводять до нестійкості схилів при підвищенні рівня ґрунтових вод і збільшення ступеня водонасичення ґрунтів. При заповненні існуючих ярів і їх отвершків різними породами до абсолютних відміток сучасної денної поверхні яроутворення як процес був частково нейтралізований.

Зсуви. До створення хвостосховища зсуви були поширені в межах схилів балок. На даний період, коли велика частина балок зашламована, умови для утворення зсувів в їх межах відсутні

Просадність. До початку господарського освоєння території лесовидні суглинки характеризувалися переважно твердою та напівтвердою

консистенцією. Після створення хвостосховищ. в процесі їх експлуатації в результаті інфільтрації з хвостосховищ і водосховищ сформувався водоносний горизонт, з верхньою частиною, що приурочена до лесовидних ґрунтів і намитих хвостів. Лесовидні ґрунти в зоні впливу хвостосховища в результаті фільтрації води з чаші і ставків-освітлювачів, а також пригрузки вищерозміщеною товщою намивних ґрунтів зазнали істотних змін - вони ущільнились, досягли практично повного водонасичення і втратили свої просадочні властивості. Масштабні прояви просадочних властивостей ґрунтів в межах існуючого хвостосховища не простежується.

Підтоплення. Район відноситься до того, що підтоплюється, тому що в його межах йде постійна зміна режиму підземних вод за рахунок постійної фільтрації техногенних вод з існуючих хвостосховищ та водосховищ. Крім цього, частина території досліджень належить долині р. Інгулець, де в якійсь мірі, позначаються паводкові періоди.

Вітрова ерозія. Явище поширене в межах чаші існуючого хвостосховища, де вітер розвіває і переносить приповерхневі частини товщі намивних утворень (хвостів).

Карстові процеси. Вже згадана територія знаходиться на північному кордоні карстової області Причорноморської западини, поблизу її кордону з територією, де карстові процеси не фіксуються. Присутність в геологічному розрізі товщі тріщинуватих вапняків неогенового віку обумовлює можливість карстоутворення в межах цієї товщі.

Набухання. Процеси набухання безпосередньо пов'язані з відсотковим вмістом глинистої фракції в глинистих ґрунтах. Однак, більша частина розглянутих ґрунтів залягає на глибинах, де природний (побутовий) тиск значно вище, ніж тиск набухання і, таким чином, компенсує його.

Суффозія. Суффозійні процеси мають місце в долині р. Інгулець, де відсутні потужні покривні відкладення глин. Процеси механічної і хімічної суффозії простежуються в товщі вапняків і механічної суффозії, більшою мірою, в товщі понтичних і сарматських пісків. На території хвостосховища можливі

процеси суфозії, коли відбувається винос частинок ґрунту з потоком ґрунтових вод в підземні дренажі. Це явище може зумовити розущільнення ґрунтів, що складають тіло огороджувальних дамб.

РОЗДІЛ 3. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ И СЕЙСМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

Спеціалістами ДІ «УкрНДІВодоканалпроект» [6] на основі камеральної обробки матеріалів польового візуального опису ґрунтів, лабораторних досліджень, даних вишукувань минулих років і відповідно до ДСТУ Б В.2.1-2-96 і ДСТУ Б В.2.1-5-96 на геолого-літологічних розрізах виділено 18 інженерно-геологічних елементів (ІҒЕ).

Нормативні та розрахункові характеристики фізико-механічних властивостей ґрунтів для кожного ІҒЕ наведено Текстовому додатку 2.

На основі апріорної інформації про фізико-механічні властивості, для кожного ІҒЕ виконано оцінку категорії ґрунтів за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-1в – намівний ґрунт: пісок пилюватий темно-сірий від менш вологого до насиченого водою, у верхній частині розрізу пухкий, нижче рівня ґрунтових вод – середньої щільності складення. III-IV категорія за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-1г – намівний ґрунт: пісок дрібний середньої щільності, від менш вологого до насиченого водою. III-IV категорія за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-1д – намівний ґрунт: пісок середньої крупності середньої щільності, насичений водою. III-IV категорія за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-1е – намівний ґрунт: супісок пилюватий сіра, темно-сіра, бура, місцями червоно-бура, від пластичної до текучої консистенції. III-IV категорія за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-1ж – намівний ґрунт: суглинок легкий пилюватий сірий, темно-сірий, червонувато-бурий, коричневий, від твердої до м'якопластичної консистенції. III-IV категорія за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-1к – намівний ґрунт: пісок крупний темно-сірий, насичений водою. III категорія за сейсмічними властивостями.

ІҒЕ-2а – насипний ґрунт: брили і щебінь кварцитів з піщаним і супіщаним заповнювачем. III категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-2б – насипний ґрунт: пісок (шлам) з включенням щебеню кварцитів, від менш вологого до насиченого водою. ІІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-2в – насипний ґрунт (первинна дамба): суглинок важкий, глина легка жовтувато-сіра, темно-сіра, місцями з включеннями щебеню кварцитів і домішкою органічних речовин, від твердої до текучепластичної консистенції. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-4 – суглинок важкий з домішкою органічних речовин, темно-сірий до чорного, від напівтвердої до м'якопластичної консистенції (балковий алювій). ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-(10-15) – лесовидні відкладення: суглинок важкий, глина легка пилована палево-жовта, світло-коричнева, від напівтвердої до м'якопластичної консистенції. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-16 – суглинок важкий пилуватий коричнево-бурий, від напівтвердої до м'якопластичної консистенції. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-18 – глина легка пилувата червоно-бура, твердої і напівтвердої консистенції, з включеннями конкрецій карбонатів, друз гіпсу, марганцевих бобовин. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-19 – пісок дрібний ясно-сірий, кварцево-полешпатовий, від менш вологого до насиченого водою. ІІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-20 – глина важка пилувата жовтувато-сіра, зеленувато-сіра, напівтвердої консистенції. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-21 – вапняк черепашково-оолітовий тріщинуватий жовтувато-сірий, місцями кавернозний. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-26 – глина легка піскувата темно-зелена, зеленувато-сіра напівтверда. ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

ІГЕ-30 – каолін (кора вивітрювання). ІІ категорія за сейсмічними властивостями.

Наведені вище апріорні інженерно-геологічні дані свідчать про те, що верхня 40 метрова товща, що підлягає вивченню при будівництві

гідротехнічних споруд, представлена товщею ґрунтів техногенного та природного генезису. У природній основі хвостосховища переважають ґрунти II категорії за сейсмічними властивостями. Однак, в чаші хвостосховища, товща техногенних ґрунтів становить понад 40 метрів в основі огорожувальних дамб, що проектується (Графічний додаток, Схема б).

Аналіз інженерно-геологічних даних і сейсмічних властивостей ґрунтів дозволяє констатувати, що в умовах чаші хвостосховища, з урахуванням товщі техногенних ґрунтів, розріз осадової товщі представлений в середньому ґрунтами III-IV категорії за сейсмічними властивостями. Для подібного типу розрізу приріст сейсмічної інтенсивності згідно з методом інженерно-геологічних аналогій становить +1 бал.

Дані, що отримані методом інженерно-геологічних аналогій, носять оціночний характер і були враховані на етапі проектування інструментальних і розрахункових методів для уточнення збільшення сейсмічної інтенсивності.

РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ГЕОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Залучення для цілей сейсмічного мікрорайонування сучасних можливостей обчислювальної техніки і досягнень математичного моделювання передбачає створення цифрових моделей ряду геологічних елементів об'єкта дослідження.

У разі інженерно-сейсмологічних досліджень, необхідно мати фізико-геологічну модель, яка являє собою структурний каркас, «наповнений» фізичними властивостями (в першу чергу значеннями швидкостей поширення сейсмічних хвиль і щільності). Структурна модель будується на основі всієї наявної апріорної геологорозвідувальної та інженерно-геологічної інформації. Швидкісні та щільнісні властивості середовища визначаються в ході проведення геофізичних і інженерно-геологічних досліджень.

Структурна модель повинна мати інформацію про гіпсометрію всіх основних геологічних елементів розрізу, здатних впливати на трансформацію вихідної сейсмічної дії і обумовлювати приріст сейсмічної інтенсивності.

До теперішнього часу було накопичено значний обсяг геологорозвідувальної та інженерно-геологічної інформації про будову території дослідження. Особливість цієї інформації полягає в тому, що вона представлена на паперових носіях та її використання при створенні цифрової структурної моделі вимагає виконання ряду робіт:

вихідний картографічний матеріал сканується і зберігається в одному з растрових графічних форматів (TIF, BMP та ін.);

виконується векторизація і оцифровка ізоліній і свердловин;

здійснюється координатна прив'язка результатів векторизації;

засобами цифрової інтерполяції виконується перерахунок оцифрованої геологічної інформації на регулярну мережу – фінальний етап побудови цифрової структурної моделі.

Всі перераховані роботи виконуються із залученням сучасних геоінформаційних технологій.

При побудові цифрових структурних моделей основна увага приділялася елементам розрізу, для яких характерна різка зміна гіпсометрії в межах хвостосховища «карта». Такими елементами розрізу є:

покрівля кристалічного фундаменту;

«дотехногенний» рельєф в межах хвостосховища;

сучасний рельєф;

потужність техногенних намивних і насипних ґрунтів.

Координатна прив'язка здійснена в абсолютних прямокутних (СК-42) координатах.

Для побудови цифрових моделей використовувалися фондові матеріали вишукувань минулих років (архів ГІ «УкрНПводоканалпроект»).

Приклади результатів візуалізації ряду зазначених елементів 3D структурної моделі об'єкта дослідження наведені на рисунках 4.1 і 4.2, а також в Графічному додатку, Схема 5,6.

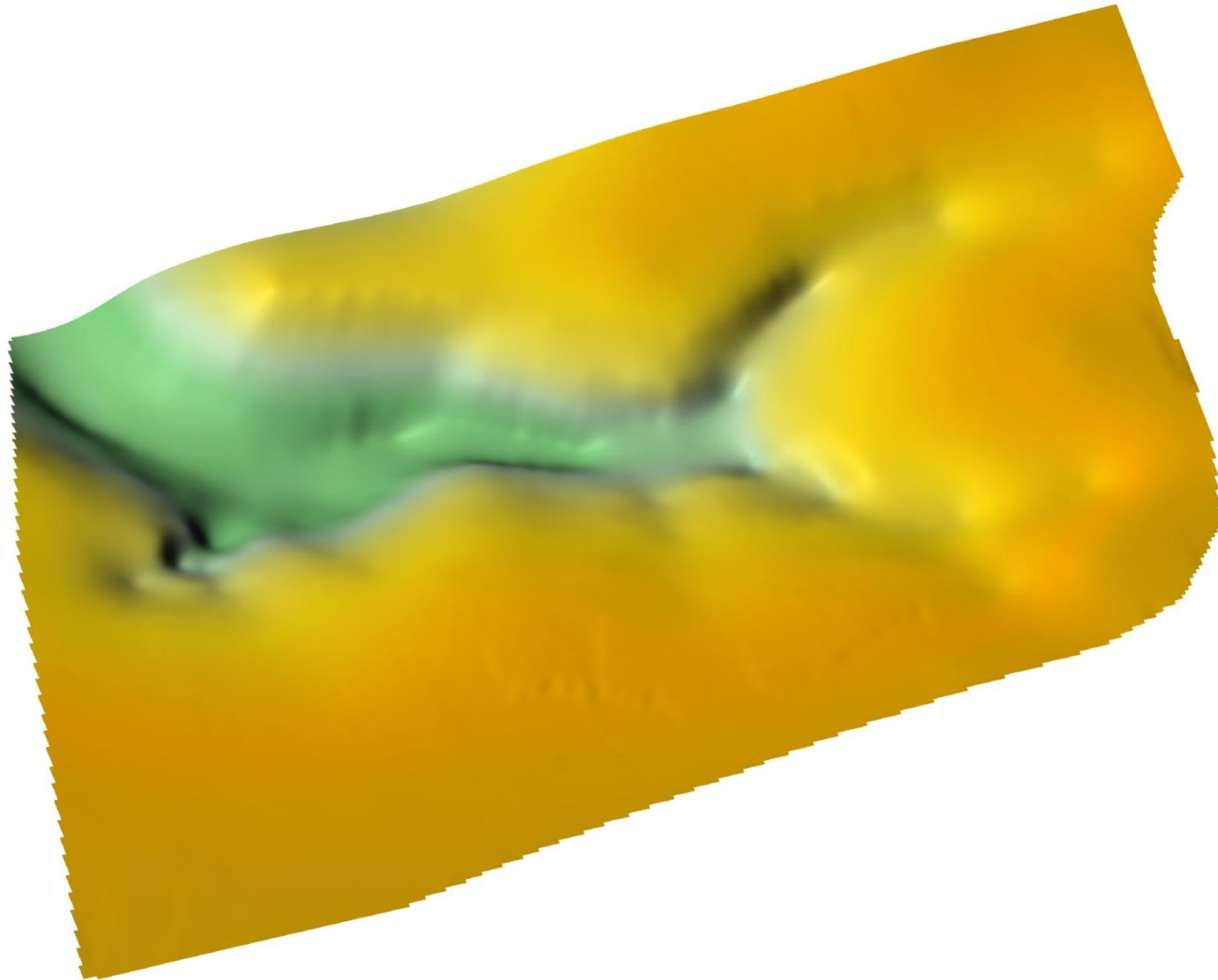


Рис. 4.2. 3D модель «дотехногенного» рельєфу денної поверхні в межах території хвостосховища «карта»
(Вертикальний масштаб крупніше горизонтального в 10 разів)

