

ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ЧАСТОТ МЕТОДУ ПІЕМПЗ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ РІЗНОГЛИБИННИХ РОЗЛОМІВ

М. В. Штогрин, Т. М. Штогрин

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: Mikolavas@i.ua, vein1353@gmail.com

Подано результати застосування методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ) для дослідження зон тектонічних порушень на території м. Івано-Франківська. Об'єкт дослідження вибрано не випадково, оскільки на досліджуваній території відомо кілька тектонічних порушень та місця їх розташування. Найбільш інформативним є коефіцієнт анізотропії, який усуває аномалії перехід (завад) та підсилює реальні аномалії від геологічних об'єктів. Також доведено, що різні частоти електромагнітного поля несуть інформацію з різних глибин: низькі частоти – більша глибинність дослідження, високі частоти – мала глибина досліджень.

Ключові слова: метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі, тектонічне порушення, частота, коефіцієнт анізотропії.

Приводятся результаты применения метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для исследования зон тектонических нарушений на территории г. Ивано-Франковска. Объект исследования выбран не случайно, так как на исследуемой территории известны несколько тектонических нарушений и места их расположения. Наиболее информативным является коэффициент анизотропии, устраняющий аномалии препятствий (помех) и усиливающий реальные аномалии от геологических объектов. Также доказано, что различные частоты электромагнитного поля несут информацию с различных глубин: низкие частоты – большая глубина исследования, высокие частоты – малая глубина исследований.

Ключевые слова: метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли, тектоническое нарушение, частота, коэффициент анизотропии.

The application results of the measurement method of the Earth's natural pulsed electromagnetic field (ENPEMF) for the study of tectonic fault zones on the territory of Ivano-Frankivsk. The subject of research was not chosen by chance, as there are several known tectonic fault zones and their locations on the territory under study. The anisotropy factor is the most informative; it eliminates anomalies of obstacles (interferences) and enhances real anomalies of geological objects. It was also proved that different frequencies of electromagnetic field carry information from different depths: low frequency – large depth study, high frequency – low depth study.

Key words: measurement method of the Earth's natural pulsed electromagnetic field, tectonic fault, frequency, anisotropy factor.

Актуальність роботи. Тектонічні порушення (зсуви, карсти) обумовлюють цілий ряд небезпек та ризиків для життя населення на окремих районах та територіях. У зв'язку з цим обґрунтування ефективності застосування для діагностування вище вказаних процесів нових геофізичних методів, зокрема методу природного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ), є актуальною задачею.

Як відомо, метод ПІЕМПЗ широко застосовується для оконтурення зон екзогенних геологічних процесів, виявлення геопатогенних зон [1]. В комплексі метод геофізичних поверхневих досліджень є базовим для визначення напружено-деформованого стану в геологічних розрізах окремих територій. Параметри електромагнітного поля реєструють шляхом дистанційного вимірювання поблизу досліджуваної поверхні. В даному методі використовуються частоти майже звукового діапазону 2 – 50 кГц. Гірські породи, які перебувають у стані механічного напруження, випромінюють імпульси електромагнітного поля, яке накладається на природне імпульсне електромагнітне поле Землі, викликаючи варіації (зміну поля в часі). Аномальні зміни ПІЕМПЗ спостерігаються пе-

ред руйнуванням гірських порід під дією механічного напруження, коли активно формуються мікро- і макropорушення суцільних гірських порід. Теоретично метод природного електромагнітного поля Землі обґрунтовано в роботах О. О. Воробйова [2]. В свою чергу, С. П. Ковальчук детально описав застосування методу ПІЕМПЗ та результати обробки на зсувах та при пошуку катакомб в Одесі [3].

Аналіз сучасних досліджень. Метод ПІЕМПЗ базується на явищі генерування мінералами-діелектриками електромагнітного напруження. Напруження гірської породи викликає на атомному рівні перетворення механічної енергії в електричну. Професор Воробйов О. О. виявив, що джерело подібного випромінювання проявляється в районах формування тріщин. Це було підтверджено в лабораторних і польових дослідженнях іншими вченими: Р. М. Гольдом, В. М. Сальніковим, М. О. Самохваловим, Л. А. Зацінським, С. Д. Заверткіним, М. В. Коровкіним, Ш. Р. Мостовим під керівництвом професора О. О. Воробйова [2].

