

Національна академія наук України  
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

Дисертаційна робота на тему:

**«Методика визначення руйнівної дії сейсмічних хвиль  
на об'єкти історико-культурної спадщини та критичної  
інфраструктури України.»**

**Аспірант 1 року навчання:** Чулков А.С.

**Науковий Керівник:** доктор фізико- математичних наук,  
провідний науковий співробітник

Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України: Дмитро ГРИНЬ

**Відповідно до індивідуального плану :**

1. Затверджено тему дисертаційного дослідження: «Методика визначення руйнівної дії сейсмічних хвиль на об'єкти історико-культурної спадщини та критичної інфраструктури України.» на засіданні Вченої ради ІГФ НАН України 29 жовтня 2024року (протокол № 9)
2. Прослухано курс лекцій та отримано залік зі спеціальних дисциплін
  - ОК 03 «Методологія, організація та технологія наукових досліджень»;
  - ОК 05 Загальна геофізика ,
  - підтверджені іспити по ОК 02 «Філософія науки та культури»

### Протягом року :

1. Проведені попередні розрахунки необхідних етапів практичних дослідів для виконання робіт безпосередньо на місті здійснення досліджень.
2. Зібрані та частково опрацьовані матеріали польових сейсмічних досліджень для більш предметного виконання і розуміння методики проведення польових досліджень і їхньої подальшої обробки.
3. Опрацьовувалась література по темі дисертації та виконано її огляд.
4. Оpubлікована наукова стаття: «Прояви регіональних розломів на острові Зміїний.» Грінь Д.М., Чулков А.С. Геофізичний журнал. 2025, 47(2), С.199—204. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322506>.
5. Проведені «Дослідження по визначенню швидкості руху та прискорення поверхні ґрунту під дією вібраційних та вибухових джерел збудження сейсмічних хвиль.» що є значним підґрунтям для подальшого розвитку досліджень за напрямком дисертації

## Історико- культурний заповідник «Межибіж».



1. Встановлене сейсмологічне обладнання.
2. Облаштовано майданчики для додаткового сейсмічного обладнання.
3. Розроблено план реєстраційних робіт

## Джерела руйнівних сейсмічних коливань.

1. Природні сейсмічні коливні події.
2. Антропогенні сейсмічні коливання поверхні ґрунту.
3. Військово-техногенні сейсмічні коливання.

## Методика проведення робіт по вивченню хвильового поля сейсмовібраторів.

Для реєстрації повного вектора сейсмічних коливань використовувався трикомпонентний велосиметр **GURALP CMG-40TD**, який має міжнародний сертифікат, і обладнаний 24-х розрядним аналого-цифровим перетворювачем.

### CMG-40TD



#### Broadband Seismometer and Digitiser

The Guralp Systems CMG-40TD is a rugged and robust three-component broadband seismometer with an on-board DM24 digitiser. It is ideally suited for installation in vaults with moderate noise.

#### Key Features:

True broadband force-feedback instrument

Four low noise 24 bit digital outputs.

Self-contained in a waterproof steel case with fully adjustable levelling feet

No mass clamping required – plug in and go

High sensitivity and dynamic range

Standard response of 30 seconds to 50 Hertz. Options of 1, 10, 30 or 60 seconds for the long period corner and 50 or 100 Hertz for the high frequency corner

High-gain feedback loop eliminates mechanical non-linearity (the overall measured linearity exceeds 90 dB) and minimizes resonances in the spring system.

Low-frequency vibration modes are carefully avoided in the design. The lowest spurious vibration mode of the 40T is a barely measurable resonance at 440 Hz.



