

М.В. Корнієнко, к.т.н., професор

В.І. Поліщук, інженер

Київський національний університет будівництва та архітектури

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИЯВЛЕННЯ НЕСТІЙКИХ ДІЛЯНОК ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ ЗА ПРИРОДНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Запропоновано методику геофізичного виявлення нестійких ділянок ґрунтової основи та масиву гірських порід з використанням природного імпульсного поля Землі, наведено приклади її застосування.

Ключові слова: *природне імпульсне електромагнітне поле, напружений стан ґрунту, стійкість ґрунтової основи.*

Н.В. Корниенко, к.т.н., профессор

В.И. Полищук, инженер

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫХ УЧАСТКОВ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПО ЕСТЕСТВЕННОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Предложена методика геофизического обнаружения неустойчивых участков ґрунтового основания и массива горных пород с использованием естественного импульсного электромагнитного поля Земли, приведены примеры ее использования.

Ключевые слова: *естественное импульсное электромагнитное поле, напряженное состояние ґрунта, устойчивость ґрунтового основания.*

M.V. Korniyenko, Ph.D.

V.I. Polishchuk, Engineer

Kyiv National University of Building and Architecture

ABOUT POSSIBILITY TO INDICATE THE UNSTABLE SOIL BASE BY NATURAL ELECTROMAGNETIC EMANATION

The techniques of geophysical detection of unstable areas soil foundation and the rock mass by natural electromagnetic emanation are proposed. Examples of apply are shown.

Keywords: *natural impulse electromagnetic field, unstable soil base.*

Вступ. Одним із геофізичних неруйнівних методів контролю ґрунтових масивів є метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) [1, 2]. В основі його застосування – залежність електромагнітної емісії гірських порід від їх напруженого стану. Одна з перешкод застосування методу в інженерних дослідженнях полягає в значно менших об'ємах гірських порід, коли зміни щільності електромагнітного випромінювання, викликані розущільненням порід, знаходяться в межах шумів реєстрованих сигналів.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Оскільки природне випромінювання має шумовий характер, для поліпшення чутливості доцільними є статистичні методи, зокрема метод рангової кореляції

Фрідмана [3]. Він дозволяє ефективно виявити слабкі електромагнітні сигнали на фоні довільно розподілених перешкод. Чим більше значення статистики Фрідмана, тим більша математично обґрунтована ймовірність виявлення сигналу в породі, а за однакових умов – тим міцніша порода. Останнє твердження є наслідком відкритого в 70-х роках минулого століття явища механоелектричних перетворень у породах [4]. Зокрема, при статичному випробуванні палі ми встановили пропорційну залежність щільності (інтенсивності) ПЕМПЗ від напруження ґрунтової основи в межах пружної деформації ґрунтів [8].

Оскільки фіксоване електромагнітне випромінювання на земній поверхні є сумішшю випромінювання порід, атмосферного, сонячного й індустриального з добовим, місячним та річним трендами, це вимагає ретельності при польових дослідженнях. Для врахування зміни шумового фону, зокрема, використовують варіаційні прилади (станції), розташовані на безаномальних ділянках, синхронізовані в часі з робочими приладами.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми/постановка завдання/досліджень. У сучасних системах контролю небезпечних геологічних процесів застосовується автоматизація збору, обробки та передачі даних [5, 6]. Проте рівень шумів, що приходять зовні, на досліджуваній ділянці змінюється і залежить від наявності та характеру підземних аномалій, які вносять свою частку в зміну реєстрованої щільності електромагнітного фону і можуть також використовуватися в електророзвідці.

Основний матеріал і результати. У нижченаведених прикладах реєстрація ПЕМПЗ виконувалася радіохвильовим індикатором напружено-деформованого стану порід РХІНДС-П-03, що реєструє щільність випромінювання за магнітною складовою електромагнітного поля в імпульсах за секунду в смузі 2 – 50 кГц із застосуванням феритової антени. Вона орієнтується в горизонтальній площині у двох взаємно-ортогональних напрямках.