Детально даним методом займався В. М. Саломатін [4], який розробив методичні



Рисунок 1 – Фрагмент карти м. Івано-Франківська з тектонічними розломами

рекомендації щодо застосування, проведення та обробки польових даних. Також метод ПЕМПЗ випробуваний і застосовується для оконтурення підземних галерей, шахтних виробіток, карстових провалів [5]. В.Д. Чебан [6] застосовував метод ПЕМПЗ при дослідженні напружено-деформованого стану порід на зсувонебезпечних ділянках Закарпаття.

Невирішена проблема. Для пошуків зон тектонічних порушень метод ПЕМПЗ на різних частотах раніше не використовувався. Вирішено випробувати даний метод для визначення зон тектонічних порушень в районі р. Бистриця Солотвинська на території м. Івано-Франківська.

Мета роботи. Обґрунтування та встановлення ефективності застосування методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі для виявлення зон тектонічних порушень.

Об'єкт дослідження. Поперечні тектонічні розломи, що розташовані в районі р. Бистриця Солотвинська вздовж вулиць Набережна та Надрична у м. Івано-Франківськ (див. рис. 1).

Завдання роботи. Виконати геофізичні дослідження ділянок можливих тектонічних порушень (зсувів, карстів) методом природного

імпульсного електромагнітного поля Землі з використанням широкого діапазону частот та різних коефіцієнтів підсилення вимірювальних сигналів. Обробка польових даних та зіставлення отриманих результатів із відомими зонами розломів.

Згідно з [7] на території м. Івано-Франківська наявні 8 тектонічних порушень (розломів): 1 - Вовчинецький; 2 - Станіславсько-Коршівський; 3 - Журавненський; 4 - Княгининський; 5 - Бистрицько-Солотвинський; 6 - Підлузький; 7 - Микитинецький; 8 - Хриплинський.

Для реалізації поставленого завдання було апробовано нову апаратуру – радіохвильовий індикатор напружено-деформованого стану «РХІНДС-3М».

Апаратура дає можливість проводити безперервний запис сигналу за профілем. Технічні характеристики приладу забезпечують реєстрацію щільності потоку ПЕМПЗ (кількість імпульсів за секунду) в діапазоні частот 2 – 50 кГц при частоті випромінювання 0 – 10000 імп/с. Коротка технічна характеристика даного приладу – індикатор «РХІНДС-3М» дозволяє визначати щільність потоку імпульсів і рівень напруженості ПЕМПЗ за таких умов:

1 Нижній поріг дискримінації імпульсного електромагнітного поля Землі за напруженням магнітної складової, яка не перевищує $1,5 \cdot 10^{-5}$ А/м.