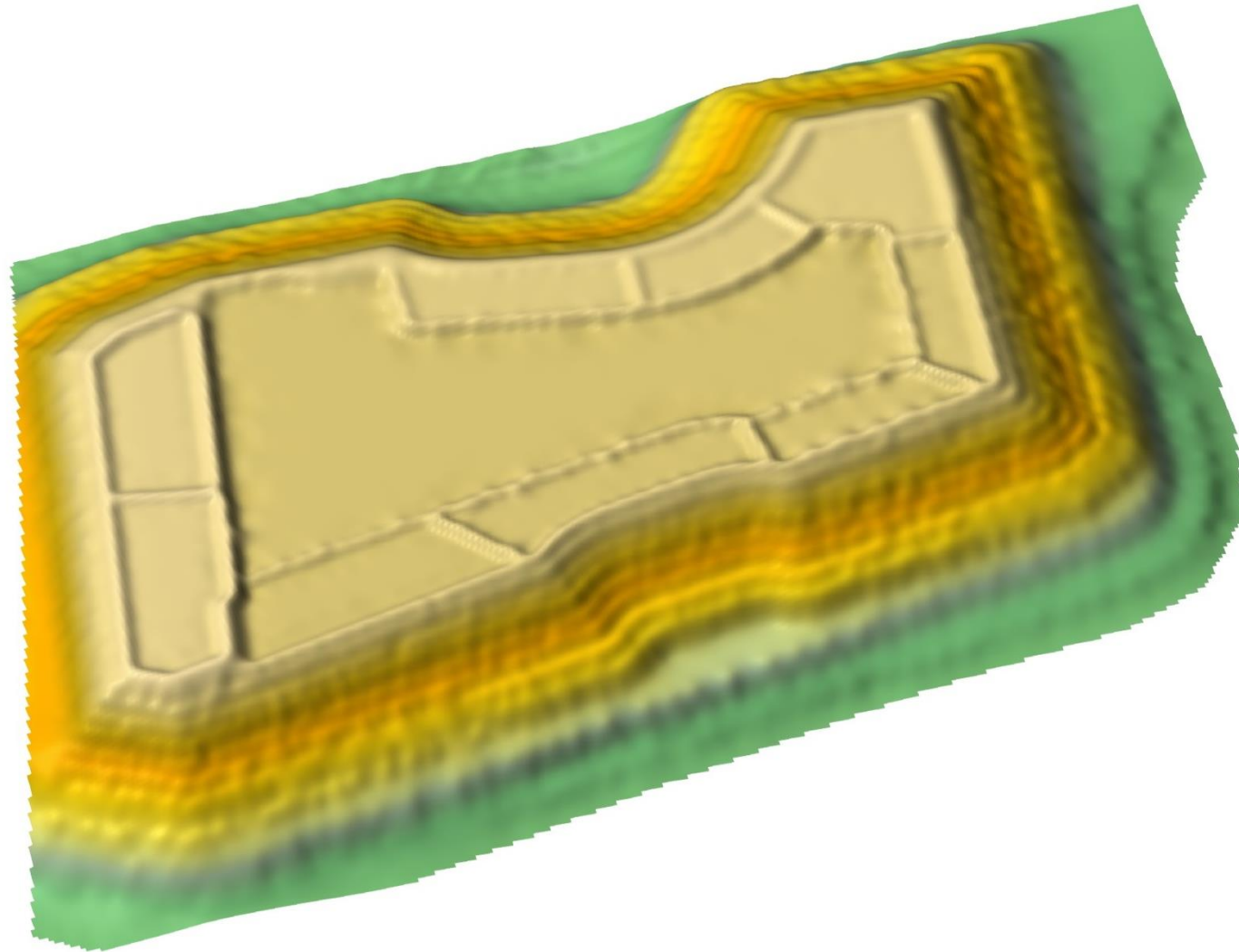


Рис. 4.3. 3D модель сучасного рельєфу денної поверхні в межах території хвостосховища «карта»
(вертикальний масштаб крупніше за горизонтальний в 5 разів)

РОЗДІЛ 5. СЕЙСМОРОЗВІДУВАЛЬНІ РОБОТИ

Інформація про швидкісні моделі середовища є найважливішою ланкою як при оцінці збільшень сейсмічної інтенсивності інструментальними методами (методом сейсмічних жорсткостей, V_s^{30}), так і при формуванні моделей території досліджень при застосуванні розрахункових методів.

Значення швидкості поширення поперечних S-хвиль у верхній товщі розрізу – основний параметр, що визначає клас ґрунту щодо сейсмічних впливів як у вітчизняних [1], так і закордонних нормативних документах [2], [4], [5].

При виконанні цієї роботи дані про швидкості поперечних хвиль було отримано шляхом проведення польових сейсмозвідувальних робіт методом заломлених хвиль (МЗХ).

У цьому розділі представлені основні результати проведення сейсмозвідувальних робіт на території хвостосховища «карта».

5.1. Методика та результати сейсмозвідувальних досліджень

На території хвостосховища «карта» було виконано сейсмозвідувальні роботи, що включають в себе спостереження методом заломлених хвиль (МЗХ) з реєстрацією заломлених Р-хвиль та поперечних SH-хвиль.

Цільове призначення МЗХ – побудова швидкісної моделі розрізу за поздовжніми (V_p) і поперечними (V_s) хвилями.

Схема розташування сейсмічних профілів МЗХ наведена на рисунку 5.1. Всього відпрацьовано 16 24-х канальних 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 сейсмостанція "Лакколіт-24М" (рис. 5.2) з комплектом сеймоприймачів для реєстрації поперечних хвиль (рис. 5.3), 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. 5.4).



Рис.5.4. Схема розташування розстановок сейсмозв'ідки МЗХ

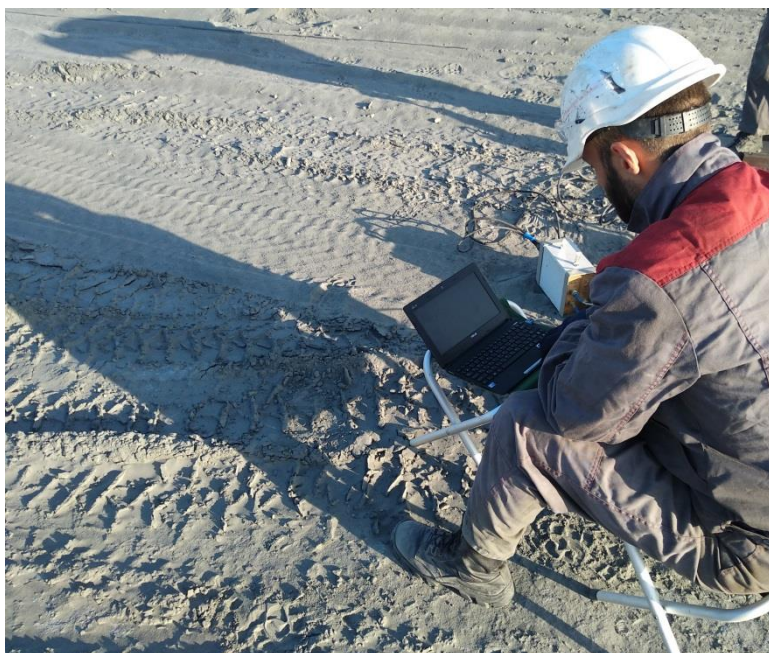


Рис. 5.5. Реєстрація сейсмічних коливань
сейсмостанцією "Лакколіт-24М"



Рис. 5.6.
Сеймоприймачі для
реєстрації поздовжніх та
поперечних хвиль

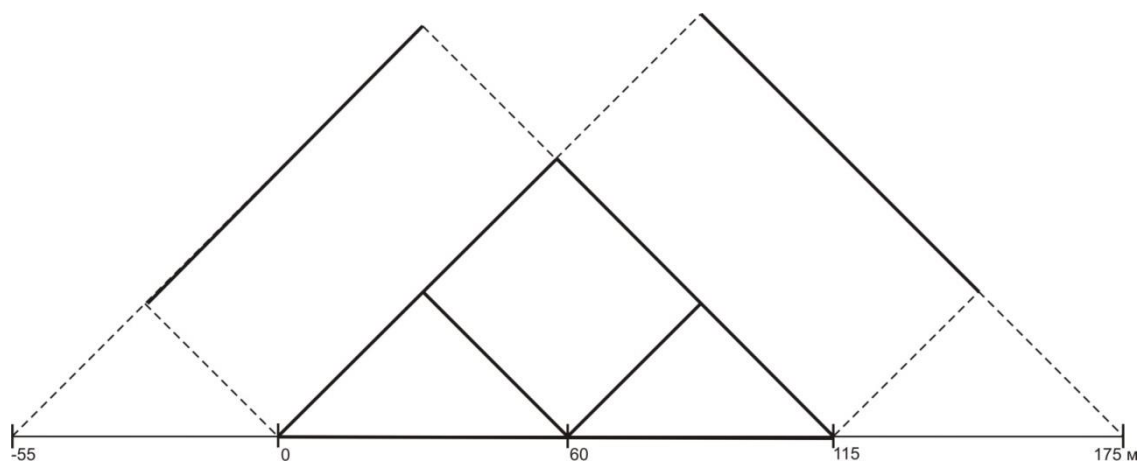


Рис. 5.7. Система спостережень МЗХ

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. 5.5). У вертикальному напрямку (рис. 5.6, а) удари наносилися при збудженні поздовжніх Р-хвиль і в напрямку, перпендикулярному лінії профілю при збудженні поперечних SH-хвиль (рис. 5.6, 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.



Рис. 5.8. Металева підкладка для збудження сейсмічних коливань типу «борона»

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.



а)



б)

Рис. 5.9. Збудження поздовжніх Р-хвиль (а) і поперечних SH-хвиль (б)

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.

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

Редакція сейсмограм.

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:

- полосова 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. 5.7);
- 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.

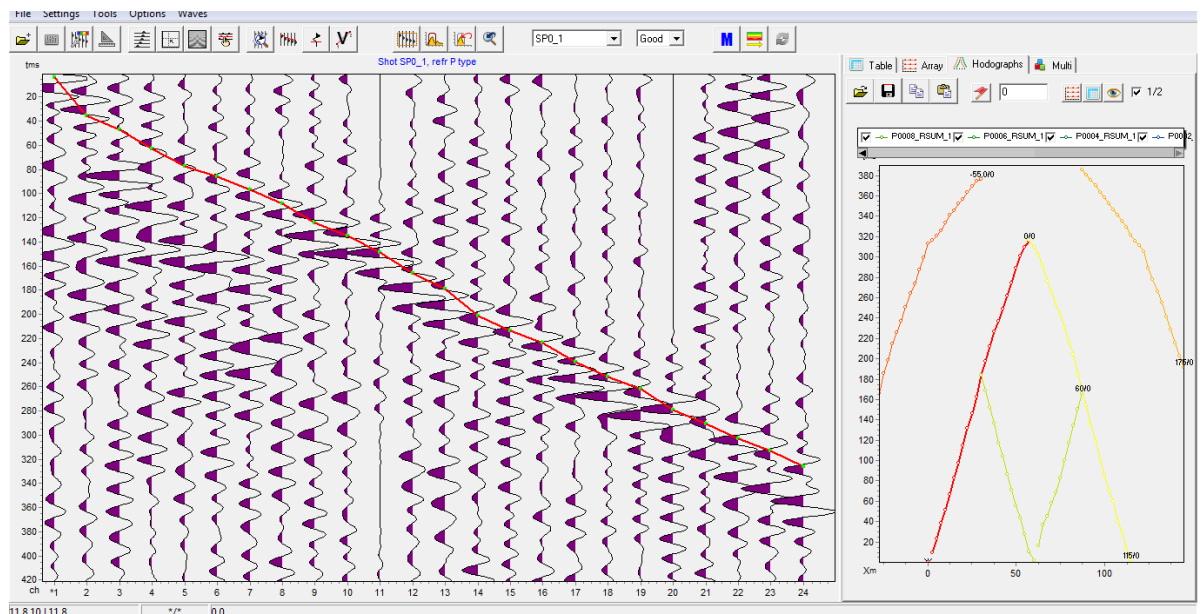


Рис. 5.10. Приклад пікровки часів перших вступів і контролю ступеня подібності прямих і зустрічних годографів

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 Графічному додатку, Схема 7.

5.2 Побудова швидкісної моделі середовища та оцінка допоміжних фізичних характеристик

Для цілей сейсмічного мікрорайонування за результатами польових сейсмозвідувальних робіт виконано статистичний аналіз розподілу швидкостей в техногенних ґрунтах і ґрунтах природної основи. Потім, із залученням цифрової моделі потужності техногенних ґрунтів (див. Графічний додаток, Схема 6), виконані розрахунки середніх швидкостей поперечних хвиль у ґрунтовій товщі потужністю 30 і 40 м. Вибір зазначених потужностей ґрунтової товщі зроблений не випадково. Згідно з вимогами ДБН В.1.1-12:2014: «Будівництво в сейсмічних районах України» при сейсмічному мікрорайонуванні майданчиків розміщення гідротехнічних споруд, до яких відносяться огорожувальні дамби хвостосховищ, вивченню піддається верхня 40-метрова товща. Вивчення 30-метрового шару регламентовано провідними зарубіжними нормативами (див. наприклад [4]).

Розрахунок здійснювався з використанням формули [2],[3].

(5.1)

$$V = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}},$$

де H – потужність товщі, h_i и V_i – потужність пласта і значення пластової швидкості в пласті, що складають товщу H .

В результаті були побудовані цифрові швидкісні моделі досліджуваної території. Приклади візуалізації цифрових швидкісних моделей для поперечних хвиль наведені в Графічному додатку, Схема 8, 9.

Разом зі швидкістю, другою важливою фізичною характеристикою при сейсмічному мікрорайонуванні є щільність ґрунту.

У даних дослідженнях оцінка середньозважених значень щільності ґрунту для 40-метрової товщі здійснювалася згідно з формулою:

(5.2)

$$\rho = \frac{\rho_t h_t + \rho_e (H - h_t)}{H},$$

де ρ – середньозважене значення густини в шарі 40-метрової потужності;
 H – потужність шару (40 м); h_t – потужність техногенних ґрунтів; ρ_t – щільність техногенних ґрунтів; ρ_e – щільність ґрунтів природної основи.

Значення густини техногенних ґрунтів і ґрунтів природної основи оцінювалося на основі результатів інженерно-геологічних досліджень (див. Розділ 4).

Потужність шару техногенних ґрунтів приймалася на основі цифрової моделі намивних і насипних ґрунтів (див. Графічний додаток, Схема 6).

РОЗДІЛ 6. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ СЕЙСМІЧНОГО МІКРОРАЙОНУВАННЯ МАЙДАНЧИКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

6.1. Вибір еталонної ділянки

Вибір еталонної ділянки є одним з ключових питань в задачах сейсмічного мікрорайонування, бо саме відносно до еталону оцінюється приріст сейсмічної інтенсивності для досліджуваної території.

В даний час, згідно з документом РСН 60-86 [2] в якості еталонних ґрунтів рекомендується вибирати середні ґрунти, до яких умовно відноситься величина вихідного балу, визначена в ході загального і детального сейсмічного районування. Такими ґрунтами найчастіше є найбільш характерні для верхньої частини розрізу незаднені супесчано-суглинні ґрунти з включенням жорствяно-щербнистого або гравійно-галечникового матеріалу, або крупно- і середньозернисті піщані ґрунти середньої щільності, або близькі за складом ґрунти, що відносяться до II категорії за сейсмічними властивостями та мають наступні фізичні параметри:

(6.1)

$$V_p = 500 - 700 \text{ м/с;}$$

(6.2)

$$V_s = 250 - 350 \text{ м/с;}$$

(6.3)

$$\rho = 1,7 - 1,8 \text{ г/см}^3$$

У той же час, має місце і ряд протиріч. Так, наприклад, в національному нормативному документі ДБН В.1.1-12: 2014 року, згідно з таблицею 5.1, ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями відповідають швидкості поперечних хвиль $500 < V_s < 800$.

Очевидно, що вибір еталонного ділянки зі «середніми» умовами має здійснюватися на основі комплексу геологічних і геофізичних даних.

Особливо це актуально в умовах Українського кристалічного щита, коли на відносно невеликій глибині під осадовими породами II-III категорії за сейсмічними властивостями залягають високошвидкісні породи кристалічного фундаменту I категорії.

Прийнято вважати [2],[3],[42], що «середнім» умовам відповідає посилення сейсмічних коливань щодо «скелі» (кристалічних порід) близько 2 разів. В умовах розташування хвостосховища «карта», де відсутні виходи кристалічних порід на поверхню, одним з методів вибору «середніх» умов (стандарту) є залучення розрахункових методів.

Розрахунковими методами показано, що для розрізу еталонного ділянки посилення сейсмічних коливань щодо «скелі» (кристалічних порід) становить близько 2 разів. Це, в свою чергу, ще раз доводить правильність вибору еталонного ділянки для району розміщення хвостосховища «карта».