В умовах гірського Криму підземна вода найчастіше розповсюджується по тріщинах у породах. Результати пошуку місця облаштування водозабору на приватній ділянці в смт Виноградне, що розташоване вище м. Ялти за рельєфом, ілюструє рис. 1. Графік статистики Фрідмана для щільності ПЕМПЗ, осередненого приладом за час вимірювань 1 хвилина при кожній експозиції антени, має мінімум на ділянці від 6 до 11 м вздовж профілю вимірювань, що свідчить про наявність тут розущільнення в породі. Локальний максимум на позначці профілю 8 м може бути проявом збільшення електропровідності посередині розущільнення, наприклад, за рахунок обводнення. Дійсно, облаштована тут свердловина має дебіт 50 л води за годину з глибини 12 м.

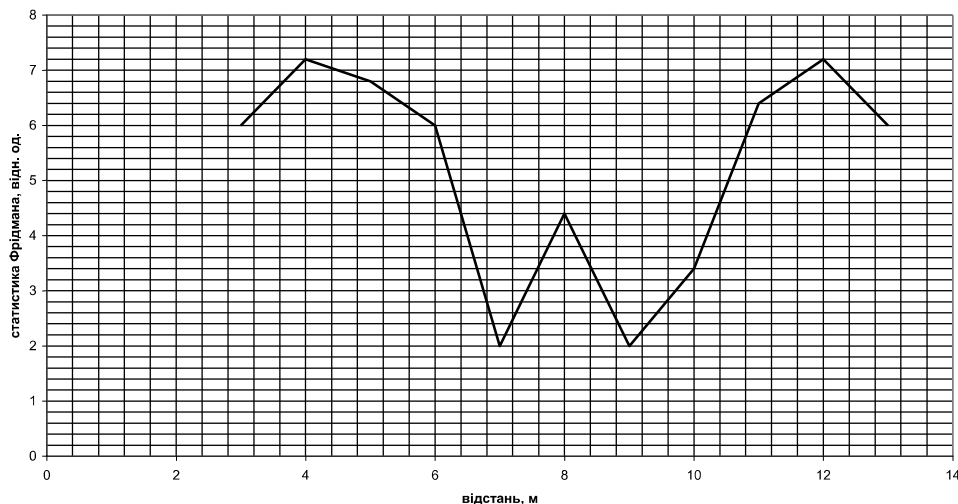


Рис. 1. Графік статистики Фрідмана для щільності ПЕМПЗ при виявленні обводненого розущільнення гірської породи, смт Виноградне, Крим, жовтень 2011 р.

Другий приклад застосування – аварійна семиметрова ділянка фортечного муру Свято-Успенської Києво-Печерської Лаври. Навесні 2013 р. після танення снігу, якого чимало випало взимку, частина муру осіла (рис. 2).



Рис. 2. Розвиток тріщини у фортечному мурі Лаври, липень 2013 р.

Біолокаційно виявлено зону прискореної фільтрації підземної вологи, що перетинає ґрунтову основу аварійної ділянки муру. Імовірно, ця зона й призвела до осідання ґрунту. По обидві сторони муру виконано реєстрацію природного випромінювання з кроком 1 м. У кожній точці провадилось 48 окремих вимірювань з інтервалом 5 с. Виравувалися середня щільність та середнє квадратичне відхилення для чотирьох серій по 12-х окремих вимірюваннях. Для кожного вікна із чотирьох профілів і п'яти пікетів виравувалася статистика Фрідмана для середніх значень щільності та їх середньоквадратичних відхилень, які несуть інформацію про напружений стан порід та їх розущільнення відповідно. Метод Фрідмана дає математично обґрунтовану ймовірність виявлення електромагнітного

сигналу в породі за значенням самої статистики та ковзного вікна [7], що важливо, оскільки при оперуванні лише щільністю випромінювання практично не розв'язується задача: якому значенню напруженого стану породи (нормальному, підвищеному чи розущільненому) відповідає зареєстроване значення щільності ПЕМПЗ? А в цьому випадку «місток» між імовірністю виявлення сигналу і напруженим станом прокладається за допомогою явища механоелектричних перетворень, між ними існує пропорційний зв'язок. Зі зростанням статистики Фрідмана для щільності збільшується ймовірність виявлення електромагнітного сигналу довільної форми в породі, яку можна розглядати як нормовану напруженість породи за вимірюванням ПЕМПЗ, при зростанні механічної напруженості породи.