## Методика проведення робіт по вивченню хвильового поля сейсмовібраторів.

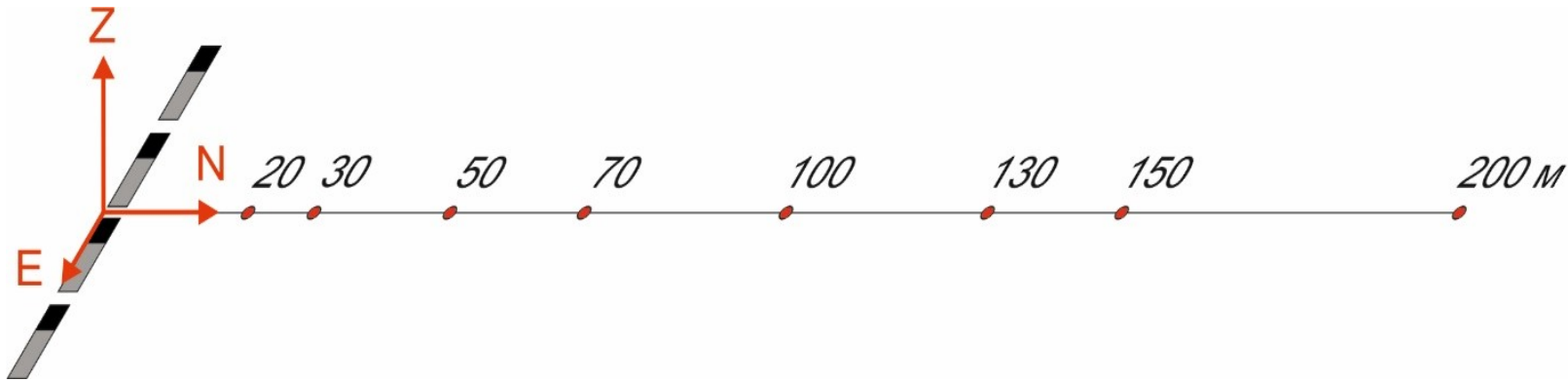
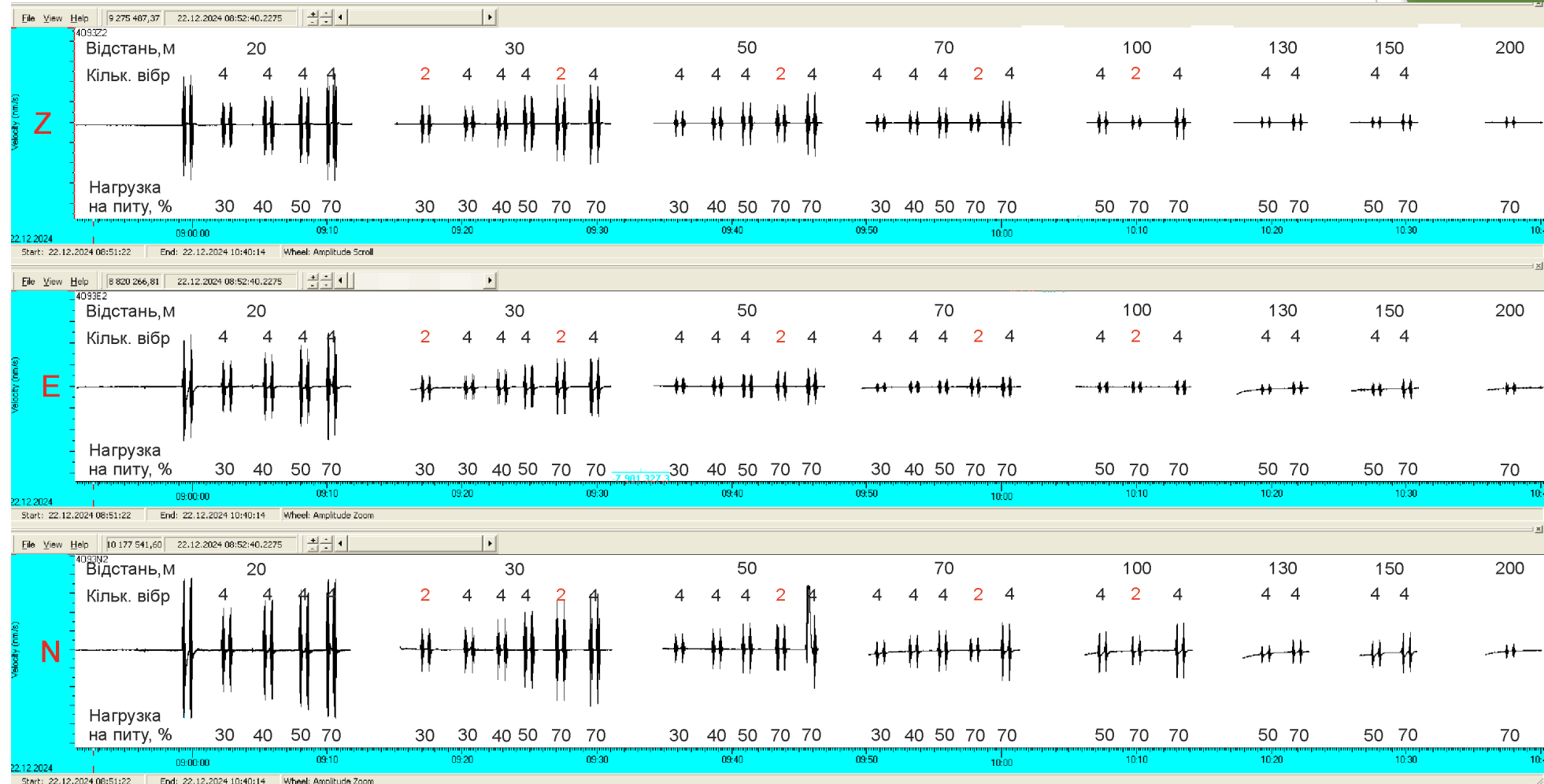