Прогнозування приросту сейсмічної інтенсивності методом сейсмічних жорсткостей

В умовах майданчику досліджень як території з низькою сейсмічною активністю в якості інструментального методу сейсмічного мікрорайонування застосовувався метод сейсмічних жорсткостей.

Оперативність, відносна простота отримання вихідних даних і їх обробки, незалежно від сейсмічного режиму території, дат і місць проведення вибухів і інших чинників, вигідно відрізняє цей спосіб від інших інструментальних методів.

Дослідження за методом сейсмічних жорсткостей виконувалися для визначення величини збільшення сейсмічної бальності, обумовленої конкретними ґрунтовими умовами. Застосування методу сейсмічних жорсткостей засноване на емпіричній залежності між сейсмічними жорсткостями ґрунтів (добуток швидкості пружних хвиль на густину ґрунтів) і приростами сейсмічної інтенсивності.

У методі сейсмічних жорсткостей приріст сейсмічної інтенсивності визначається згідно з формулою [42]:

(6.4)

$$\Delta I = \Delta I_{СЖ} + \Delta I_{УГВ} + \Delta I_{РЕЗ},$$

де $\Delta I_{СЖ} = 1,671g \frac{\rho_{\text{э}} V_{\text{э}}}{\rho_i V_i}$ – приріст за рахунок варіацій сейсмічної жорсткості $\rho_i V_i$ ґрунтів в деякій точці в порівнянні з сейсмічною жорсткістю ґрунтів $\rho_{\text{э}} V_{\text{э}}$ в еталонній точці; $\Delta I_{УГВ} = k e^{-0,04 h_{УГВ}}$ - приріст за стан рівня ґрунтових вод $h_{УГВ}$ (для піщано-глинистих ґрунтів $k = 1$); $\Delta I_{РЕЗ}$ – приріст за резонансні явища в ґрунтовій товщі.

При розрахунку $\Delta I_{СЖ}$ використовувалися сейсмічні жорсткості в 40 метровій товщі.

В даний час для оцінки сейсмічної жорсткості використовуються швидкості поперечних хвиль V_s , тому що саме з хвилями зсуву пов'язано основний вплив сейсмічного впливу на будівлі і споруди.

Для отримання даних про швидкість поширення сейсмічних хвиль в межах досліджуваної території використовувалися швидкісні моделі, отримані в ході виконання сейсморозвідувальних робіт и цифрові структурні моделі середовища.

Для оцінки варіацій густини ρ використовувалися результати інженерно-геологічних вишукувань и цифровые структурные модели среды (см. раздел 5.2).

Використовуючи моделі швидкості поширення сейсмічних хвиль і густини були розраховані сейсмічні жорсткості в 40 метровій товщі (для поперечних хвиль). Модель розподілу сейсмічної жорсткості в межах території досліджень представлена в Графічному додатку, Схема 10.

В якості еталонної сейсмічної жорсткості використовувалися значення сейсмічної жорсткості в 40 метровій товщі, що було визначено на «Еталоні».

Еталонна сейсмічна жорсткість за поперечними хвилями оцінена як $877 \text{ м/с} \cdot \text{г/см}^3$ для 40 метрової товщі

Приріст сейсмічної інтенсивності $\Delta I_{СЖ}$ представлено в Графічному додатку, Схема 11.

Приріст за рахунок положення рівня ґрунтових вод $\Delta I_{УГВ}$ в даних дослідженнях не враховувався.

Спираючись на дослідження провідних фахівців із сейсмічного мікрорайонування (Альошин А.С., Інститут фізики Землі РАН, Москва, Росія), можна констатувати наступне [9],[10]. Поправка за рахунок положення рівня ґрунтових вод $\Delta I_{УГВ}$ використовується в методі сейсмічних жорсткостей для компенсації стрибка швидкості сейсмічних хвиль, що обумовлений впливом обводнення. Водонасиченість може впливати на сейсмічну інтенсивність в тому випадку, коли вона змінює фізико-механічні властивості ґрунтів, що має проявитися в зміні пружних властивостей ґрунтів, зокрема швидкостей поздовжніх і поперечних хвиль. Дійсно, обводненість ґрунту дуже сильно впливає на швидкості поздовжніх хвиль (відбувається їх різке збільшення з обводненістю), і при використанні швидкостей поздовжніх хвиль така поправка є обов'язковою. У той же час, відомо, що значення швидкостей поперечних хвиль у водонасичених дисперсних породах близькі значенням швидкостей поперечних хвиль в неводонасичених породах. Це означає, що водонасичення має мало впливати на зсувні характеристики ґрунтів. Якщо вода і впливає на пружні характеристики ґрунту, то це обов'язково має проявитися в зміні швидкості поперечних хвиль. Обводненість масиву впливає, в першу чергу, не на посилення сейсмічних коливань, а на вторинні нелінійні процеси в масиві, пов'язані з сейсмічним впливом, наприклад вібророзрідження водонасичених дрібних і пилюватих ґрунтів.

Важливі і факти, встановлені фахівцями Інституту геофізики НАН України. Результати реєстрації промислових вибухів і мікросейсм при сейсмічному мікрорайонуванні ряду промислових об'єктів показують відсутність впливу глибини залягання рівня ґрунтових вод на приріст сейсмічної інтенсивності. Цікаво й те, що в ряді випадків при аналізі макросейсмічною ефекту сильних землетрусів, спостерігається зворотний

зв'язок між становищем рівня ґрунтових вод і збільшенням сейсмічної інтенсивності [30].

У даній роботі використовувалися оцінки сейсмічної жорсткості за поперечними хвилями, що робить поправку за рахунок положення рівня ґрунтових вод $\Delta I_{УГВ}$ зайвою.

Ці ж висновки підтверджуються незалежними методами сейсмічного мікрорайонування (див. розділ 6.3).

Згідно [42], приріст за резонансні явища в ґрунтовій товщі ΔI_{PE3} розраховується при наявності в розрізі однорідного шару піщаних, глинистих або великоуламкових ґрунтів з вмістом піщано-глинистого заповнювача більше 30%, що підстеляються скельними породами, які характеризуються значно більшими в порівнянні з покриваючими відкладеннями значеннями сейсмічних жорсткостей.

В геологічних умовах території розміщення хвостосховища «карта» основним резонансним кордоном розрізу є покрівля кристалічного фундаменту, що залягає на глибинах близько 100 м.

Вплив резонансних ефектів, пов'язаних з особливостями геологічної будови і швидкісною моделлю середовища, виконано розрахунковими методами і враховано при генерації акселерограм, що робить зайвою введення поправки за резонанс.

Таким чином, в якості остаточного приросту сейсмічної інтенсивності за методом сейсмічних жорсткостей прийнято $\Delta I_{СЖ}$, що представлено в Графічному додатку, Схема 11.

Важливо, що підтвердженням правильності зроблених припущень при розрахунках, виконаних методом сейсмічних жорсткостей, є близькість отриманих оцінок приросту сейсмічної інтенсивності з оцінками за іншими методами.

6.2. Прогнозування посилення ймовірних сейсмічних рухів на основі аналізу швидкостей поперечних хвиль верхньої 30 метрової частини розрізу (V_S^{30})

Протягом останніх двох десятиліть західними, в першу чергу американськими, геофізиками на підставі великого обсягу інструментальних сейсмологічних спостережень був виконаний ряд досліджень за емпіричними оцінками коефіцієнтів посилення сейсмічних коливань, обумовлених приповерхневими геологічними умовами. В основу даних досліджень покладено інформацію про швидкість поширення поперечних хвиль в 30 метровому поверхневому шарі V_S^{30} . Саме цей шар характеризується найбільшою латеральною мінливістю і низькими значеннями швидкості. В багатьох зарубіжних нормативних документах, наприклад NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program), середня швидкість поширення поперечних хвиль у верхній 30-метровій товщі розрізу є основною характеристикою, що визначає клас ґрунту щодо сейсмічних впливів.

На основі інструментальних польових сейсмозвідувальних робіт і цифрових структурних моделей основних геоелементів, в межах території розміщення хвостосховища «карта» отримано моделі швидкості поширення поперечних хвиль в 30-метровому поверхневому шарі V_S^{30} (див. Графічний додаток, Схема 9).

У цьому розділі більш детально зупинимося на оцінці посилення сейсмічних рухів ґрунту та приросту сейсмічної інтенсивності, що обумовлено місцевими (локальними) умовами, з використанням моделі V_S^{30} .

Дослідження з оцінки приросту сейсмічної інтенсивності ставлять за мету отримання кореляційних залежностей між коефіцієнтами посилення сейсмічних рухів ґрунту і швидкістю V_S^{30} . Найчастіше в таких залежностях присутня так звана базова швидкість. Це швидкість поширення поперечних хвиль в твердій основі, відносно якої оцінюється посилення. Залежно від району досліджень, при виведенні кореляційних залежностей, використовують різні значення

базової швидкості. На основі кореляційних залежностей, спираючись на класифікацію ґрунтів NEHRP* (см. Текстовий додаток 3), отримують дискретні значення приросту для кожної категорії ґрунтів і відповідного рівня сейсмічного впливу.

При оцінці залежностей між коефіцієнтами посилення сейсмічних рухів ґрунту і V_s^{30} використовуються бази землетрусів. На записи сейсмічного руху будуть впливати положення джерела, шлях і приповерхневі умови точки запису. Перші два чинника необхідно виключити. Якщо вибірка включає в себе записи по одному землетрусу, то застосовуються досить прості прийоми. Наприклад, аналізують точки запису для ґрунтів і твердих порід, які розташовуються на незначній відстані один від одного, або вводять коригуючий коефіцієнт в запис, який визначається як геометрична розбіжність енергії з відстанню або частотно-залежний фактор загасання з відстанню.

Якщо ж ставиться завдання об'єднати записи з різних землетрусів, то рішення значно ускладнюється. В роботі використовується узагальнена інверсія амплітудних спектрів Фур'є на основі зваженого методу найменших квадратів. Всі записи приводяться до одного рівня. У роботах [47], застосовується підхід, заснований на побудові так званої моделі загасання сейсмічного впливу. Тут кожен спектр запису нормується на спектр, розрахований для прийнятої моделі загасання. Безумовно, використання бази даних по багатьом землетрусам повинно забезпечити отримання більш універсальних оцінок посилення сейсмічних рухів ґрунту. У той же час прихильники використання одного землетрусу вказують на недосконалість узагальнених підходів і вважають свої оцінки більш надійними.

За записами сейсмічного руху розраховуються і аналізуються амплітудні спектри Фур'є або спектри відгуку при 5% загасанні. Хоча використання

перших теоретично більш обґрунтовано, другі отримали більш широке застосування. Це обумовлено тим, що оцінка сейсмічної небезпеки в будівельних нормах виконується в термінах спектру відгуку, і, отже, коефіцієнти посилення сейсмічних рухів ґрунту, отримані в цих термінах, мають більше практичне значення.

На рис. 6.1 наведено спектри відгуку для твердої основи і осадових ґрунтів. В спектрі відгуку можна виділити області, в межах яких амплітуда I залишається постійною або змінюється за лінійним законом. Як було вперше обґрунтовано в роботі, немає необхідності аналізувати безліч компонент спектру – достатньо виділити короткоперіодну I_a і середньоперіодну I_v області.

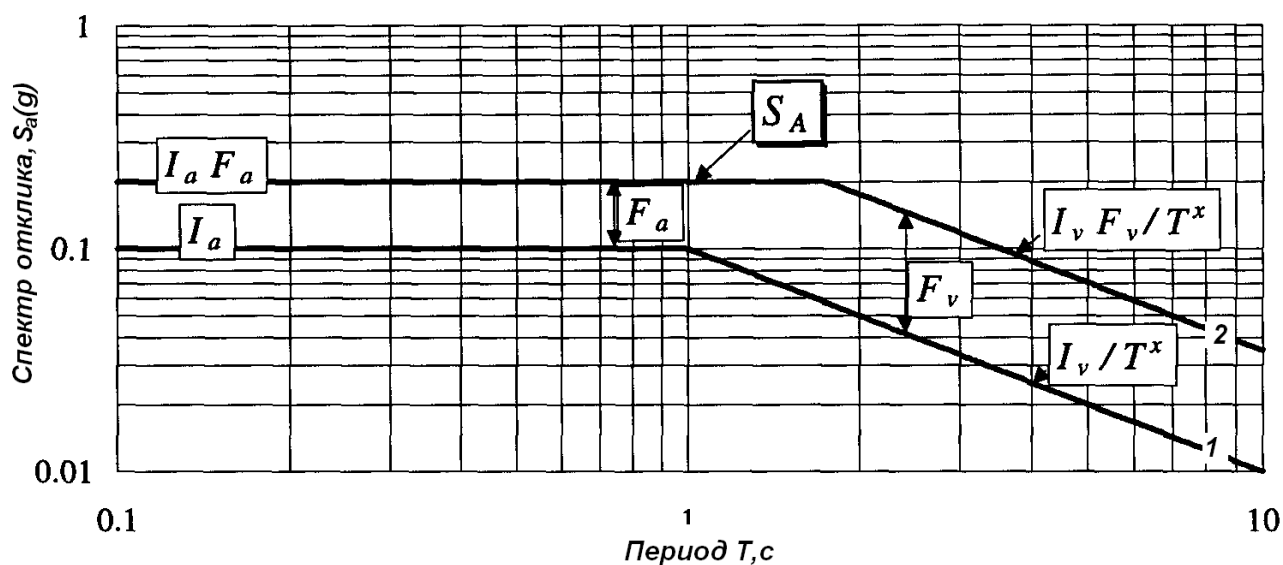


Рис. 6.11. Спектри відгуку для твердої основи (1) і осадових ґрунтів (2): I_a і I_v – амплітуди сейсмічного впливу; F_a і F_v – коефіцієнти посилення сейсмічних коливань для короткоперіодної і середньоперіодної компонент відповідно

Таким чином, посилення сейсмічних коливань, обумовлене низькошвидкісними приповерхневими утвореннями буде визначатися двома коефіцієнтами F_a і F_v . Коефіцієнти F_a і F_v обчислюють або на певних періодах спектру відгуку (коефіцієнту F_a відповідає період 0.3 с, коефіцієнту F_v – період 1.0 с) або як середньоарифметичне в деяких діапазонах (F_a – 0.1-0.5 з і F_v – 0.4-

2.0 с). Другий варіант є більш привабливим, тому що забезпечує більш надійні оцінки.

Подібні дослідження виконувалися незалежно різними авторами. Найбільш достовірними вважаються результати досліджень, які використовують записи сейсмічного впливу, що містять базу даних по землетрусу Northridge (Затока Сан-Франциско). Цей землетрус стався в 1994 році і був зареєстрований в різних точках великою кількістю станцій.

Записи характеризуються рівнем сейсмічного впливу до 0.5 g. Для цієї події Borchardt виконав оцінку коефіцієнтів збільшення інтенсивності за амплітудними спектрами Фур'є. Інші дослідники використовували спектри відгуку при 5% загасанні. Високий рівень сейсмічного впливу забезпечив вивчення нелінійних ефектів сейсмічного приросту.