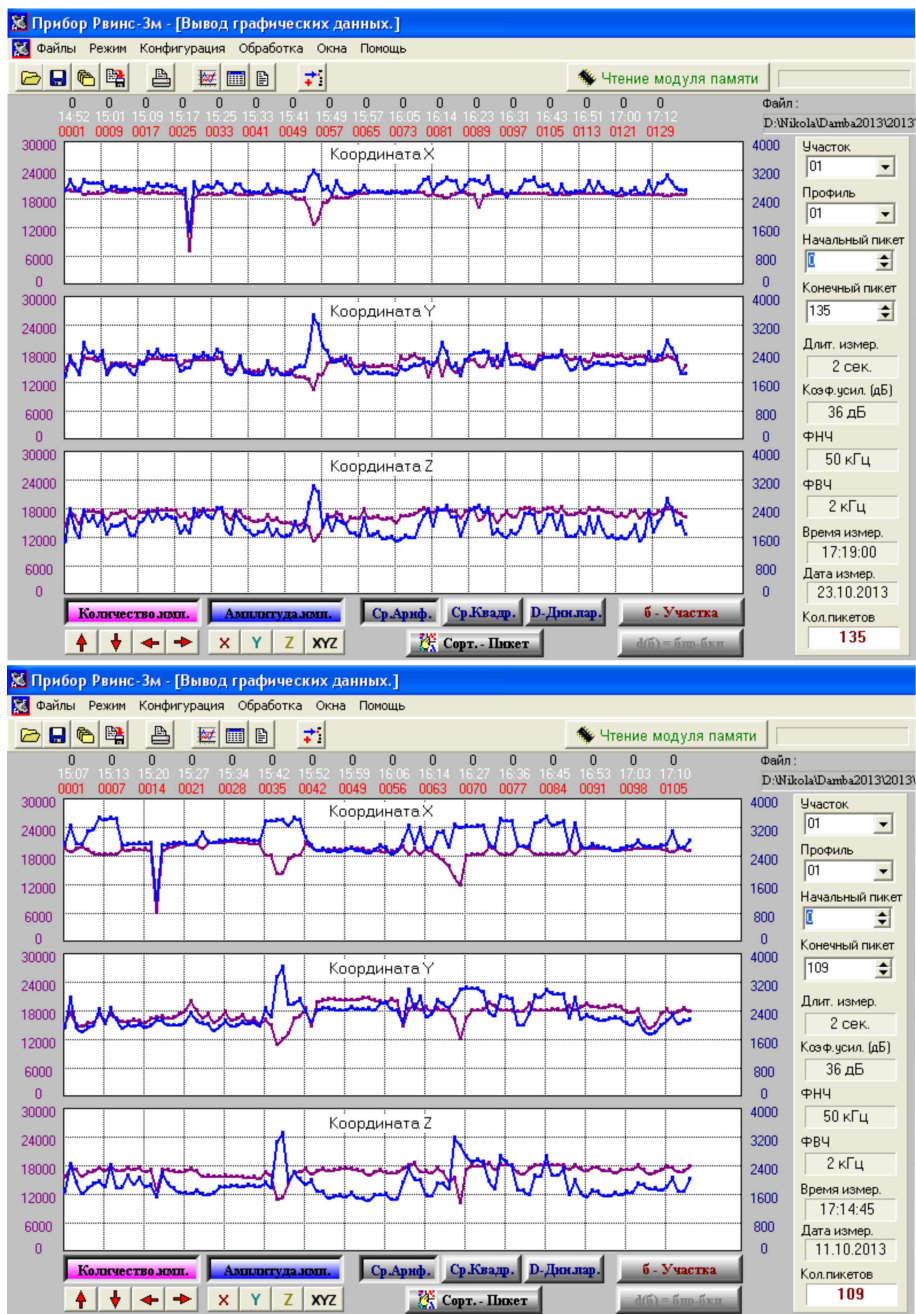


Рисунок 2 - Польові графіки ПЕМПЗ на частотах 2-50 кГц (зйомка в 2013 р.)

2 Частоти імпульсів електромагнітного поля Землі в діапазоні від 2 ± 1 кГц до 50 ± 5 кГц.

Загальним недоліком даного приладу є зниження якості польового матеріалу, вимірюного при температурі -20°C , а також неможливість виконання польових робіт під час атмосферних опадів у вигляді дощу, снігу, при грозових розрядах.

При виконанні польових досліджень усі реєстровані параметри (час дискретизації, діапазон чутливості, напрям антен) залишались однаковими.

Основна частина. Метод ПЕМПЗ обрано через можливість проводити режимні спостереження. Так, у 2013 році виконано спостереження на одних і тих же пікетах дамби вздовж

річки Бистриця Солотвинська (11.10.2013, 23.10.2013). Результати зйомки відображено у числовому та графічному форматах. Для наочності відображення результату на графіках (рис. 2) представлено кількість імпульсів в точках виміру (ліва шкала) та амплітуда сигналу (права шкала). Як бачимо, графіки в обох випадках ідентичні – різняться лише амплітудою.