Схема розміщення обладнання на профілі при виконанні дослідних робіт.

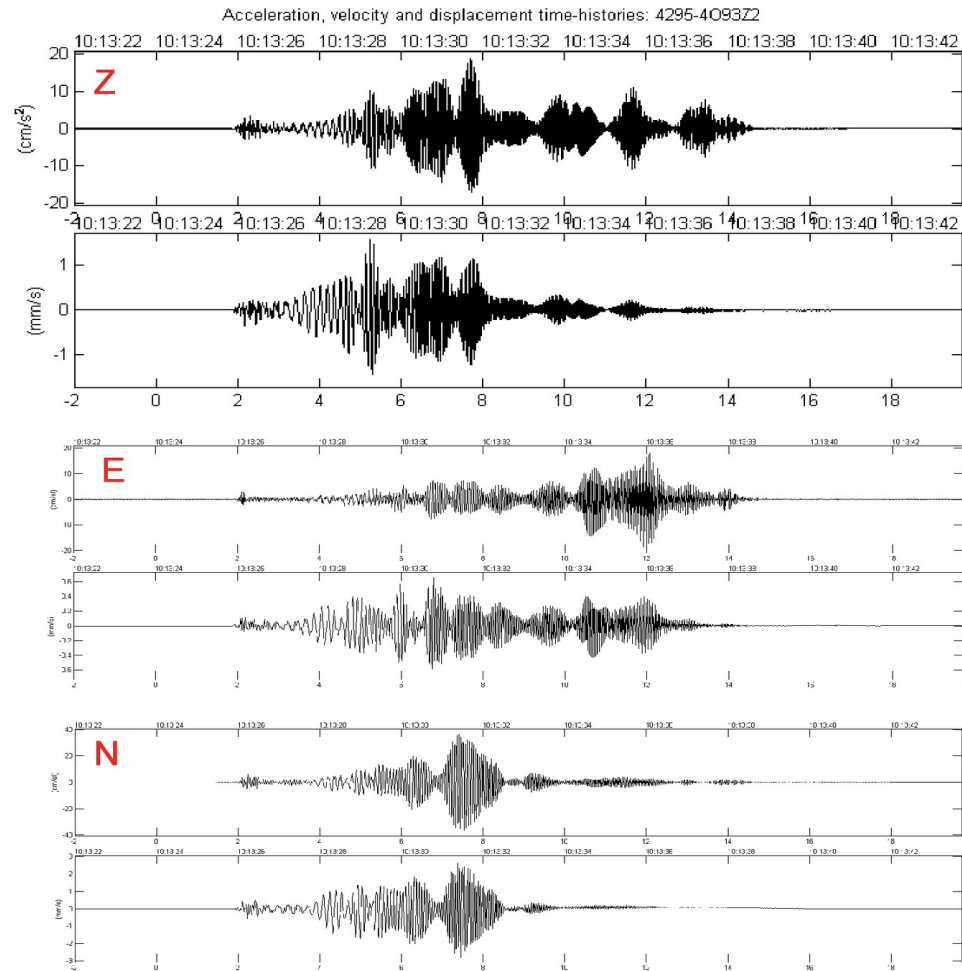
Під час проведення досліджень по визначенню швидкості руху та прискорення, поверхні ґрунту під дією вібраційних та вибухових джерел збудження сейсмічних хвиль використовувались 4 сейсмовібратори **АНВ-IV 362 PLS** як джерело сейсмічних хвиль та сейсмометр GURALP CMG-40TD для вимірювання величини коливання ґрунту. Генерування свіп- сигналів відбувалось з різним навантаженням на плиту – 30, 40, 50, 70%. Відстань між групою вібраторів і сейсмометром GURALP була – 20, 30, 50, 70, 100, 130, 150, 200 метрів. Вимірювання відбувалось по трьом компонентам (коливання точки поверхні ґрунту у тривимірному просторі) – Z, N, E. Вектор N співпадав з лінією профіля дослідження

## Методика проведення робіт по вивченню хвильового поля сейсмовібраторів.



Польові трикомпонентні записи швидкості руху поверхні ґрунту в точках спостереження на лінії профіля.