Профілювання з реєстрацією ПЕМПЗ з обох сторін фортечного муру виявило розущільнення шириною два метри в його ґрунтовій основі в межах аварійної ділянки, яке проявляється мінімумом нормованої напруженості по довжині від 16 до 18 м (рис. 3). Незначна швидкість тріщиноутворення тут на момент вимірювань дає підстави характеризувати це розущільнення як стаціонарну тріщину в ґрунті або ж зону розтягування.

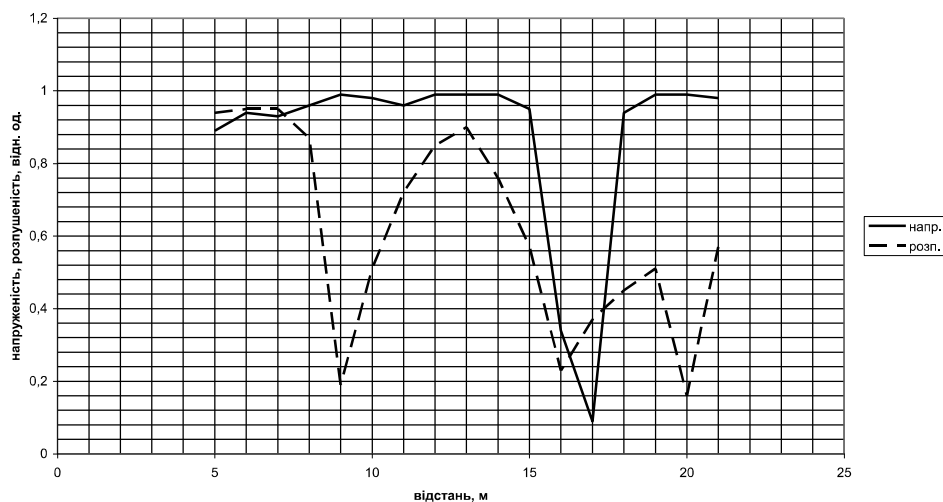


Рис. 3. Графіки нормованих напруженості та розпушеності ґрунтової основи фортечного муру за вимірюванням ПЕМПЗ. Лавра, липень 2013 р.

Тріщина продовжилась і на фортечний мур. Ліворуч, поряд з високою напруженістю (рис. 3), фіксується ділянка з інтенсивним тріщиноутворенням у ґрунтовому масиві, тобто тут відбувається накопичення механічних напружень, що супроводжуються розривами.

Частка від ділення нормованої напруженості на нормовану розпушеність характеризує опір (стійкість) породи R до деформацій. Обидва нормовані параметри вимірюються тим самим приладом і розраховуються за однаковою методикою, тому можна очікувати на незначну похибку. Величина $R > 1$ характеризує стійкі ґрунти. Для нестійких ґрунтів при $R < 1$ графік нормованої розпушеності для них проходить вище

графіка нормованої напруженості. Таким чином, межею стійкості ґрунтів можна вважати значення $R=1$.

Напівлогарифмічний графік стійкості ґрунтів уздовж муру за вимірюванням ПЕМПЗ наведено на рис. 4. Нестійкі ґрунти за ознакою від'ємності $\ln R$ виокремлюються на ділянці в межах 16,2 – 17,8 м.