Математичні розрахунки та графічну побудову виконували комп'ютерними методами обробки даних за допомогою спеціальних програм (для оброблення результатів використовували *Microsoft Excel* версії 2007, для графічних побудов – *CorelDraw* версія 14 та *Surfer* версія 09). За отриманими результатами були побудовані графіки розподілу значень інтенсивності ПЕМПЗ.

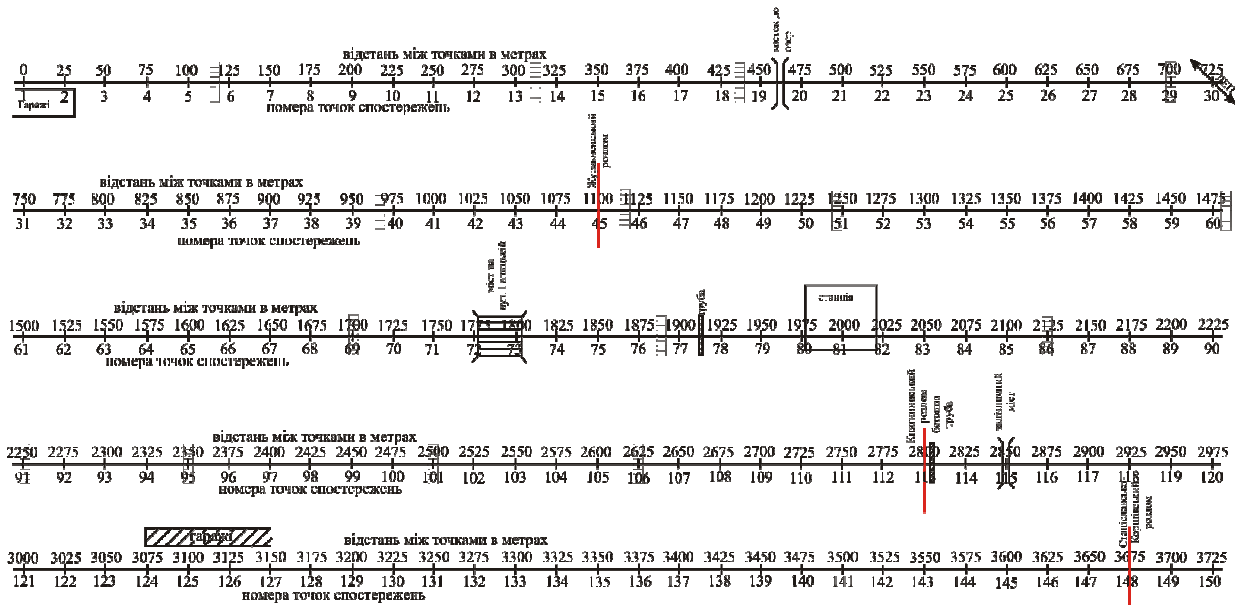


Рисунок 3 – Схема розташування точок геофізичних спостережень

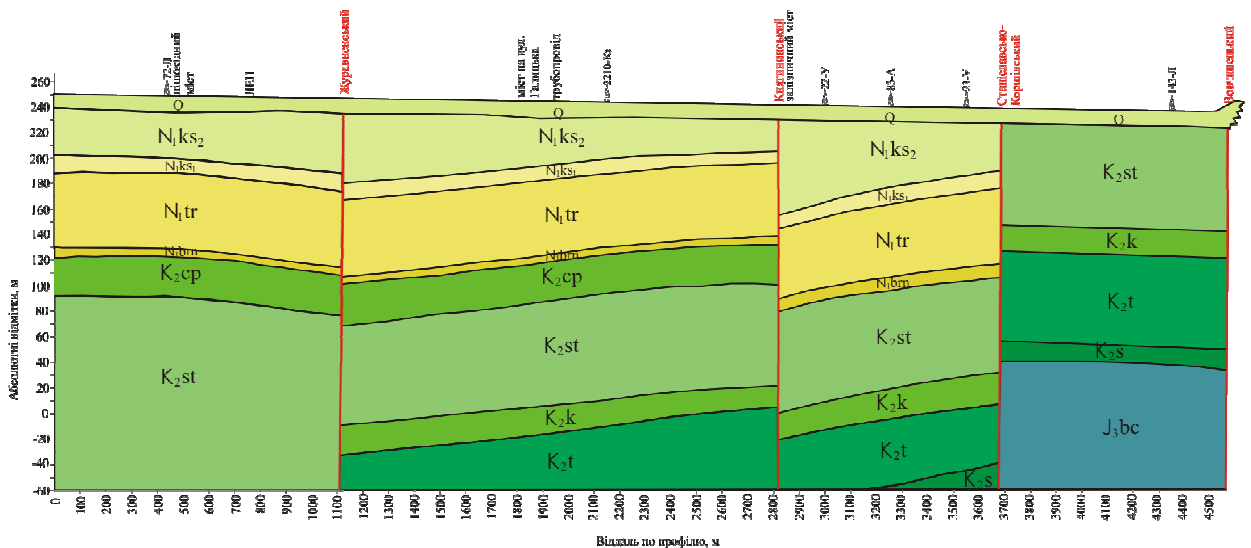


Рисунок 4 – Геологічний розріз за профілем досліджень

Збільшення значення інтенсивності відображає більш напружений стан гірських порід. На графіках (рис. 2) екстремальні (найбільші) значення перевищують фонові майже в 2-3 рази. Тобто масив гірських порід в аномальних зонах загалом відноситься до слабконапруженого або помірно напруженого.

У 2015 році польові дослідження виконано двома приладами одночасно: один знаходився на контрольному пункті (КП) за межами ділянки досліджень, де здійснювались виміри варіацій електромагнітного поля; другим приладом проводились виміри на точках профілю з кроком 25 м. Дослідження на КП використовується при обробці даних для відсіювання аномалій ПЕМПЗ, викликаних сторонніми завадами. Польові дослідження проведено тричі. Перший раз – в діапазоні частот 2–50 кГц; другий – діапазон частот становив 2–12 кГц; третій – діапазон частот становив 36–50 кГц.

Схема розташування точок спостережень представлена на рис. 3, а на рис. 4 – відповідно геологічний розріз.

Одне фізичне спостереження – це 5-кратне вимірювання природного імпульсного електромагнітного поля Землі з інтервалом 2 с в заданій смузі частот при трьох положеннях антени (горизонтальні складові (північ, схід) і вертикальна складова), тобто 15 значень інтенсивності поля в кожній точці. Часовий інтервал вимірювання між точками становив 2 хвилини. Виміряні значення інтенсивності поля записували в оперативну пам'ять приладу. Одночасно з вимірюваннями інтенсивності ПЕМПЗ на профілі, другим приладом на КП з інтервалом 2 хвилини вимірювали варіації ПЕМПЗ, які використовували при обробці даних для відсіювання аномалій ПЕМПЗ, викликаних атмосферними, космічними та іншими сторонніми впливами. До сторонніх завад варто віднести