## Методика проведення робіт по вивченню хвильового поля сейсмовібраторів.

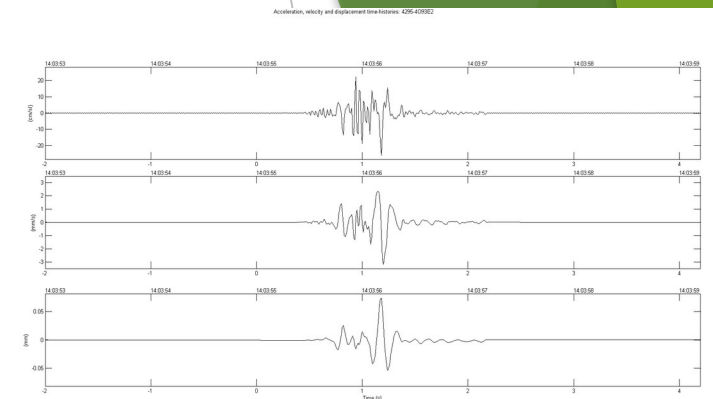
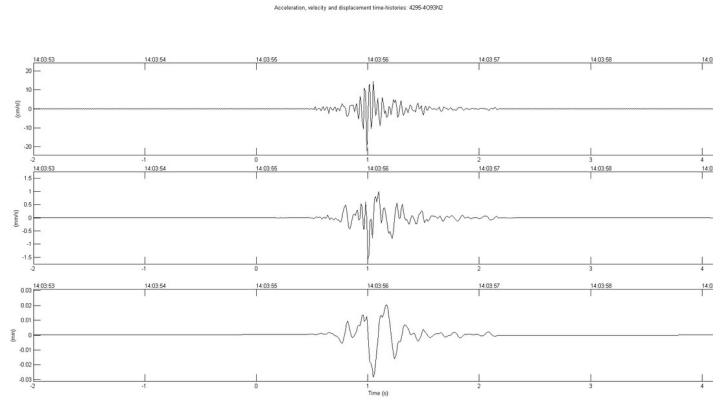
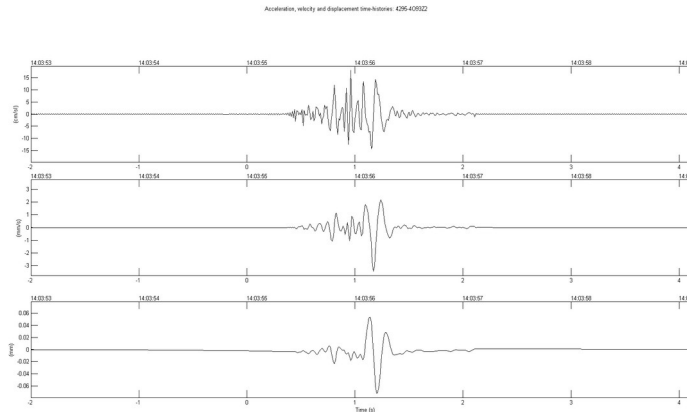


Прискорення та швидкість руху поверхні ґрунту на відстані 100 метрів від сейсмовібраторів.