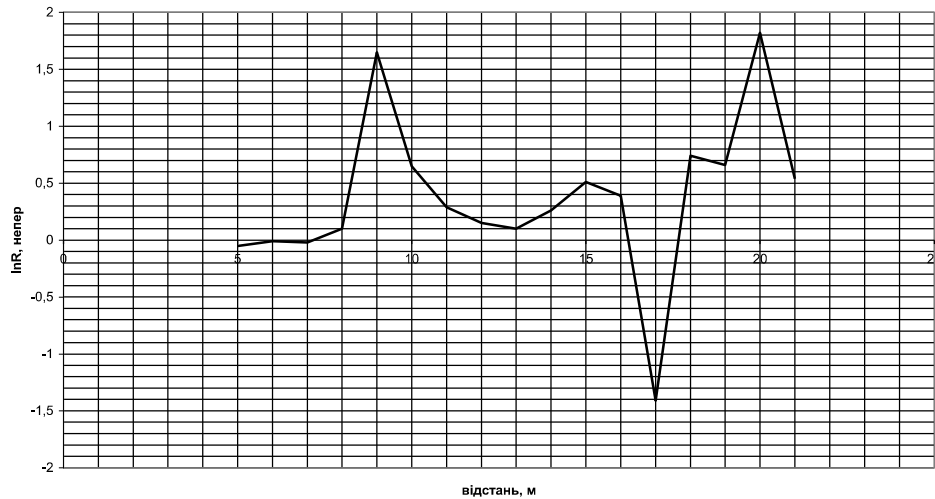


Рис. 4. Графік стійкості ґрунтової основи фортечноного муру за вимірюванням ПЕМПЗ. Лавра, липень 2013 р.

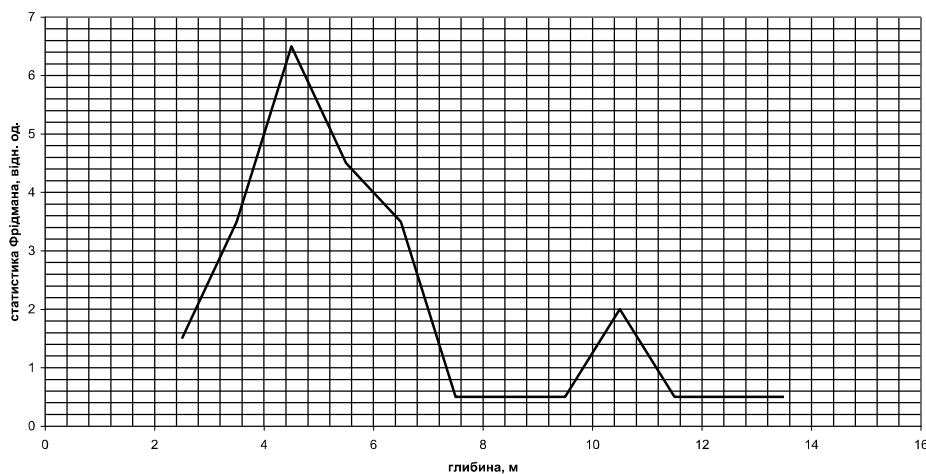


Рис. 5. Графік статистики Фрідмана для щільності при ПЕМПЗ-зондуванні ґрунтової основи фортечноного муру над зоною прискореної фільтрації підземної вологи. Лавра, липень 2013 р.

Поряд з ПЕМПЗ-профілюванням можливе й зондування. На рис. 5 наведено графік такого зондування над зоною прискореної фільтрації підземної вологи, що перетинає ґрунтову основу муру на аварійній ділянці. Максимум статистики Фрідмана для щільності ПЕМПЗ на глибині 4,5 м відповідає глибині покрівлі цієї зони.

Побудовані в 1840-х роках казарми на «Печерському перешийку» в м. Києві нині перебувають під дією зсувних процесів (рис. 6).



Рис. 6. Деформації стін будівлі, викликані нерівномірним осіданням основи, липень 2013 р.

ПЕМПЗ-профілювання над аномальною зоною вздовж північного крила казарми, з боку Дніпра, виявило розущільнення ґрунтів на ділянці профілю по довжині від 8 до 14 м (рис. 7). Поруч на глибині 18 м радіохвильовим зондуванням виявлено дзеркало зсування по зволоженій глині.

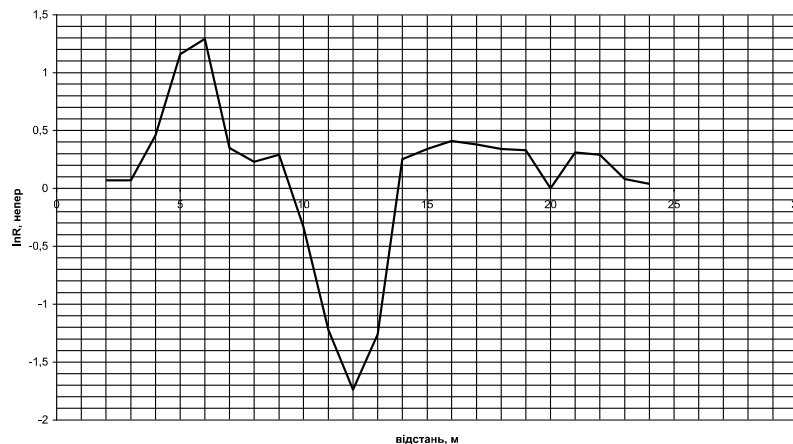


Рис. 7. Графік стійкості ґрунтів основи північного крила комендатури. Київ, вересень 2012 р.

Висновки:

1. Розроблено методику визначення розпушень (розущільнень) у ґрунтових шарах основи. Уведений параметр стійкості R дозволяє порівнювати ступінь розущільнення на різних ділянках одночасно. Можливе виявлення зон прискореної фільтрації підземної вологи, що часто є причиною порушення несучих конструкцій будівель.

2. Зондування основ дозволяє визначити глибину до підземних аномалій.

3. Наведені приклади підтверджують можливість застосування методу ПІЕМПЗ при інженерно-геофізичних дослідженнях основ будівель як самостійно, так і в складі комплексу методів електророзвідки.

Література

1. Пикареня, Д.С. *Опыт применения метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли для решения инженерно-геологических и геологических задач* / Пикареня Д.С., Орлинская О.В. – Днепропетровск: Изд-во «СВИДЛЕР», 2009. – 120 с.
2. Кузьменко, Е.Д. *Дослідження зсувних процесів геофізичними методами* / Кузьменко Е.Д., Безсмертний А.Ф., Вдовина О.П. та ін. – Івано-Франківськ: Івано-Франківський нац. ун-т нафти і газу, 2009. – С. 55 – 74.
3. Дмитриев, В.И. *Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике. Справочник геофизика* / Дмитриев В.И. – М.: Недра, 1990. – 329 с.
4. Воробьев, А.А. *Равновесие и преобразование видов энергии в недрах* / Воробьев А.А. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1980. – 211 с.
5. Богданов, Ю.А. *Аппаратурно-методическое обеспечение метода анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли* / Богданов Ю.А., Бондаренко Н.В., Захаров И.Г., Лойко Н.П., Лукин В.В., Черняков А.М., Чертов О.Р. // *Геофиз. журн.* – К.: 2009. Т. 31, №4. – С. 34 – 43.
6. Ермолаев, С.А. *Комплексная диагностика газотранспортных систем на опасных геологических участках ЛЧ МГ* / Ермолаев С.А., Чичелов В.А., Мостовой А.В., Хасанов Р.Н., Антипов Б.Н., Вазягин С.В., Захаров А.В., Попов А.Н., Задедриголова М.М., Задедриголова М.М. (мл.), Сметанин С.В., Полищук В.И., Викторов А.С., Ерух В.П., Гордеев В.Ф. // *III Международная конференция «Газотранспортные системы: настоящее и будущее»*. – М.: 27–28 октября 2009 г. Тезисы докладов. – С.60 – 61.
7. Большев, Л.Н. *Таблицы математической статистики* / Большев Л.Н., Смирнов Н.В. – М.: Недра, 1965. – С. 228–229.
8. Корнієнко, М.В. *Про можливість оцінки зміни напруженості ґрунтової основи за природним електромагнітним випромінюванням* / Корнієнко М.В., Полищук В.І. // *Зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – Вип. 4 (34). – С.142 – 145.

Надійшла до редакції 08.10.2013

© М.В. Корнієнко, В.І. Полищук