Рисунок 5 – Перешкоди на профілі досліджень

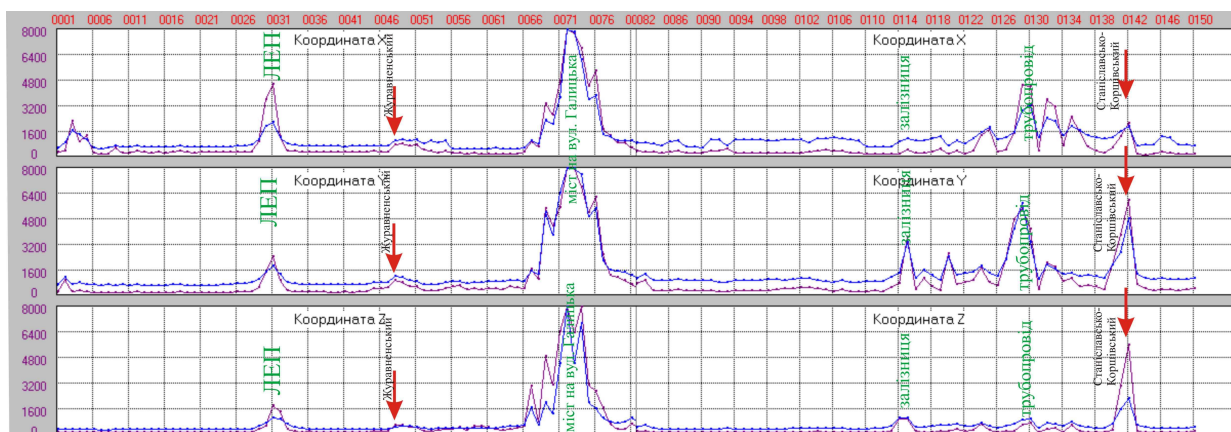


Рисунок 6 – Графіки ПЕМПЗ на інтервалі частот 2-12 кГц

пішохідний міст через р. Бистриця Солотвинська, лінію електропередач, міст на вул. Галицькій, водопровід через річку, залізничний міст та трубопровід (див. рис. 5).

За отриманими результатами були побудовані графіки розподілу значень інтенсивності ПЕМПЗ, що були виміряні на різних частотах. На рис. 6 зображено графіки ПЕМПЗ, виміряні на частотах 2-12 кГц. Аномалії від завод різного роду виділяються на таких пікетах: 31 – лінія електропередач, 71 – міст на вул. Галицькій, 114 – залізничний міст, 130 – трубопровід. На 142 пікеті (вказано стрілкою) – аномалія від

Станіславсько-Коршівського розлому (для порівняння розташування розломів – див. рис. 1).

Результати вимірювань на тих самих пікетах при частотах 36-50 кГц зображено на рис. 7. Бачимо повторення тих же аномалій від завод, що і при вимірюваннях на частотах 2-12 кГц, але додалася аномалія на пікеті 80, яка відображає водопровід, що проведений до мікрорайону Пасічна. На пікеті 97 (позначено стрілкою) виділяється аномалія, яка пов'язана з Княгининським розломом (для порівняння розташування розломів – див. рис.1).

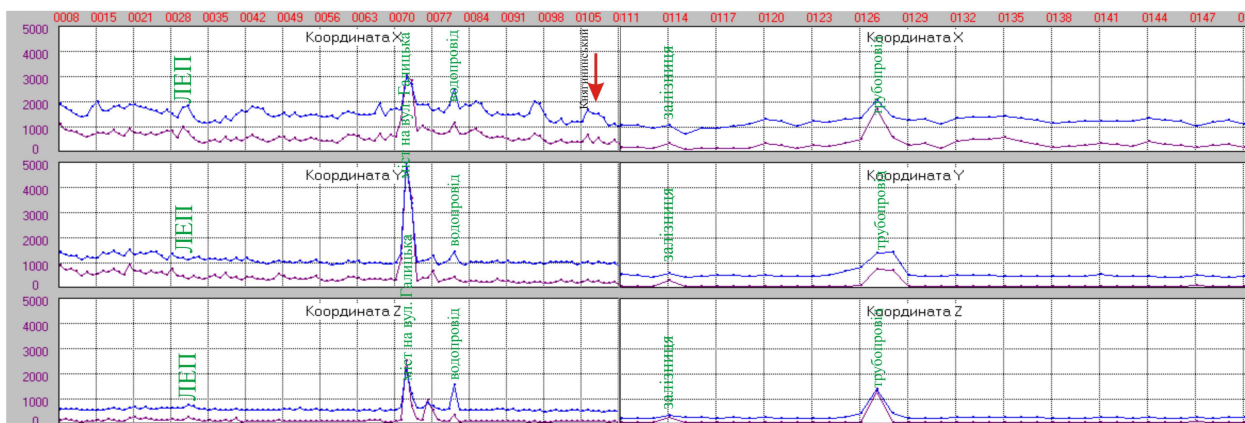


Рисунок 7 – Графіки ПЕМПЗ на інтервалі частот 36-50 кГц

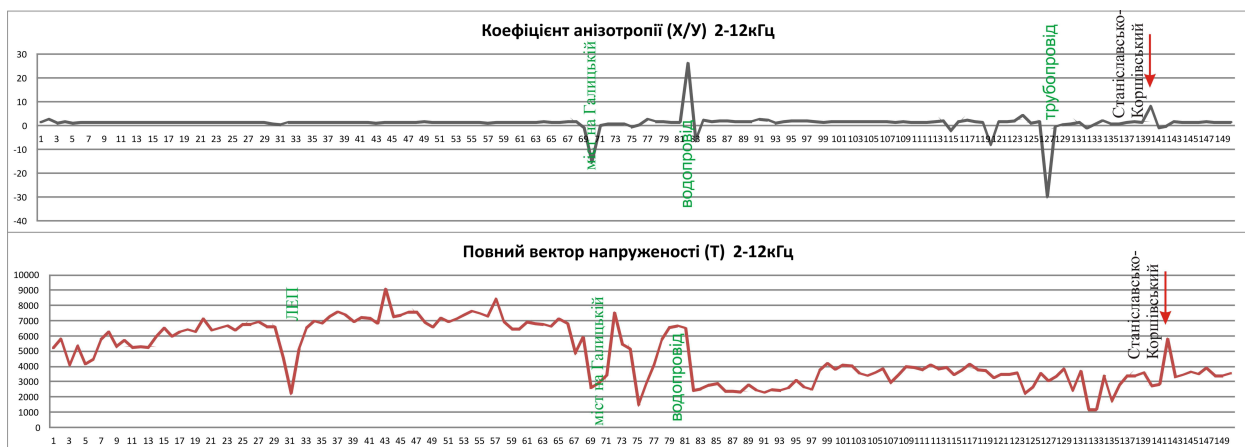


Рисунок 8 – Коефіцієнт анізотропії та повний вектор напруженості для частоти 2-12 кГц

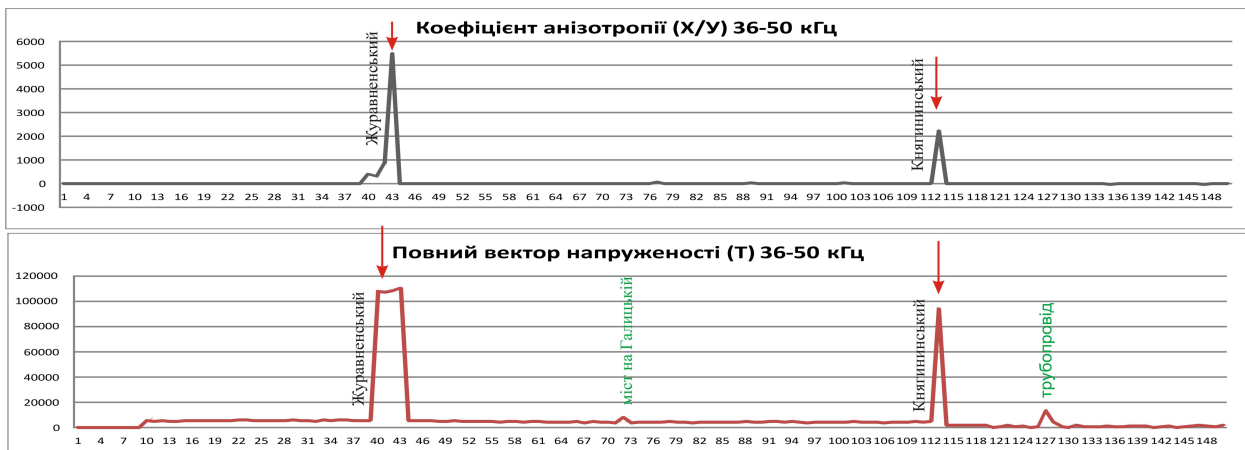


Рисунок 9 - Коефіцієнт анізотропії та повний вектор напруженості для частоти 36-50 кГц

Крім цього, виконано кількісну інтерпретацію. Вона полягала у визначенні повного вектора напруженості за формулою

$$T := \sqrt{(I_x)^2 + (I_y)^2 + (I_z)^2},$$

де I_x - значення інтенсивності вздовж горизонтальної осі X;

I_y - значення інтенсивності вздовж горизонтальної осі Y;

I_z - значення інтенсивності вздовж вертикальної осі Z.

Коефіцієнт анізотропії визначено за формулою

$$\chi := \frac{I_x}{I_y}.$$

Графіки повного вектора напруженості та коефіцієнта анізотропії для частот 2-12 кГц представлено на рис. 8. Стрілкою вказано розташування Станіславсько-Коршівського розлому.

На рис. 9 представлено графіки повного вектора напруженості та коефіцієнта анізотро-

пії для частот 36-50 кГц. Стрілками вказано розташування Журавненського та Княгининського розломів.

Висновки

1. Підтверджена ефективність методу ШЕМПЗ для виділення зон тектонічних розломів.

2. Різні інтервали частот ШЕМПЗ впливають на глибину досліджень (високі частоти – менша глибинність; низькі частоти – більша глибинність).

3. Підтверджено глибинне тектонічне порушення між верхнім баденом та верхньою крейдою (Станіславсько-Коршівський розлом) на частоті 2-12 кГц.

4. Княгининський та Журавненський розломи, що існують у верхньому бадені, підтверджено на частоті 36-50 кГц, тобто вони не є глибинними.

5. Усі інші малоамплітудні аномалії ШЕМПЗ можуть бути пов'язані з давніми прийомами р. Бистриця Солотвинська (р. Млинівка).

Завдання подальших досліджень

Завчасне виявлення зон тектонічних порушень дозволить попередити наслідки екзогенних геологічних процесів таких як карст, зсувів, або постійно моніторити ділянки з надродногосподарськими об'єктами.

Необхідно на кількісному рівні оцінити глибину залягання тектонічних порушень, враховуючи амплітуду сигналу та фізичні властивості гірських порід.

Література

1 Бессмертный А.Ф. Решение инженерно-геологических задач на основании результатов наблюдений естественного импульсного электромагнитного поля Земли / А. Ф. Бессмертный, В. Н. Саломатин // Геофизический журнал. – 1999. – 21, № 1. – С. 119 – 126.

2 Воробьев А. А. Равновесие и преобразование энергии в недрах / А. А. Воробьев. – Томск: изд. Томского университета, 1980. – 211 с.

3 Ковальчук С. П. Поставь свой дом правильно (Практика геофизического метода ЕИЭМПЗ) / С. П. Ковальчук. – Одесса: Черноморье, 2003. – 112 с.

4 Саломатин В. Н. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) [Текст] / В. Н. Саломатин, Ш. Р. Матов [и др.]. – Симферополь, 1991. – 88 с.

5 Кузьменко Е. Д. Результативність геофізичних методів при оконтуренні підземних галерей / Е. Д. Кузьменко, І. В. Крив'юк, М. В. Штогрин // Матеріали наукової конференції «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища». 6-10 жовтня 2008 р. НАН України. Карпатське відділення Інституту геофізики ім. Субботіна. – Львів, 2008. – С. 132-133.

6 Чебан В. Д. Комплекс геофізичних методів прогнозування зсувів на прикладі Закарпаття: автореф. дис... канд. геол. наук: 04.00.22 / Чебан Василь Дмитрович. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2002. – 19 с.

7 Адаменко О. М. Екологія міста Івано-Франківська / О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський [та ін.] – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
03.11.16*

*Рекомендована до друку
професором Федоришиним Д.Д.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)*

*д-ром фіз.-мат. наук Петровським О.П.
(НТК «ДЕПРОЛ ЛТД», м. Івано-Франківськ)*