|   | № п/п | Від-стань | forse | Vibr | Швидкість руху поверхні ґрунту, (мм\с) |      |      | Прискорення руху поверхні ґрунту, (мм\с²) |        |        |
|---|-------|-----------|-------|------|----------------------------------------|------|------|-------------------------------------------|--------|--------|
|   |       |           |       |      | Z                                      | N    | E    | Z                                         | N      | E      |
| 1 | 1     | 20        | 30    | 4    | 2.00                                   | 3.57 | 2.03 | 67.24                                     | 94.30  | 59.52  |
|   | 2     |           | 40    | 4    | 2.68                                   | 4.32 | 2.53 | 85.18                                     | 117.03 | 79.84  |
|   | 3     |           | 50    | 4    | 3.40                                   | 5.04 | 3.00 | 100.58                                    | 140.64 | 95.53  |
|   | 4     |           | 70    | 4    | 4.91                                   | 6.83 | 4.46 | 135.36                                    | 158.90 | 106.80 |
| 2 | 5     | 30        | 30    | 2    | 1.64                                   | 2.32 | 1.27 | 27.24                                     | 29.88  | 27.64  |
|   | 6     |           | 30    | 4    | 1.61                                   | 2.31 | 1.51 | 22.68                                     | 45.87  | 28.28  |
|   | 7     |           | 40    | 4    | 2.15                                   | 3.07 | 1.63 | 30.97                                     | 59.22  | 36.81  |
|   | 8     |           | 50    | 4    | 2.65                                   | 3.88 | 1.95 | 43.14                                     | 72.67  | 45.14  |
|   | 9     |           | 70    | 2    | 3.41                                   | 5.33 | 2.58 | 68.35                                     | 74.47  | 60.14  |
|   | 10    |           | 70    | 4    | 3.91                                   | 5.76 | 3.01 | 65.82                                     | 93.95  | 67.38  |
| 3 | 11    | 50        | 30    | 4    | 1.17                                   | 1.16 | 0.59 | 14.16                                     | 18.08  | 20.65  |
|   | 12    |           | 40    | 4    | 1.59                                   | 2.14 | 0.73 | 19.43                                     | 24.11  | 24.81  |
|   | 13    |           | 50    | 4    | 2.05                                   | 2.72 | 0.95 | 24.48                                     | 30.06  | 29.75  |
|   | 14    |           | 70    | 2    | 1.73                                   | 2.48 | 1.10 | 26.70                                     | 49.42  | 41.55  |
|   | 15    |           | 70    | 4    | 2.93                                   | 3.84 | 1.47 | 35.24                                     | 39.49  | 37.74  |
| 4 | 16    | 70        | 30    | 4    | 0.79                                   | 1.28 | 0.39 | 11.18                                     | 15.33  | 10.14  |
|   | 17    |           | 40    | 4    | 1.08                                   | 1.73 | 0.50 | 15.21                                     | 18.99  | 13.97  |
|   | 18    |           | 50    | 4    | 1.37                                   | 2.27 | 1.11 | 19.20                                     | 23.34  | 17.14  |
|   | 19    |           | 70    | 2    | 0.95                                   | 1.33 | 0.64 | 17.55                                     | 15.62  | 21.06  |
|   | 20    |           | 70    | 4    | 2.01                                   | 3.08 | 0.88 | 28.93                                     | 32.00  | 22.91  |
| 5 | 21    | 100       | 50    | 4    | 1.11                                   | 2.13 | 0.52 | 13.04                                     | 27.70  | 14.86  |
|   | 22    |           | 70    | 2    | 0.67                                   | 1.57 | 0.53 | 8.40                                      | 20.28  | 14.03  |
|   | 23    |           | 70    | 4    | 1.56                                   | 2.27 | 0.74 | 18.67                                     | 29.94  | 18.95  |
| 6 | 24    | 130       | 50    | 4    | 0.52                                   | 0.95 | 0.45 | 5.71                                      | 9.54   | 5.84   |
|   | 25    |           | 70    | 4    | 0.73                                   | 1.26 | 0.66 | 8.82                                      | 13.21  | 7.92   |
| 7 | 26    | 150       | 50    | 4    | 0.53                                   | 1.50 | 0.58 | 7.34                                      | 17.16  | 14.40  |
|   | 27    |           | 70    | 4    | 0.77                                   | 2.14 | 0.81 | 10.54                                     | 25.13  | 21.01  |
| 8 | 28    | 200       | 70    | 4    | 0.52                                   | 0.87 | 0.56 | 5.46                                      | 7.37   | 8.07   |

Прискорення та швидкість руху поверхні ґрунту під дією сейсмовібраторів.