У роботах та в рівняння регресії безпосередньо включений коефіцієнт, який відповідає за нелінійність і залежить від рівня сейсмічного впливу. Також слід зазначити, що в роботах та записи по землетрусу Northridge є тільки частиною вихідних даних. Crouse and McGuire виконали своє дослідження на основі сейсмічних записів за 16 землетрусами на території США, які були зареєстровані в період з 1933 р по 1992 р. Коефіцієнти сейсмічного посилення було отримано на основі аналізу спектрів відгуку: короткоперіодного F_a на 0.3 с, середньоперіодного F_v як середнє із значень на періодах 1.0, 2.0 і 3.0 с. Коефіцієнти узгоджені з класифікацією ґрунтів NEHRP і розраховувалися відносно ґрунтів категорії В. Аналізувалися дані при декількох рівнях сейсмічного впливу, але ефекти нелінійності практично не показані.

Dobry, R. та ін. використовували дані по землетрусу Northridge. Їх база даних являє собою тільки частину від усіх записів цього землетрусу. З 47 точок 8 записів представлені ґрунтами категорії В, 27 записів – ґрунтами категорії С і 12 записів – ґрунтами категорії D. Коефіцієнти розраховувалися відносно ґрунтів категорії В двома способами. У першому випадку точки запису сейсмічного руху для ґрунтів і твердих порід були розбиті на пари за азимутами їх положення щодо епіцентру землетрусу. Перш, ніж обчислити відношення

спектрів відгуку твердих порід (грунти категорії В) до ґрунтів, в спектри вводилася поправка за геометричну розбіжність. У другому випадку для узгодження записів використовувалася модель загального загасання запропонована в Коефіцієнти отримані для різних рівнів сейсмічного впливу.

Field, Harmsen, and Steidl поставили за мету отримання безперервних залежностей між коефіцієнтами посилення сейсмічних рухів ґрунту і швидкістю V_S^{30} . Отримані ними емпіричні залежності вказують на логарифмічний зв'язок даних параметрів. Автори спиралися на записи сейсмічного руху землетрусів США. Їх вибірки складаються із записів, рівень пікових прискорень яких не перевищує 0.2 g. Зміна коефіцієнтів посилення, що обумовлені зміною рівня сейсмічного впливу, не враховується.

Silva і ін. отримали коефіцієнти збільшення, не спираючись на записи сейсмічного руху. Їх дослідження носить теоретичний характер. Було взято кілька регіональних профілів, уздовж яких швидкості V_S^{30} визначені за даними свердловинних досліджень. Далі за допомогою розробленої ними комп'ютерної програми проводилося обчислення спектрів відгуку при 5% загасанні. Спектри відгуку розраховувалися для декількох моделей загасання енергії поперечної хвилі. Коефіцієнти F_a і F_v обчислювалися як на дискретних періодах: 0.3 с і 1.0 с відповідно, так і усереднювалися в межах діапазонів 0.1-0.5 с і 0.4-2.0 с. Було показано, що усереднені оцінки дають коефіцієнти посилення сейсмічних рухів ґрунту на 15-25% менше, ніж дискретні аналоги.

Отримані різними авторами коефіцієнти посилення сейсмічних рухів ґрунту для спільного аналізу приводилися до базової швидкості 1050 м/с, що еквівалентно посиленню відносно ґрунтів категорії В за класифікацією NEHRP.

Зупинимось більш детально на деяких дослідженнях, що лежать в основі будівельних норм NEHRP 1994г., 1997г. (Borcherdt). Автор скористався базою даних по землетрусу Loma Prieta яка налічує 35 інструментальних вимірювань сейсмічного руху. Рівень сейсмічної руху даного землетрусу становив до 0.1 g. Тому, для оцінки більш сильних сейсмічних впливів були взяті результати теоретичних і лабораторних досліджень, що дозволило розширити діапазон

досліджень до рівня 0.5 g. Коефіцієнти посилення F_a і F_v оцінювалися за амплітудними спектрами Фур'є радіальної і трансверсальної компонент руху. Короткоперіодний коефіцієнт F_a визначався як середнє в діапазоні 0.1-0.5 с; середньоперіодний F_v – в діапазоні 0.4-2.0 с. Спектри виміряних компонент руху на ґрунті нормувалися на теоретичні спектри, розраховані на поверхні твердих порід. Надалі спектри наводилися до базового рівня, швидкість поширення поперечних хвиль в якому 1050 м/с. Ця швидкість, по-перше, близька до середньої швидкості твердої основи, а по-друге, відповідає середній швидкості для ґрунтів категорії В.

При виборі форми емпіричної залежності автор спирався на наступні припущення: 1) між коефіцієнтами посилення сейсмічних рухів ґрунту і швидкістю поширення поперечних хвиль існує логарифмічна залежність; 2) ця залежність зберігається при зміні рівня сейсмічного впливу.

Кореляційні залежності між коефіцієнтами посилення F_a , F_v , і швидкістю V_S^{30} представлені таким чином:

$$F_a = (V_{ref}/V)^{m_a} \text{ и } F_v = (V_{ref}/V)^{m_v},$$

де V_{ref} – базова швидкість, що дорівнює 1050 м/с; m_a і m_v – емпіричні коефіцієнти, які залежать від рівня сейсмічного руху.

Таким чином, нелінійність сейсмічного посилення, зумовлена зменшенням приросту при підвищенні рівня сейсмічного впливу, безпосередньо не включена в формулу, а враховується за допомогою коефіцієнтів m_a і m_v . Нелінійності найбільшим чином позначаються для категорії ґрунтів Е. При швидкості поширення поперечних хвиль понад 300 м/с, її внесок незначний. Значення коефіцієнтів m_a і m_v для різних рівнів сейсмічного впливу наведено в таблиці 6.1.

У даній роботі використовувалася модель V_S^{30} , отримана на підставі польових сейсморозвідувальних робіт (див. Графічний додаток, Схема 9) 3

використанням виразу (6.1) були розраховані коефіцієнти посилення F_a і F_v (див. Графічний додаток, Схема 12, 13).

Таблиця 6.2

Значення коефіцієнтів m_a і m_v для різних рівнів сейсмічного впливу для базової швидкості 1050 м/с

Інтенсивність сейсмічного впливу, g	m	
	a	v
0.1	0 .35	0 .65
0.2	0 .25	0 .60
0.3	0 .10	0 .53
0.4	- 0.05	0 .43

З наведених схем видно, що низькочастотні коливання будуть посилюватися значно сильніше за високочастотні в фізико-геологічних умовах хвостосховища «карта».

З огляду на, що в практиці вітчизняних досліджень прийнято представляти результати сейсмічного мікрорайонування в балах, був виконаний перерахунок підсилень в приріст сейсмічної інтенсивності. Скориставшись відомим співвідношенням між величиною посилення сейсмічного впливу і приростом сейсмічної інтенсивності:

(6.6)

$$F = 2^{\Delta},$$

де F – коефіцієнт посилення, Δ – приріст сейсмічної інтенсивності в балах.

Отримані коефіцієнти характеризують посилення сейсмічних коливань, обумовлене локальними (місцевими) умовами щодо ґрунтів з базовою швидкістю 1050 м/с, що відповідає ґрунтам І категорії за сейсмічними властивостями згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 [1].

Беручи до уваги, що оцінка фонові сейсмічності майданчику розташування хвостосховища «карта» (див. розділ. 1) виконується для «середніх» ґрунтових умов (ґрунтів ІІ категорії за сейсмічними властивостями), необхідна редуція приросту сейсмічної інтенсивності до ґрунтів ІІ категорії за сейсмічними властивостями. Згідно з документом [3] при визначенні приросту сейсмічної інтенсивності відносно ґрунтів І категорії за сейсмічними властивостями, необхідно зменшення приросту на один бал.

З огляду на те, що низькочастотні коливання будуть посилюватися значно сильніше за високочастотні в фізико-геологічних умовах хвостосховища «карта», розрахунок приросту сейсмічної інтенсивності виконувався для консервативного випадку – коефіцієнта посилення низькочастотних коливань .

Отриманий таким чином приріст сейсмічної інтенсивності наведено в Графічному додатку, Схема 14.

Як видно з Схем 11 і 14, Графічного додатку, результати оцінки приросту сейсмічної інтенсивності методом сейсмічних жорсткостей і методом VS30 практично однакові.

ВИСНОВОКИ

Кваліфікаційна робота магістра виконана на кафедрі геофізичних методів розвідки НТУ «Дніпровська політехніка».

Основною задачею роботи був порівняльний аналіз вітчизняних та міжнародних нормативних документів в галузі оцінки сейсмічної небезпеки та адаптування закордонних підходів сейсмічного районування в умовах хвостосховища «карта» на території України.

В ході виконання роботи було виконано вивчення вимог вітчизняних та міжнародних нормативних документів.

З метою кількісної оцінки впливу місцевих (локальних) умов на сейсмічність майданчика виконано розрахунки сейсмічного мікрорайонування. Дослідження виконувалися шляхом комплексування інструментальних методів: вітчизняного (методу сейсмічних жорсткостей) і міжнародного (методу V_S^{30}).

Найважливішою характеристикою при даних розрахунках є швидкість поперечних хвиль верхньої частини розрізу.

Інформація про швидкісні моделі середовища була отримана в ході інструментальних польових сейсморозвідувальних робіт методом заломлених хвиль з урахуванням побудованих цифрових моделей основних геоелементів.

Виконані дослідження дозволили зробити порівняльний аналіз результатів отриманих з застосуванням різних підходів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

- [1] ДБН України В.1.1.12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України. – Київ: Мінбуд України, 2014. – 110 с.
- [2] РСН 60-86. РЕСПУБЛИКАНСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ. НОРМЫ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.
- [3] РСН 65-87. РЕСПУБЛИКАНСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ.
- [4] BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL (BSSC) (2001): NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures, 2000 Edition, Part 1: Provisions, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency (Report FEMA 386), Washington, D.C.
- [5] Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance

ФОНДОВІ МАТЕРІАЛИ

- [6] Отчет: «ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». ГД ШХ РОФ. Хвостохранилище «карта». Реконструкция хвостохранилища «карта» до отм. 166,0 м. Проект. Инженерные изыскания». Фонды института УкрНИИВодоканалпроект. – Киев, 2012
- [7] Отчет: «Сейсмическое микрорайонирование территории хвостохранилища "Центральное" ПАО "Арселор Миттал Кривой Рог"» ООО «Фундаментстроймакс». – Днепропетровск, 2012
- [8] Отчет: «Сейсмическое микрорайонирование территории хвостохранилища "Миролюбовка" ПАО "АрселорМиттал Кривой Рог"» ООО «Фундаментстроймакс». – Днепропетровск, 2012

СТАТТІ ТА МОНОГРАФІЇ

- [9] Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование России: прошлое, настоящее и будущее // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Вип. 73. – Київ, ДП НДІБК, 2010. – С. 334–341.
- [10] Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. – Москва: Светоч Плюс, 2010. – 303 с.
- [11] Алешин А.С., Малышев Р.В. Моделирование задач сейсмического микрорайонирования методом конечных элементов// Геодинаміка. №2(11), 2011. – С. 13–15.
- [12] Амасян Р.О., Микаелян Э.П. Модельные исследования влияния рельефа местности на распределение сейсмического волнового поля // Вопросы инж. сейсмол., вып.23, М., Наука, 1982. – С. 69–74.
- [13] Аптикаев Ф.Ф., Шебалин Н.В. Уточнение корреляций между уровнем макросейсмического эффекта и динамическими параметрами движения грунта // Исследования по сейсмической опасности (Вопросы инженерной сейсмологии, вып.29), – 1988, – М: Наука. – С. 98-107
- [14] Бондарь М.Н. Сейсмическое событие 14 января 2011 г. В районе Кривого Рога//Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. Севастополь, 2012.-С.136-140.
- [15] Борисенко Л.С., Пустовитенко Б.Г., Дублянский В.Н., Вахрушев Б.А., Клюкин А.А., Ена А.В., Китин М.А. Сейсмодислокации и палеосейсмичность Крыма. //Сейсмологический бюллетень Украины за 1997 год. – Симферополь, 1999. - С. 101-131.
- [16] Бусыгин Б.С., Мирошниченко Л.В. Распознавание образов при геолого-геофизическом прогнозировании. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1991. – 168 с.
- [17] Габсатарова И.П., Бабкова Е.А. Инструментальные параметры Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г.// Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. Севастополь, 2006.-С.124-132.

- [18] Габсатарова И.П., Бабкова Е.А. Параметры Бердянского землетрясения 31.07,2006 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. Севастополь, 2008.-С.18-26.
- [19] Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. М.:Мир, 1965, 451 с.
- [20] Гусев А.А., Павлов В.М., Шумилина Л.С. Новый подход к расчетам повторяемости сейсмического воздействия с целью построения карт сейсмического районирования // Современная сейсмология: достижения и проблемы. Научная конференция РФФИ, НКГ РФ, НС РАН.–1998.-26 с.
- [21] Гусев А.А., Шумилина Л.С. Моделирование связи балл-магнитуда – расстояние на основе представлений о некогерентном протяженном очаге. //Вулканология и сейсмология, 1999, №4-5, с.29-40.
- [22] Друмя А.В., Устинова Т.И., Шукин Ю.К. Проблемы тектоники и сейсмологии Молдавии. Вып.2., Кишинев, Катря Молдовеняскэ, 1964, 119 с.
- [23] Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. Наука. – М., 2000. – 350 с.
- [24] Заалишвили В.Б., Мельков Д.А.,Отинашвили М.Г. Использование метода конечных элементов при оценке сейсмической опасности горных территорий //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №3, 2008. – С. 49–52.
- [25] Землетрясения в СССР в 1977 году. М.: Наука., 1979.-360 с.
- [26] Землетрясения в СССР в 1977 году. М.: Наука., 1979.-360 с.
- [27] Землетрясения в СССР в 1986 году. М.: Наука., 1989.-364 с.
- [28] Землетрясения в СССР в 1990 году. М.: ОИФЗРАН, 1996.- с. 224 с.
- [29] Кендзера О.В., Гурова І.Ю., Андрущенко Ю.А., Амашукелі Т.А., Лісовий Ю.В. Землетрус 12.03.2006 року в Житомирській області // Вісник Київського національного університету ім. Т.Г. Шевченка. – 2007. – т.42. – С. 66–69

- [30] Королев В.А., Скляр А.М., Князева В.С. Анализ макросейсмического эффекта землетрясения 11 ноября 1981 г. в Измаиле // Вопросы инженерной сейсмологии. – Вып. 26 – 1985.– С. 51–56.
- [31] Кульчицкий В.Е., Пустовитенко Б.Г. Об оценке магнитуд максимально возможных землетрясений по временной компоненте сейсмичности // ДАН Украины.–1995, № 5. – С.82–84.
- [32] 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.
- [33] Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. (ред. Н.В.Кондорская, Н.В.Шебалин). М.:Наука, 1977, 535 с.
- [34] Ньюмарк Н ., Розенблют Э . Основы сейсмоактивного строительства. М.: Стройиздатю – 1980. – С. 61-99.
- [35] 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.
- [36] Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А., Скляр А.М. Инструментальные и макросейсмические данные о процессах в очаговой зоне криворожского землетрясения 25 декабря 2007 Г. (Украина). // Геофиз. журнал. №2, Т.32, 2010.-С.75-97.
- [37] Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Скляр А.М. К вопросу об использовании нецелочисленных значений интенсивности при оценке сейсмической опасности территорий// Тезисы докладов 5-ой Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию – Сочи, 2003, – С. 22.
- [38] Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Князева В.С., Бушмакина Г.Н. Бердянское землетрясение 31.07.2006 г.// Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. Севастополь, 2008.-С.27-30.

- [39] Пустовитенко Б.Г., Щербина С.В., Кульчицкий В.Е. Пространственно-временные свойства сейсмичности бассейна Черного моря и его обрамления // Геофиз. журн. – 1997. – №6. – С. 58–69.
- [40] Пучков С.В. Значение рельефа местности при сейсмическом микрорайонировании. – Труды ИФЗ АН СССР, 1965, №3 (203).
- [41] Пучков С.В., Гарагозов Д. Исследование влияния холмистого рельефа местности на Интенсивность сейсмических колебаний при землетрясениях.// Вопросы инж. сейсмол., вып.15, М., Наука, 1973.
- [42] Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. /Под ред. С.А.Федорова. – М: Госстрой СССР, 1985. – 136 с.
- [43] Ризниченко Ю.В. Избранные труды. М.: Наука.–1985.–408 с.
- [44] Руденская И.М., Москаленко Т.П., Подымова И.С., Королев В.А., Князева В.С. Сейсмичность Карпат в 1981 г. //Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты, 1981-1982 гг.). Киев. Наукова думка, 1985.-с.77-83.
- [45] Садовский М.А., Писаренко В.Ф., Шнирман М.Г. О зависимости энергии землетрясений от объема сейсмического очага// Докл. АН СССР. 1983. т.271, №3, С.598-602.
- [46] Скляр А.М., Князева В.С., Останин А.М. Макросейсмический эффект Криворожского землетрясения 25 декабря 2007г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2007 год.– Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», –2009. – С.14–16.
- [47] Шебалин Н.В. К оценке максимальной сейсмической опасности Крымско-Таманского региона// Сейсмичности, сейсмическая опасность Крыма и сейсмостойкость строительства. Киев, Наукова думка, 1972, С.14-20.
- [48] Шестоперов Г.Н. Методические рекомендации по сейсмическому микрорайонированию участков строительства транспортных сооружений. МДС 22. М., 2004. – 73 с.

Нормативні та розрахункові характеристики фізико-механічних властивостей ґрунтів

*За матеріалами ГІ «УкрНДІВодоканалпроект» [6]

Номер ІПС	Найменування ґрунта згідно ДСТУ Б В.2.1-2:96	Геологічний ґрунт	Прокорова вологість W, долей	Число пластичності, доп. ад.	Показник текучості I, долей	Степень вологості, С, долей	Плотность ґрунта, г/см ³				Плотность сухого ґрунта, г/см ³	Плотность частиц ґрунта, г/см ³	Коефіцієнт пористості, доп. ад.	Нормативний модуль деформації, Е, МПа	Коефіцієнт фільтрації, м/сут.	Угловугоренного триаку, Е, град.		Удельное сцепление С, МПа		Примечание	ґрунт ґрунта по грунтості розробки по ДСТУ Д.2.2-1:99		
							Нормативна	Розрахункова згідно ДСТУ								Плотность частиц ґрунта, г/см ³	Коефіцієнт пористості, доп. ад.	Нормативний	Розрахунковий			Нормативна	Розрахункова
								ρ _n	ρ _с	ρ _р													
1в	Найвищий ґрунт: песок пылеватый, от маловлажного до насыщенного водой	IV	0,06			0,20	1,74	1,69	1,79	1,57	3,03	0,990	7	1,5	27	23	0,001	0,001	Сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W полн.	29а			
			0,25			0,92	2,15	2,10	2,20	1,72	3,03	0,762	11		25	22	0,004	0,003					
1г	Найвищий ґрунт: песок мелкий от маловлажного до насыщенного водой	IV	0,067			0,35	1,80	1,75	1,85	1,70	2,97	0,747	18	4,50	28	24	0,004	0,003	Сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W полн. Сдвиг НН P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W полн.	29а			
			0,25			0,99	2,13	2,08	2,18	1,70	2,97	0,747	26		23	0,010	0,009						
1д	Найвищий ґрунт: песок средней крупности насыщенный водой	IV	0,231			1,00	2,19	2,14	2,24	1,78	3,02	0,898	28	8,50	30	28	0,000	0,000	Сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W полн. P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W полн.	29б			
																29	28	0,005			0,003		
1к	Найвищий ґрунт: песок крупный насыщенный водой	IV	0,250			0,99	2,14	2,09	2,19	1,71	3,02	0,764	35	9,00	34	32	0,000	0,000		29а			
1е	Найвищий ґрунт: супесь пылеватая пластинчатая	IV	0,214	0,05	0,173	0,84	2,12	2,07	2,17	1,69	2,96	0,751	18	0,40	23	22	0,024	0,023	Сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W полн. P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W полн.	36б			
																23	22	0,038			0,036		
1ж	Найвищий слой: суглинок легкий пылеватый от твердой до мягко-пластинчатой консистенции	IV	0,265	0,09	0,405	1,00	2,10	2,05	2,15	1,66	2,97	0,789	17	0,02	20	18	0,027	0,025	Сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W полн. P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W полн.	35а			
																18	17	0,032			0,031		
2а	Насыщенный ґрунт: щебень кварцита с вкл глыб, слесчаным и супесчаным заполнителем	IV	0,135			0,61	2,08	2,13	2,02	1,83	3,08	0,681	40	45	43	41	0,020	0,011		36а			
2б	Насыщенный ґрунт: песок с вкл. щебня кварцита от маловлажного до насыщенного водой	IV	0,090			0,21	1,69	1,65	1,74	1,59	2,94	0,844		8	30	28	0,000	0,000		29а			
			0,25			0,86	1,96	1,93	2,03	1,58	2,94	0,856											
2в	Насыщенный ґрунт: первичная дробь суглинок тяжелый, глина легкая, пылеватая, местами с вкл. щебня кварцита, от твердой до мягко-пластинчатой консистенции	IV	0,215	0,15	0,123	0,94	2,03	1,98	2,08	1,67	2,71	0,622	15	0,02	19	17	0,050	0,043	Сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W полн. P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W полн.	35а			
																15	14	0,068			0,064		

№ п/п	Наименование грунта согласно ДСТУ Б В.2.1-2-96	Групповый индекс	Пределная влажность W _л доп.ед.	Число пластичности, доп.ед.	Показатель текучести I доп.ед.	Степень влажности, С	Плотность грунта, т/м ³			Плотность сухого грунта, т/м ³	Плотность частиц грунта, т/м ³	Коэффициент пористости доп.ед.	Нормативный модуль деформации, Е, МПа	Коэффициент фильтрации, м/сут.	Угол внутреннего трения, φ град.		Удельное сцепление, С, МПа		Примечание	Грунты группы по прочности разрабатаны по ДБН Д.2.2-1:99
							Нормативный	Расчетный	Нормативное						Расчетное, С					
																Пределная влажность	Пределная влажность при w=0,95 *	р _л		
4	Суглинок тяжелый полутвердый и твердый, с примесью органических в-в	adV	0,246	0,18	0,031	0,92	1,93	1,86	1,96	1,55	2,64	0,704	20	0,6	19 10	17 9	0,064 0,092	0,056 0,080	сдвиг КД P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.}	8а
10-15	Лессовидный грунт: суглинок тяжелый, глина легкая, пылеватые от твердой до мягкопластичной консистенции	vdI-III	0,244	0,16	0,308	1,02	2,04	1,99	2,09	1,64	2,70	0,646	17	0,2	22 15	20 13	0,031 0,057	0,029 0,052	сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W _{полн.} P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.}	35в
16	Суглинок тяжелый пылеватый коричнево-бурый, красно-бурый от твердой до мягкопластичной консистенции	edI	0,214	0,16	0,175	0,96	2,05	2,00	2,09	1,69	2,70	0,599	24	0,02	19 20	17 19	0,057 0,048	0,051 0,044	сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W _{полн.} P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.} сдвиг НН P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.}	35в
18	Глина легкая пылеватая красно-бурая, коричнево-бурая, полутвердой и твердой консистенции	N ₂ -Q ₁	0,220	0,22	0,098	0,95	2,04	1,91	2,09	1,67	2,72	0,627	22	0,01	15 14	15 12	0,047 0,081	0,04 0,07	сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W _{полн.} P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.} сдвиг НН P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W _{полн.} P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.}	8д
19	Песок мелкий светло-серый от маловлажного до насыщенного водой, плотный	N ₁ p	0,05 0,22			0,23 1,00	1,76 2,05	1,80 2,02	1,72 1,94	1,68	2,65	0,577	28	3	32	30	0,002	0,001		29а
20	Глина тяжелая пылеватая серая, темно-серая, твердой и полутвердой консистенции	N ₁ p ₁	0,24	0,23	-0,13	0,91	1,97	1,92	2,02	1,59	2,74	0,725	24	0,01	18 14	16 12	0,043 0,106	0,04 0,09	сдвиг КД P = 0,1-0,3-0,5 МПа при W _{полн.} P = 0,5-0,7-0,9 МПа при W _{полн.}	8д
21	Известняк трещиноватый	N ₁ p-a					2,51				2,70		50						Временное сопротивление одноосному сжатию R _с = 37,7 МПа	16д
26	Глина легкая зеленовато-серая песчаная полутвердая	P ₁ n ₁	0,271	0,17	0,072	0,89	1,88	1,95	1,81	1,48	2,70	0,624	10	0,01	21	20	0,036	0,035		8г

В числителе приведены значения для грунтов, залегающих выше УГВ, в знаменателе - ниже УГВ

* Расчетные значения для плотности грунта

р_л, р_{пл} определены с учетом коэффициента надежности по грунту γ_g

р_л при γ_g = 1/(1-α)

р_{пл} при γ_g = 1/(1-α)

Категорії ґрунтів згідно класифікації NEHRP

Клас ґрунта	Описание ґрунта	Скорость поперечных волн \bar{V}_s в верхних 30 м ґрунта, м/с	Сопротивление стандартному пенетрометру	Сдвиговая прочность недренированного ґрунта, кПа
A	Прочный скальный ґрунт	>1500	—	—
B	Скальный ґрунт	760...1500	—	—
C	Очень плотный дисперсный или трещиноватый	360...760	>50	> 100
CD	ґрунт со свойствами, промежуточными между классами C и D	270...555	15...50	50...100
D	Плотный дисперсный ґрунт	180...360	15...50	50...100
DE	ґрунт со свойствами, промежуточными между классами D и E	90...270	15...-50	50...100
E	Рыхлый дисперсный ґрунт	<180	<15	<50
F	Особый ґрунт, требующий специального изучения	—	—	—

Графічний додаток 1.

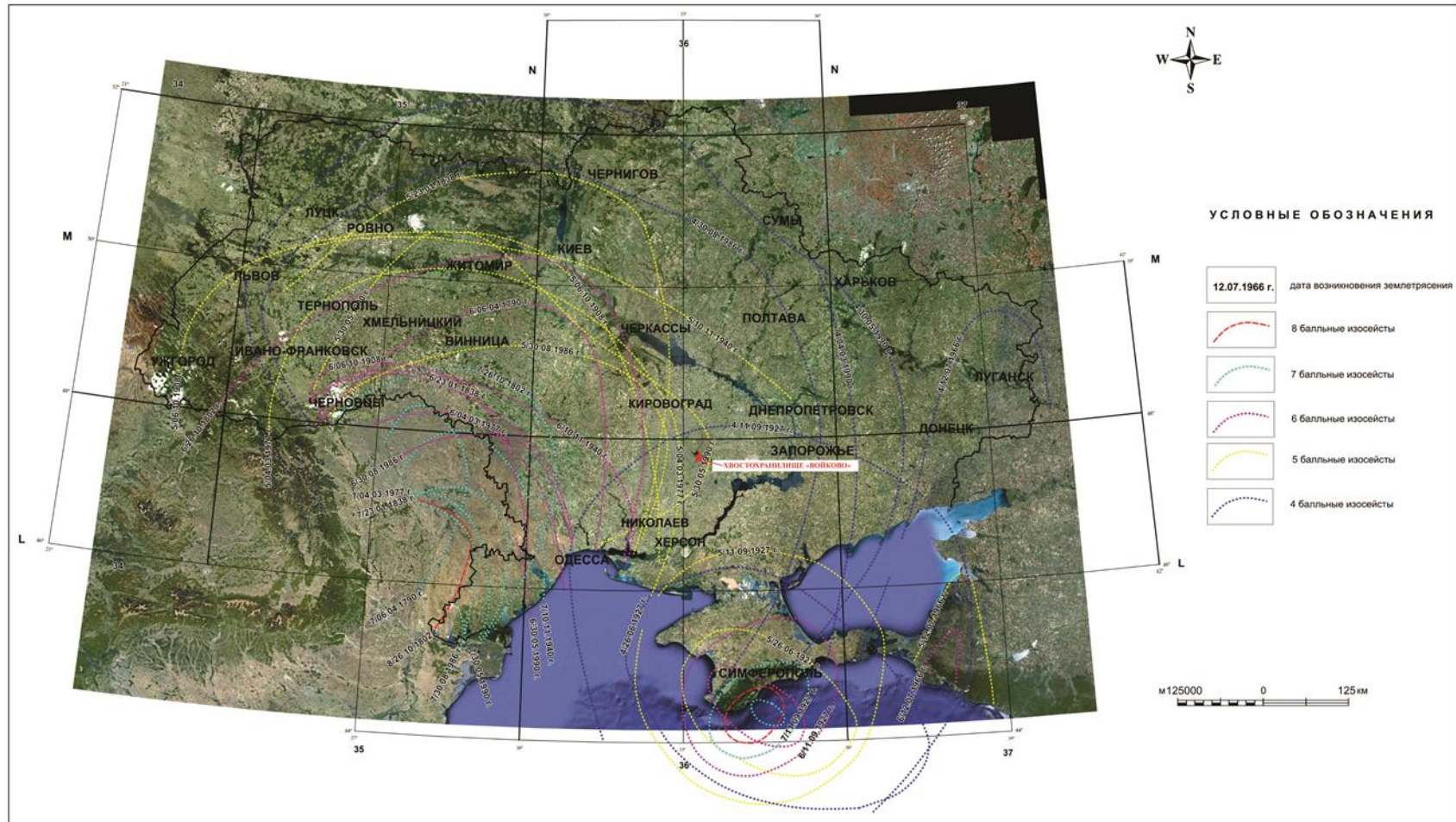


Схема 1. Ізосейсти найсильніших землетрусів регіону розташування промислового майданчика хвостосховища

«карта»

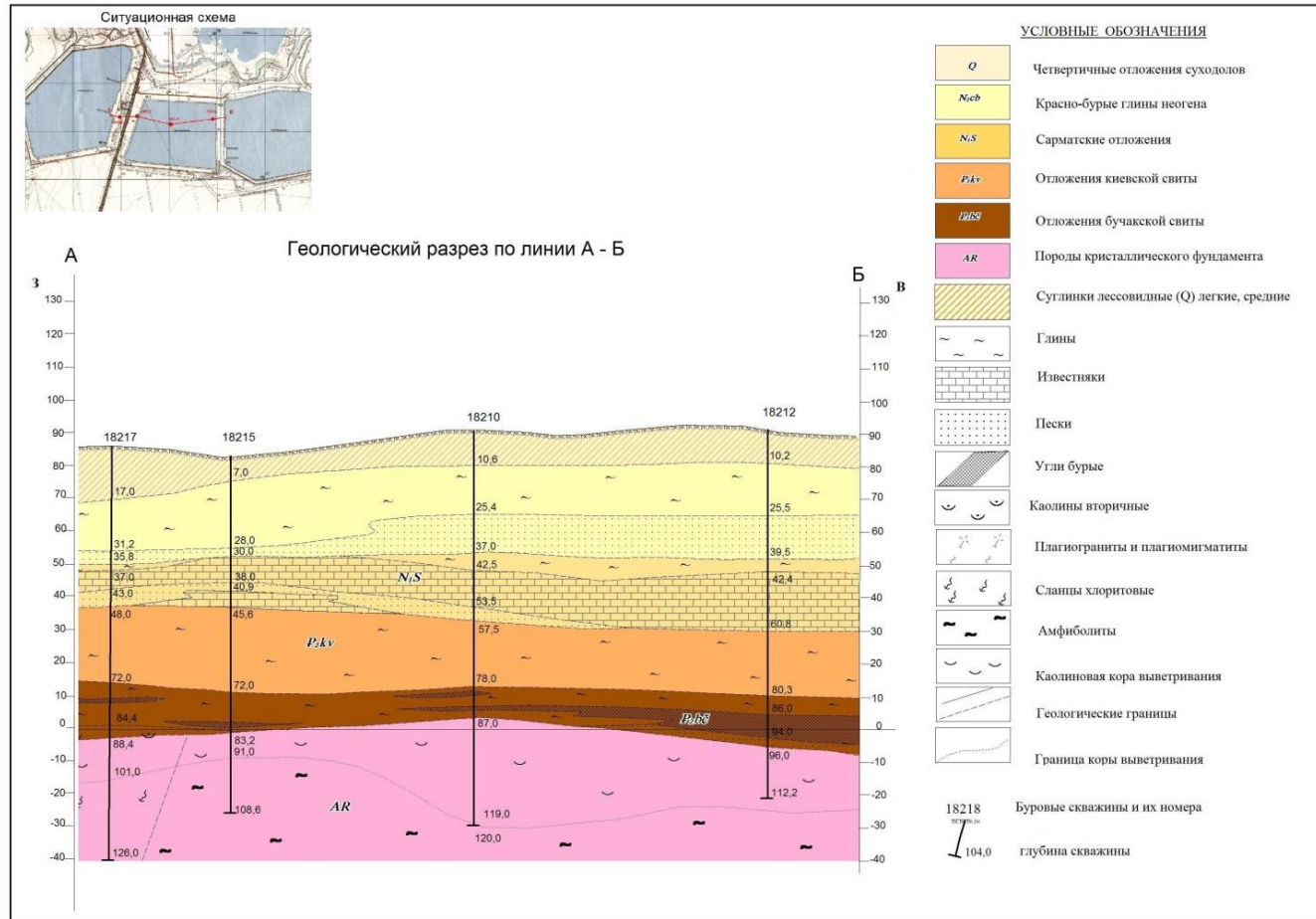
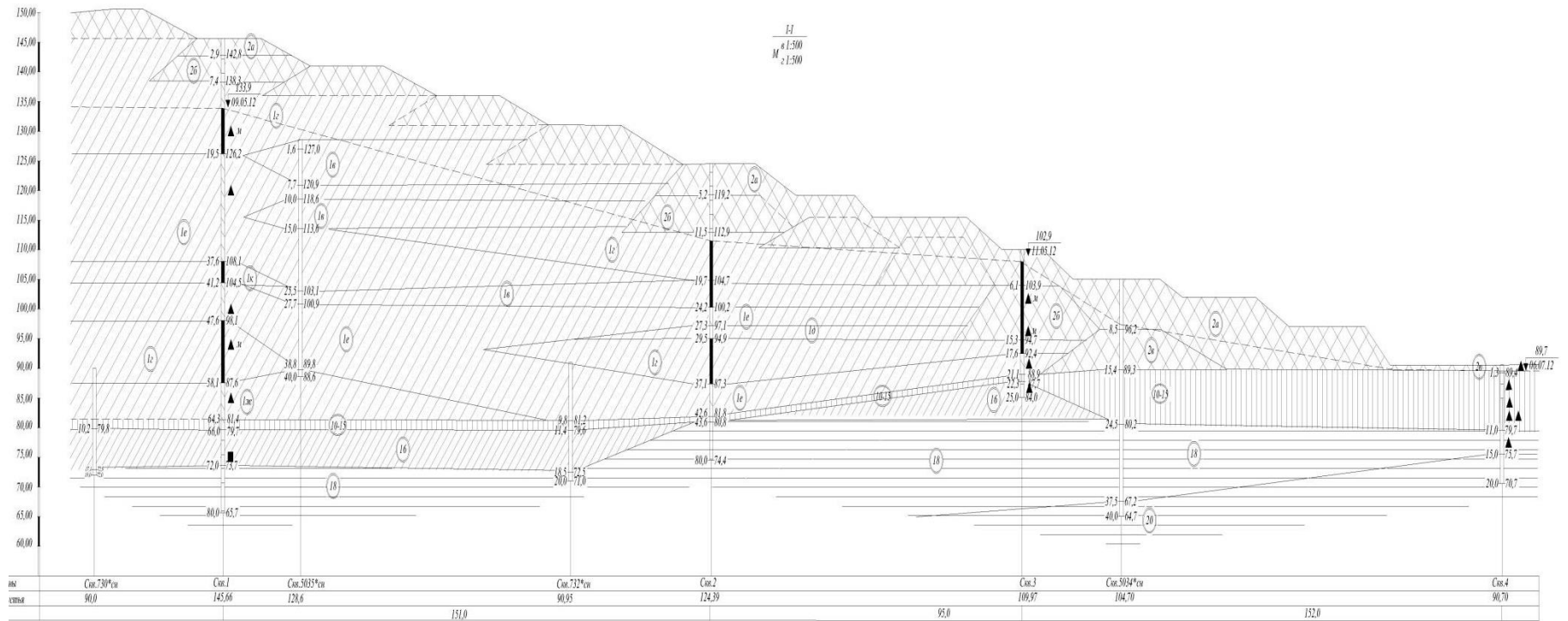


Схема 3. Характерний геологічний розріз району розташування промислового майданчика хвостосховища «карта»

Графічний додаток 3



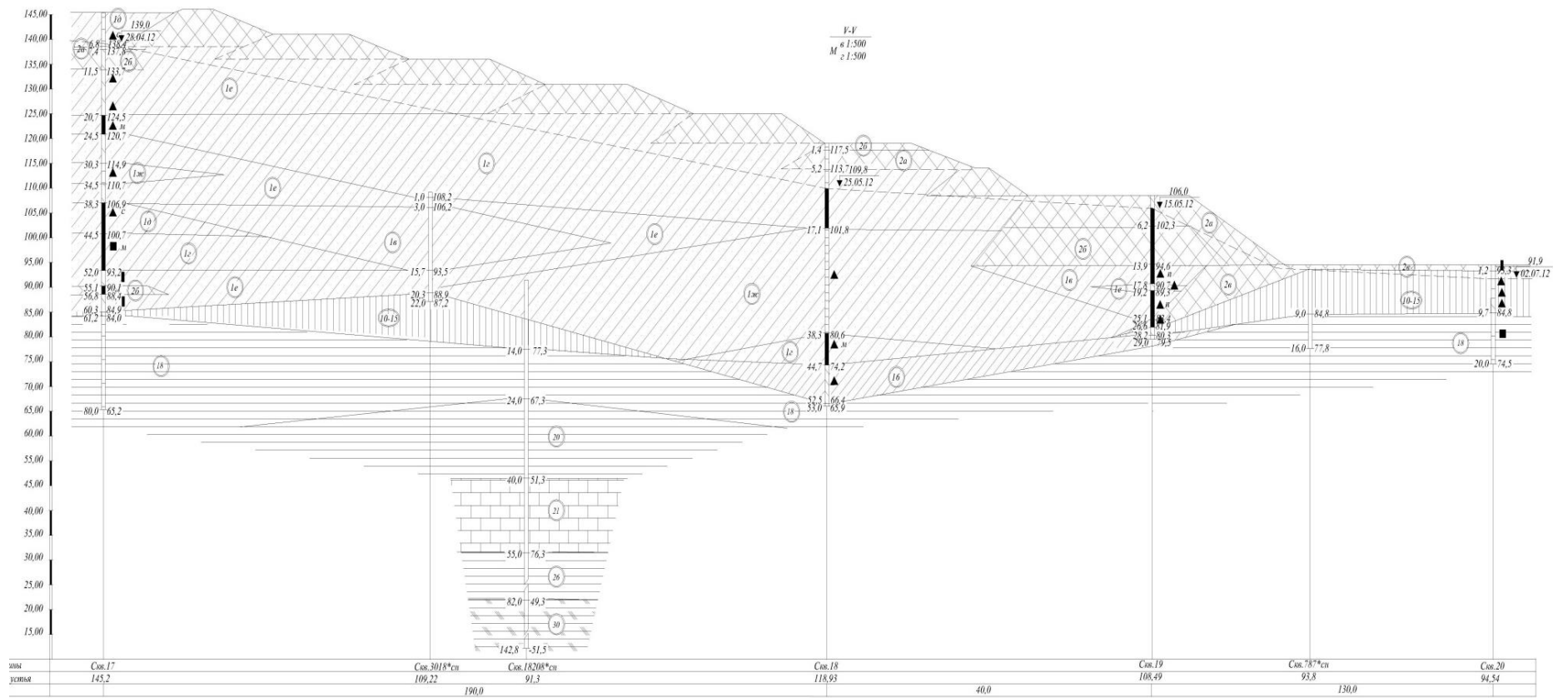


Схема 4. Характерні інженерно-геологічні розрізи в районі огорожувальної дамби хвостосховища «карта»

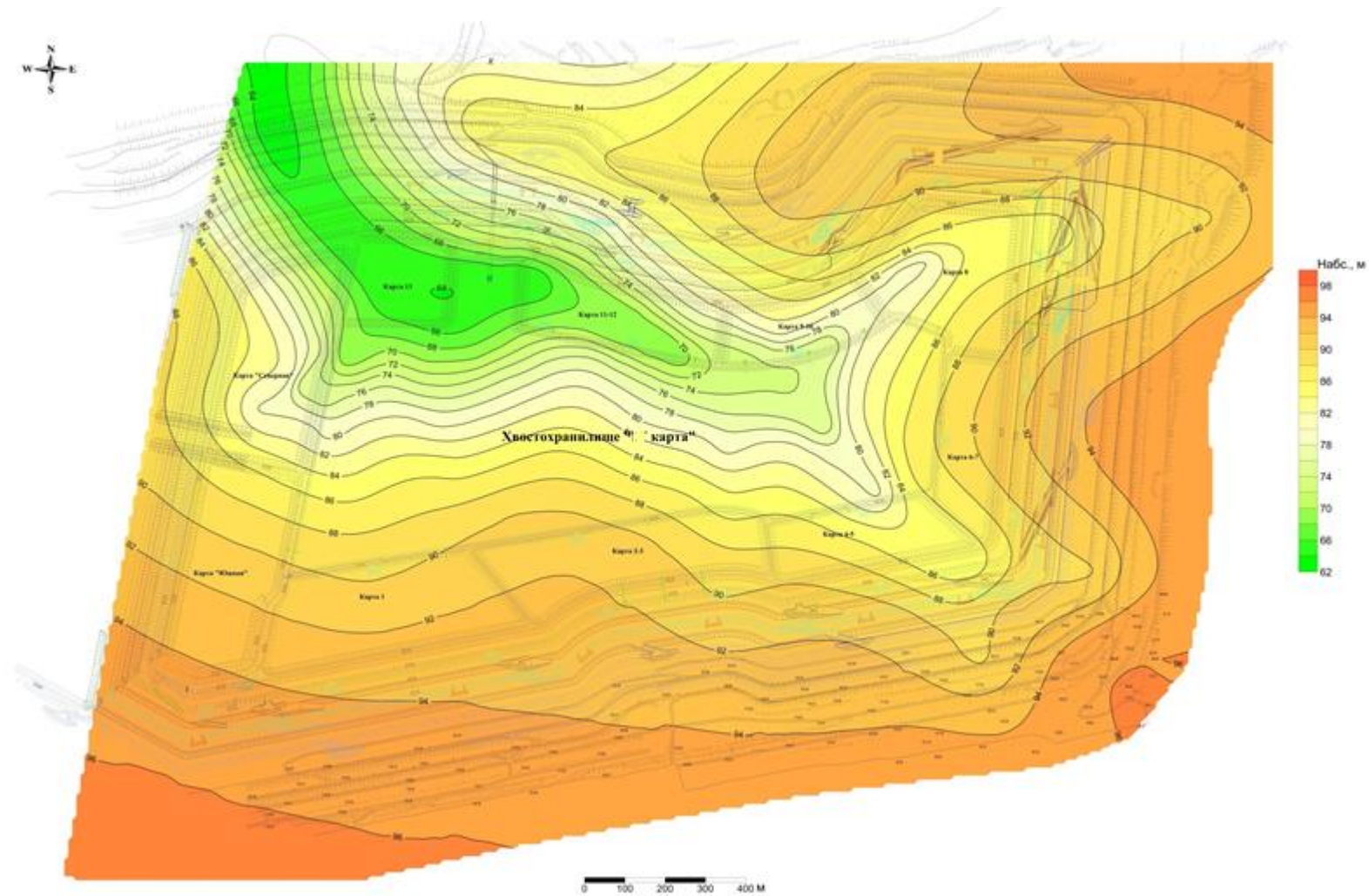


Схема 5. Модель «дотехногенного» рельєфу території розташування хвостосховища «карта»

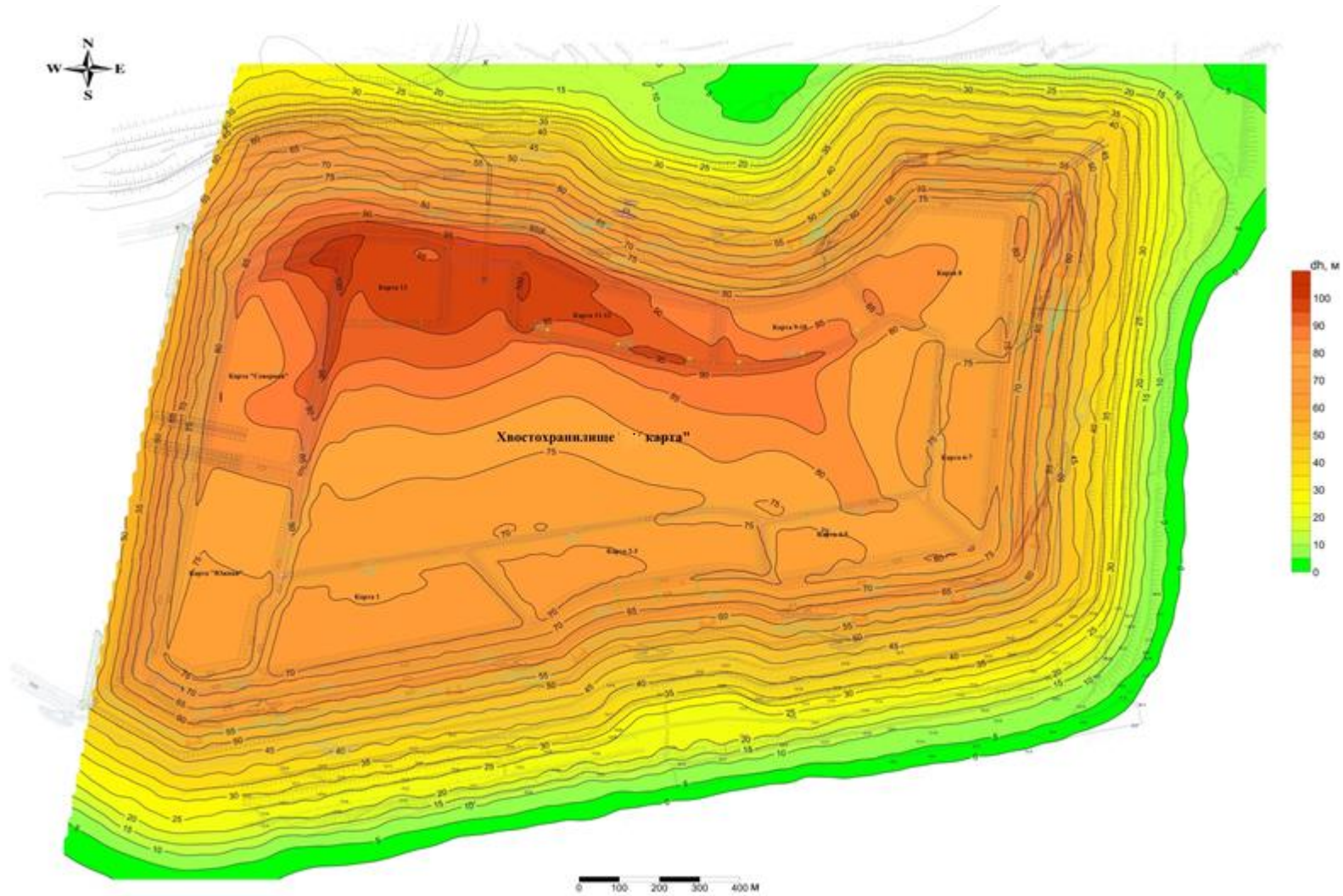


Схема 6. Модель ізопотужності техногенних ґрунтів території розташування хвостосховища «карта»

Графічний додаток 6

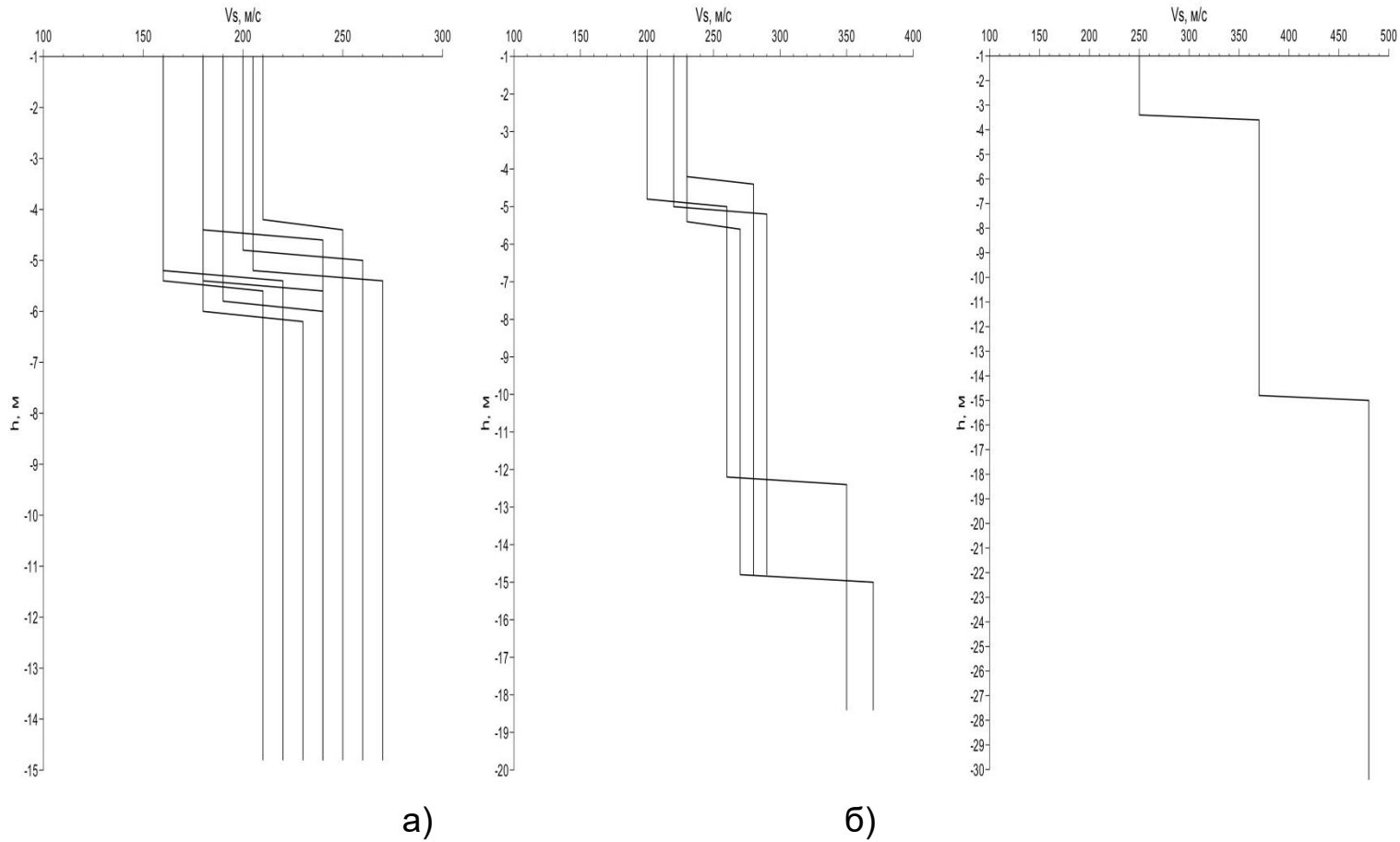


Схема 7 – Швидкісні моделі за поперечними хвилям (V_s) за даними МЗХ:

а – в чаші хвостосховища; б – на огорожувальних дамбах; в – природне залягання

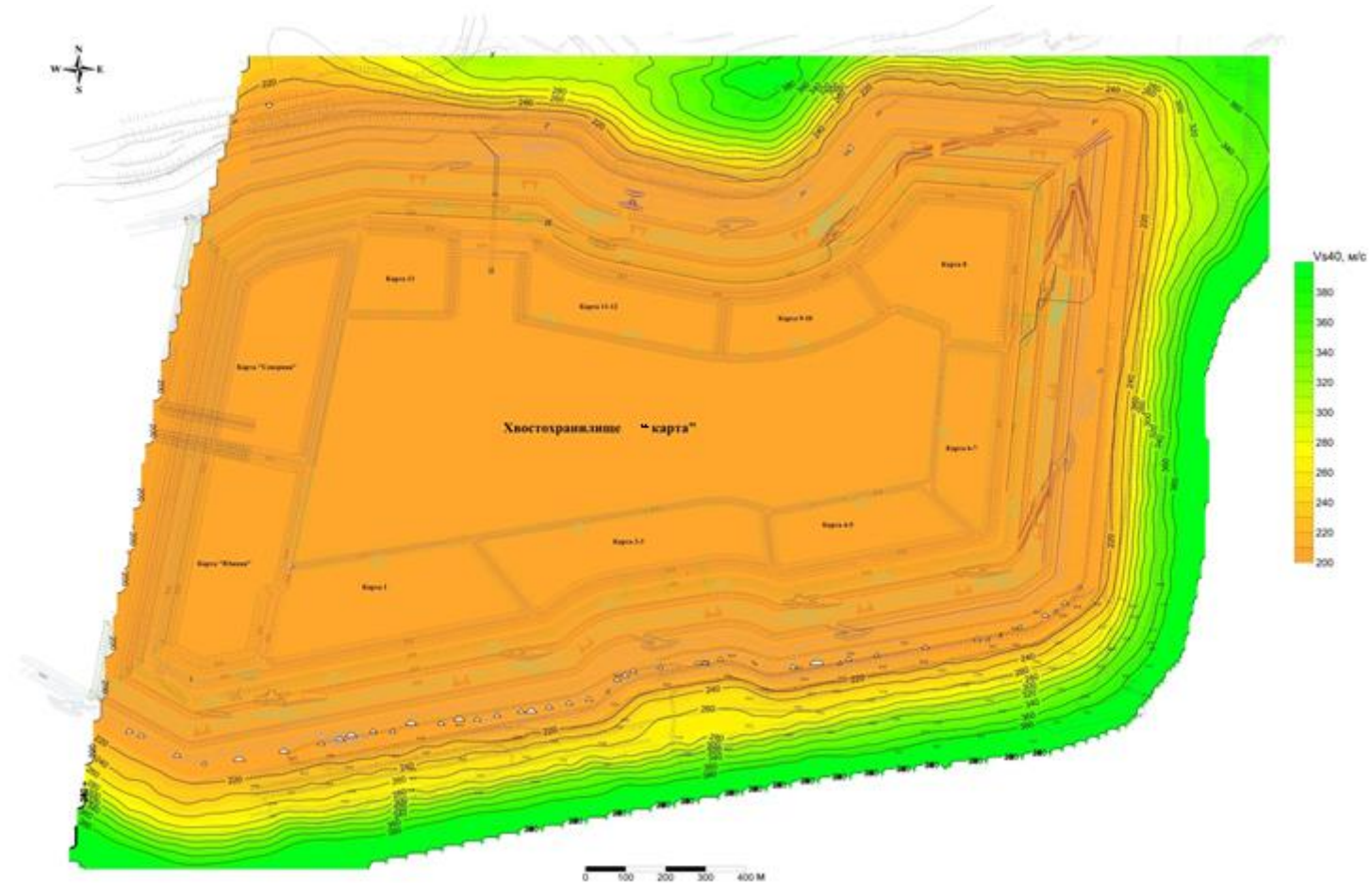


Схема 8. Модель середньої швидкості поширення поперечних хвиль (V_{s40}) в верхньому 40 метровому шарі в межах території розташування хвостосховища «карта»

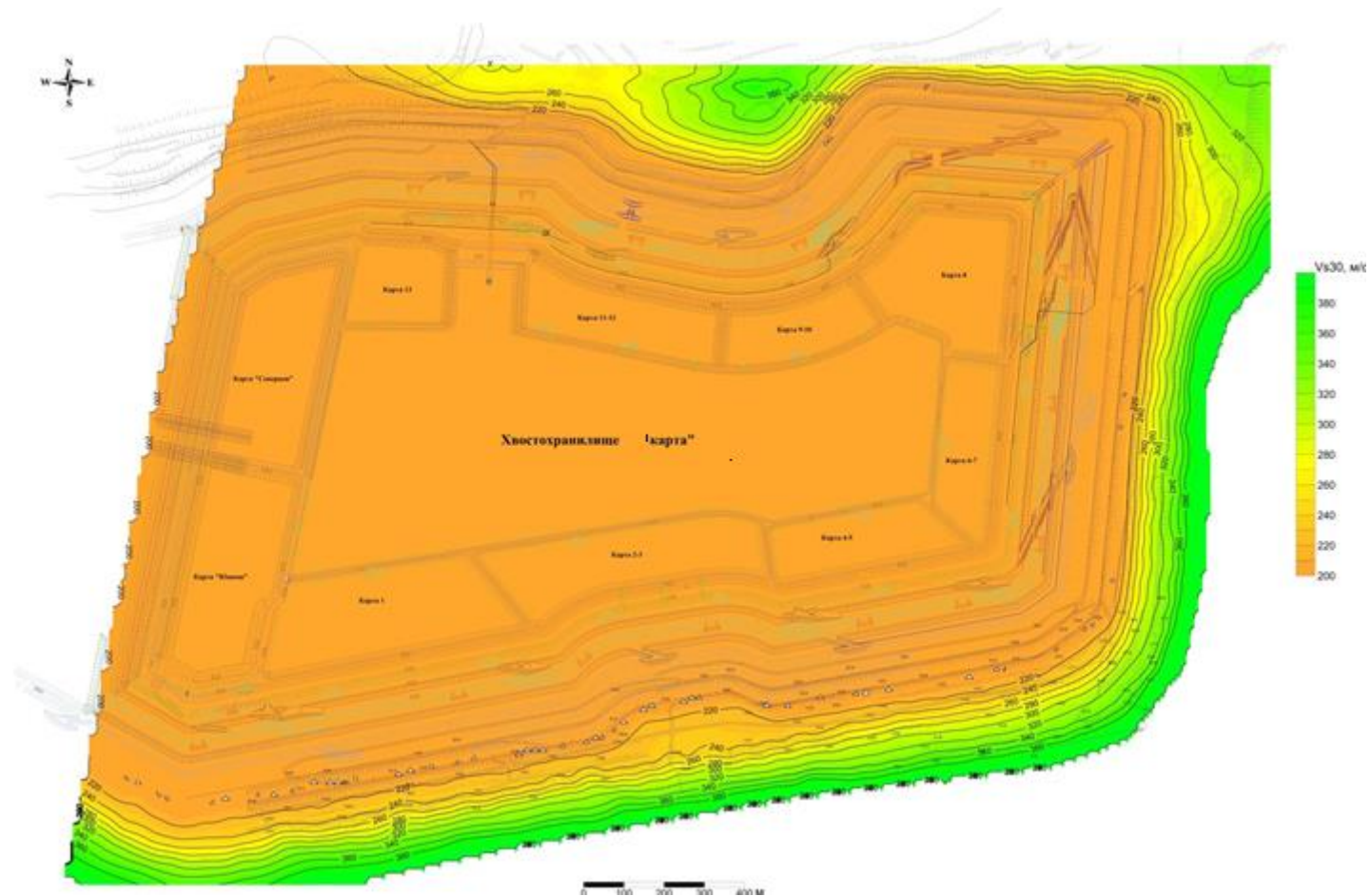


Схема 9. Модель середньої швидкості поширення поперечних хвиль (V_{s30}) в верхньому 30 метровому шарі в межах території розташування хвостосховища «карта»

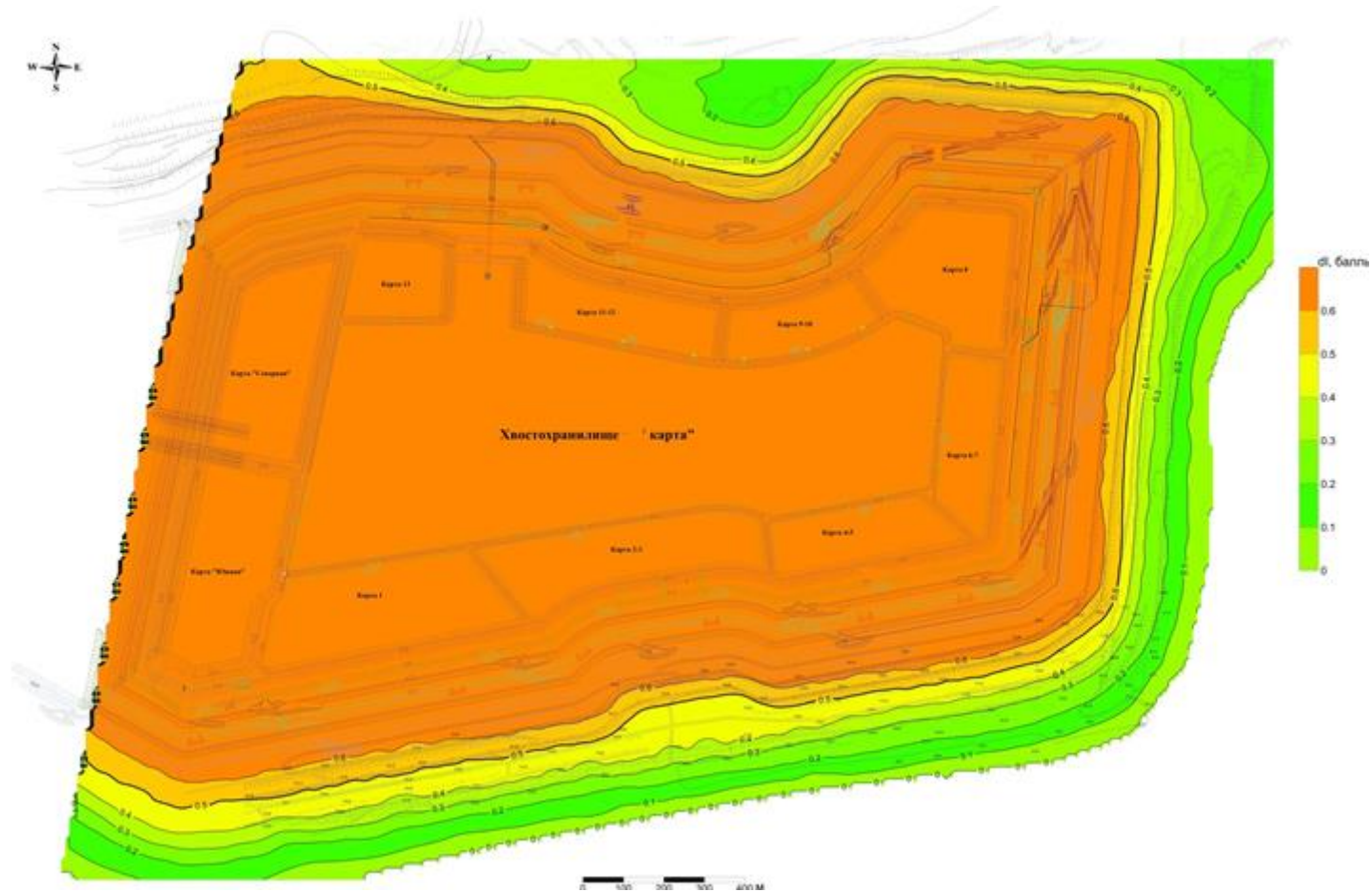


Схема 11. Приріст сейсмічної інтенсивності методом сейсмічних жорсткостей (для верхнього 40 метрового шару) в межах території розташування хвостосховища «карта»

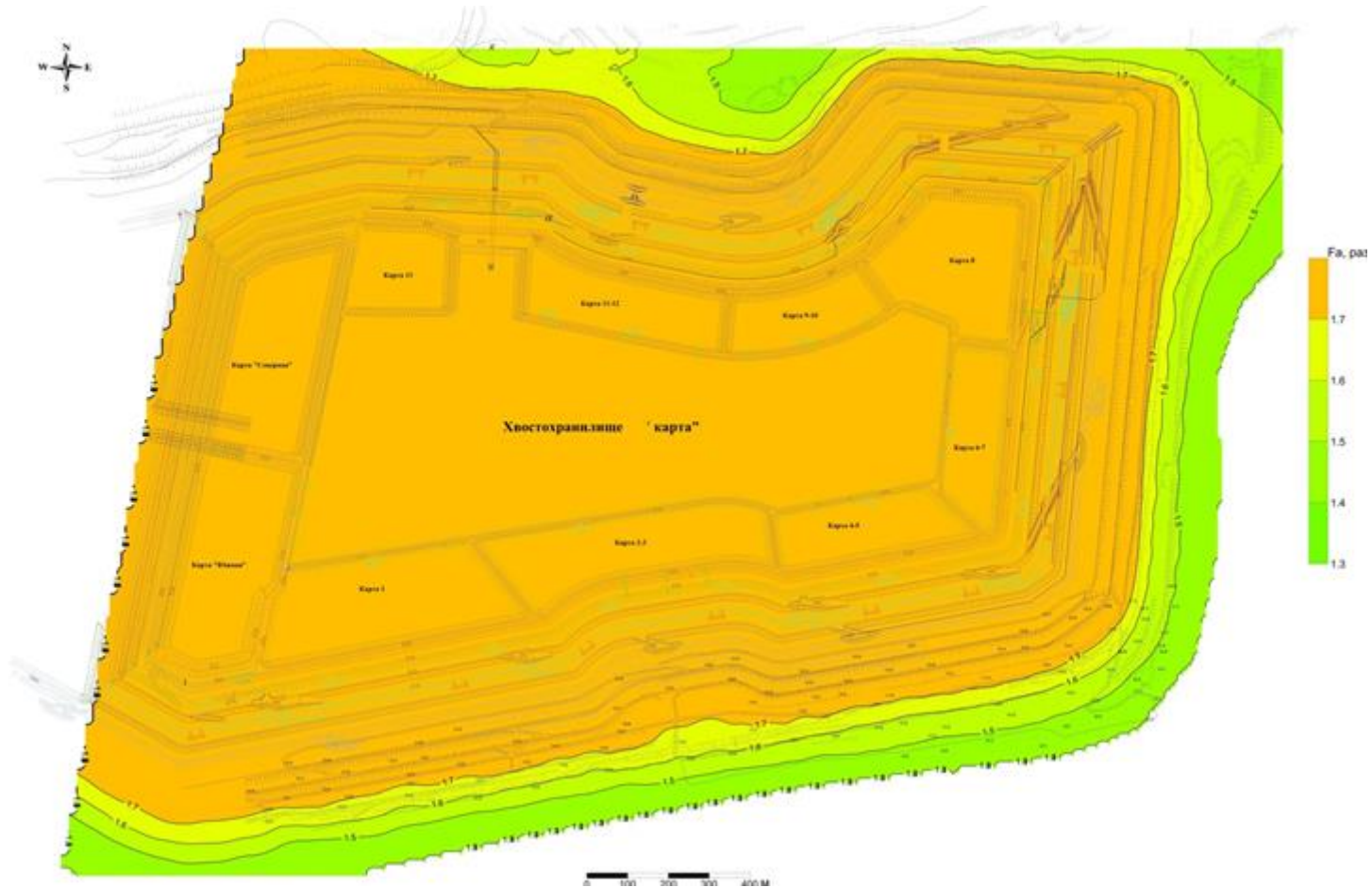


Схема 12. Коефіцієнт посилення F_a високочастотних (2-10 Гц) коливань щодо «скельних» ґрунтів ($V_s^{30}=1050$ м/с) методом V_s^{30} в межах території розташування хвостосховища «карта»

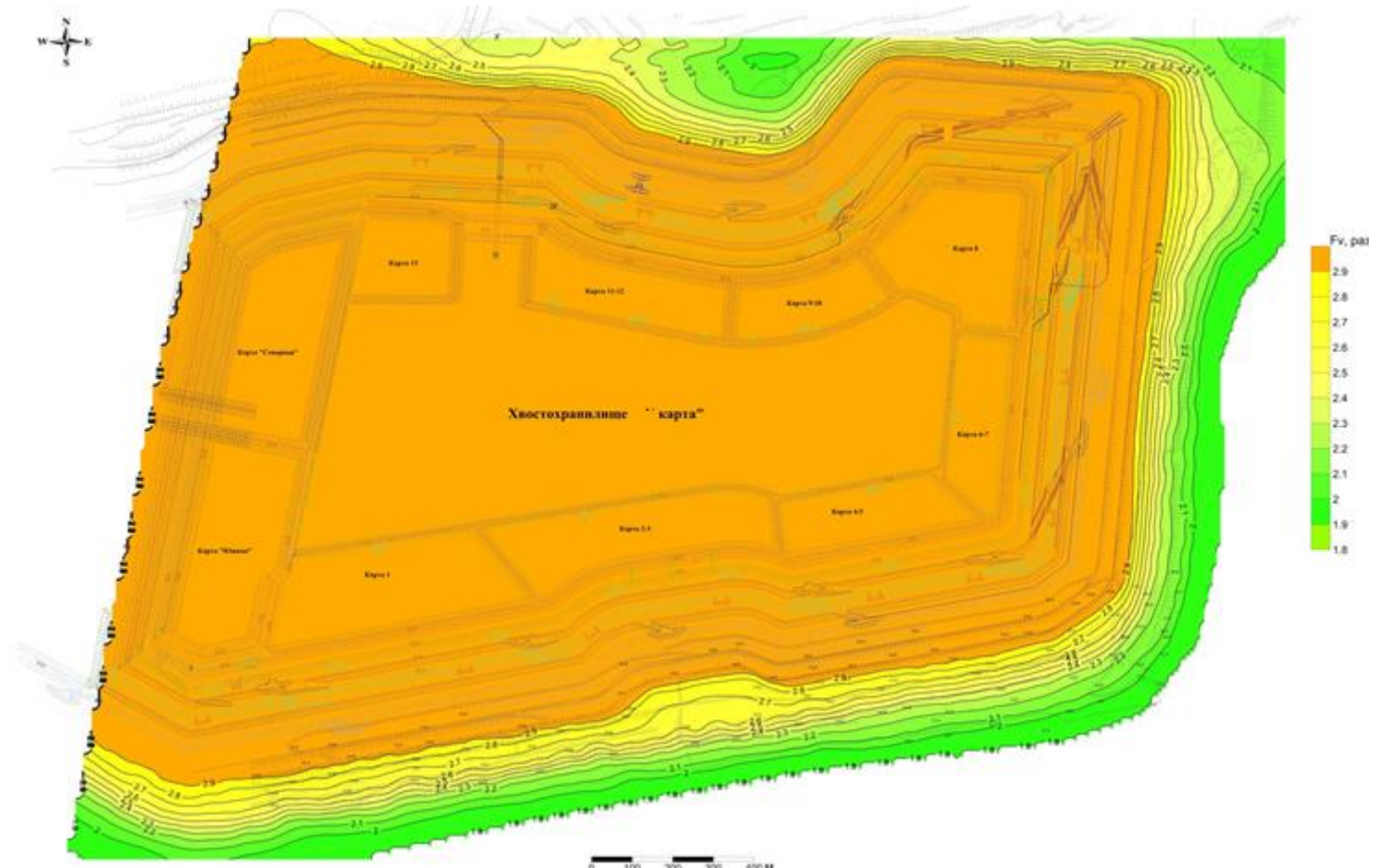


Схема 13. Коефіцієнт посилення F_v низькочастотних (0,5-2,5 Гц) коливань щодо «скельних» ґрунтів ($V_s^{30}=1050$ м/с) методом V_s^{30} в межах території розташування хвостосховища «карта»

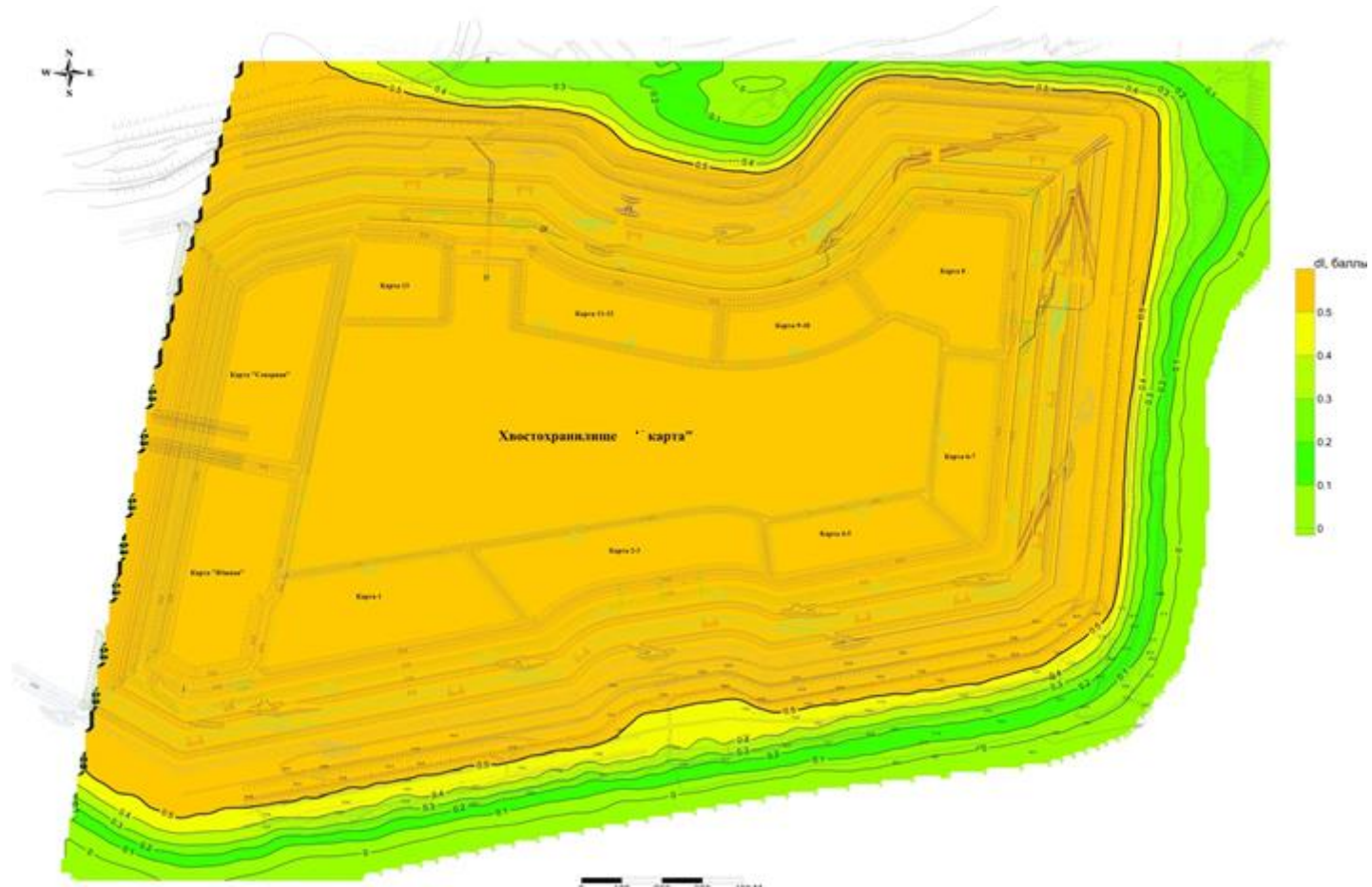


Схема 14. Приріст сейсмічної інтенсивності методом V_s^{30} в межах території розташування хвостосховища «карта»