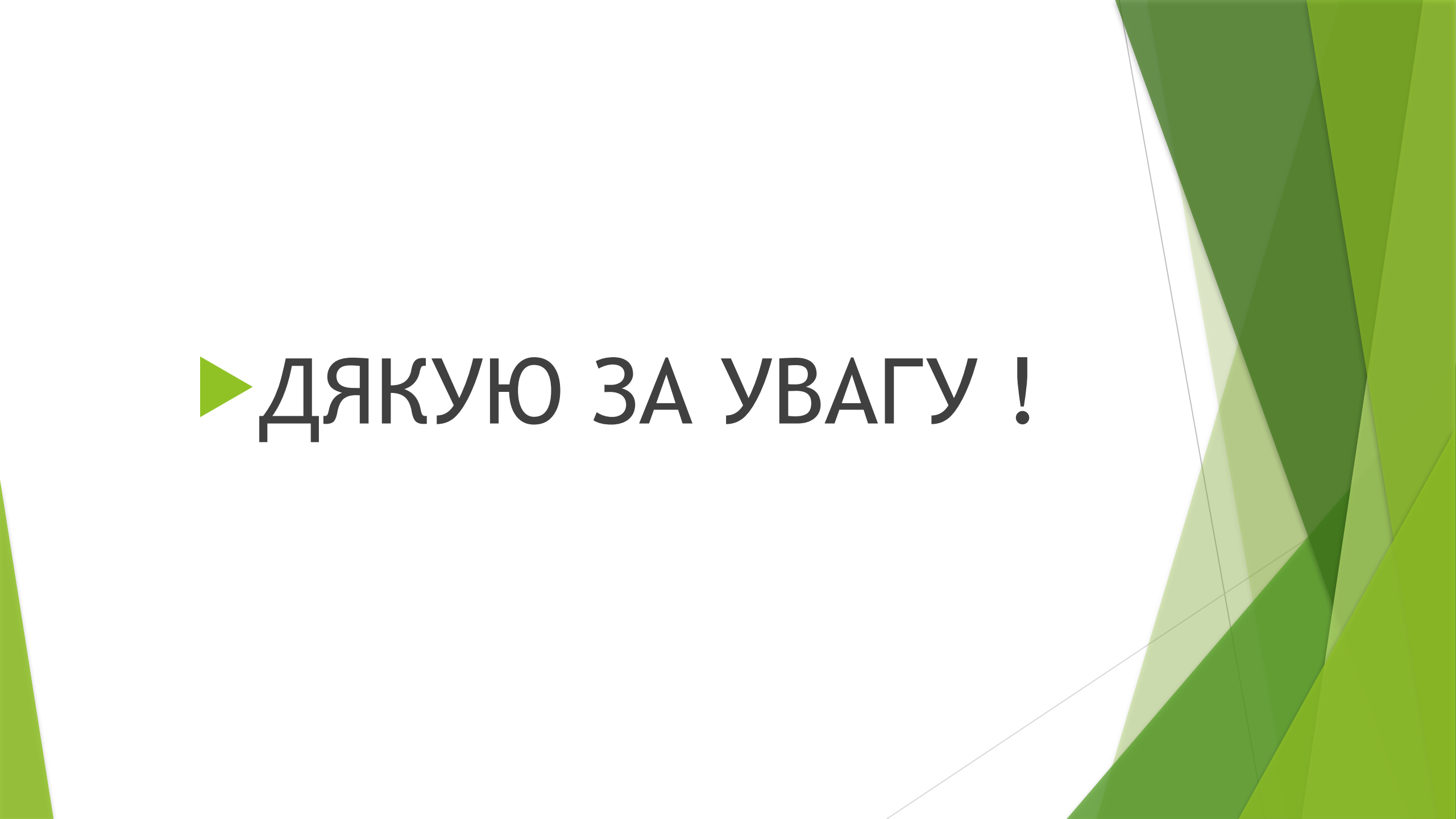
# Визначення прискорення та швидкість руху поверхні ґрунту викликаних вибухами



Компоненти Z, N, E прискорення, швидкості та амплітуди коливання поверхні ґрунту від вибуху №2.

|   | №<br>п/п | Від-<br>стань,<br>м | Швидкість руху поверхні<br>ґрунту, (мм\с) |      |      | Прискорення руху поверхні<br>ґрунту, (мм\с²) |       |       |
|---|----------|---------------------|-------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------|-------|-------|
|   |          |                     | Z                                         | N    | E    | Z                                            | N     | E     |
| 1 | 1        | 100                 | 4.45                                      | 4.37 | 4.15 | 24.20                                        | 29.17 | 27.81 |
|   | 2        |                     | 3.41                                      | 1.59 | 3.17 | 18.01                                        | 22.12 | 25.81 |

Прискорення та швидкість руху поверхні ґрунту під дією хімічних вибухів.

The background features abstract, overlapping green geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green, creating a modern, layered effect. The shapes are concentrated on the right and bottom edges, leaving the center mostly white.

► ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !