

В. І. Трегубенко, завідувач відділу (Український державний геологорозвідувальний інститут),

З. П. Косогон, провідний інженер-геофізик (Український державний геологорозвідувальний інститут), zina_pr@ukr.net, ORCID-0000-0002-1860-2515

КОМПЛЕКСНИЙ СЕЙСМОПРОГНОСТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА НА РЕГІОНАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ ПУНКТІВ ЗА 2000–2015 РОКИ

У статті наведено більш як п'ятнадцятирічний досвід наукових досліджень Українського державного геологорозвідувального інституту з безперервного моніторингу варіацій магнітного поля Землі, оперативного збору, опрацювання та комплексного аналізу отриманої інформації для пошуків провісників землетрусів.

Ключові слова: землетрус, варіації магнітного поля Землі, прогноз, Карпатський регіон, магнітуда, вектор Візе.

Територія України характеризується різними ступенями сейсмічної активності. Найсейсмічніше небезпечними є Кримський півострів, Західне Причорномор'я та Карпатський регіон, де можливі місцеві землетруси з інтенсивністю 6–9 балів. Досить часто (1940, 1977, 1986, 1990 рр.) виникають сильні землетруси і в Карпатській зоні Вранча на території Румунії. Велика глибина осередку спричиняє поширення коливань від такого землетрусу майже на всю територію України. У південних областях України транзитні землетруси із зони Вранча можуть викликати руйнівні наслідки. 1986 року сила поштовхів у містах Одесі, Рені, Білгороді-Дністровському, Ізмаїлі досягала 6–7 балів, а в м. Києві – 4–5 балів. Крім того, в Україні констатується велике техногенне навантаження на геологічне середовище (водосховища, видобуток нафти, газу, вугілля, залізних руд, будматеріалів, підземних вод тощо), яке може спричинити виникнення техногенних землетрусів, а істотна активізація екзогенних геологічних процесів (карст, підтоплення тощо) зменшує стійкість

грунтів-основ і збільшує інтенсивність землетрусів на 1–2 бали [2].

Є два види захисту населення від землетрусів – сейсмостійке будівництво, основою якого є сейсмічне районування територій, і прогнозування катастрофічного землетрусу. Спрогнозувати землетрус – значить вказати його місце, час і силу. Це надзвичайно складна наукова проблема, вирішення якої можливе лише за умови широкого розвитку фундаментальних досліджень з проблеми прогнозування землетрусів, систематичного вивчення глибинної будови тектоносфери сейсмоактивних регіонів і створення відповідної системи моніторингу геологічного середовища. Для підвищення надійності та достовірності прогнозу моніторинг потрібно виконувати із застосуванням широкого комплексу геолого-геофізичних методів.

Розроблення надійних методів оцінки сейсмічної небезпеки та методів середньострокового та короткострокового прогнозування руйнівних землетрусів особливо актуально на сучасному етапі розвитку суспільства, коли інтенсивно розбудову-

ють сейсмонезбезпечні області, до того ж з будівництвом особливо небезпечних споруд: атомних електростанцій, хімічних заводів, нафтових терміналів тощо. Своєчасне попередження про сейсмічну небезпеку дасть змогу зменшити кількість жертв і знизити економічні збитки від сейсмічних катастроф. Це проблема світової спільноти і над її вирішенням працюють учені всього світу. На цей час країни світу розробили та впроваджують в практику національні програми з оцінки сейсмічної небезпеки (Японія, Китай, Греція, Туреччина, США та ін.).

Варто зазначити: попри те, що вчені всього світу досліджують цю проблему, нині питання прогнозування землетрусу до кінця ще не вирішене. Вивчено основні глобальні закономірності поширення землетрусів, виділено найнебезпечніші місця, де можуть утворюватися землетруси, але питання – де, коли та якої сили буде конкретний землетрус, дотепер остаточно не вирішене.

За період 1995–1998 років державні органи України розробили низку документів про створення регіональної мережі комплексних сейсмопрогностичних пунктів спостережень, на яких мають виконувати безперервні режимні спостереження за варіаціями геофізичних і гідрогеодеформаційних полів, фізико-хімічних характеристик підземних вод, оперативний збір, опрацювання та комплексний аналіз отриманої інформації для пошуку провісників землетрусів, які загрожують населенню України, технічне переоснащення і подальший розвиток регіональної мережі.

Науково-дослідні роботи виконували фахівці відділу регіональних геофізичних досліджень Головного відділення інституту та відділу регіональних геологічних, інженерно-геологічних і геофізичних досліджень Кримського відділення інституту. Науково-методичне та організаторське керівництво робіт здійснював завідувач відділу регіональних геофізичних досліджень інституту В. І. Трегубенко.

Його великий внесок у розроблення методики та комплексного аналізу мате-

ріалів режимних спостережень, у розробку і втілення спеціального програмного комплексу для цифрового опрацювання великих масивів вхідних даних магнітоваріаційного моніторингу неможливо переоцінити.

Наукові послуги зі спостереження варіацій геофізичних полів надавали фахівці Головного та Карпатського відділень ІГФ НАНУ, підприємства “Кримгеофізика”, “Українська геофізична компанія”, “Балаклеяпромгеофізика”.

Станом на 2010 рік сейсмопрогностичними дослідженнями були охоплені Кримсько-Чорноморський (пункти о. Зміїний, Голуба Затока, Гурзуф, Роздольне, Червоні печери, Севастополь), Карпатський (Нижнє Селище) і Східний (Балаклея) регіони, а також промзона м. Києва (Дніпровський пункт, Димер). У п’яти свердловинах (4 – Крим, 1 – Одеса) проводили спостереження за гідрогеодеформаційним полем Землі і хімічним складом підземних вод (В. І. Трегубенко, М. І. Швірло, З. П. Косогон, 2009). Загальні вимоги до розміщення пунктів сейсмопрогностичного моніторингу та апаратурно-технічного оснащення було виконано.

Варто зазначити, що за період 2011 – початок 2014 рр. через недостатнє фінансування робіт безперервність як геофізичного, так і гідрогеодеформаційного моніторингу на регіональній мережі періодично порушувалась, що істотно знизило ймовірність прогнозу можливої сильною землетрусу на території України. Наступна анексія Кримського півострова призвела до повного припинення сейсмопрогностичних досліджень на цій території силами УкрДГРІ.

Станом на кінець 2015 року дослідженнями був охоплений Карпатський сейсмоактивний регіон – пункти “Тросник” і “Нижнє Селище”, Західночорноморський сейсмоактивний регіон – пункти “Зміїний”, “Степанівка”, а також спостереження на еталонному пункті – міжнародній геофізичній обсерваторії “Димер”. На рис. 1 відображено схему регіональної сейсмопрогностичної мережі України ста-

РЕГІОНАЛЬНА СЕЙСМОПРОГНОСТИЧНА МЕРЕЖА ДЕРЖАВНОЇ ГЕОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

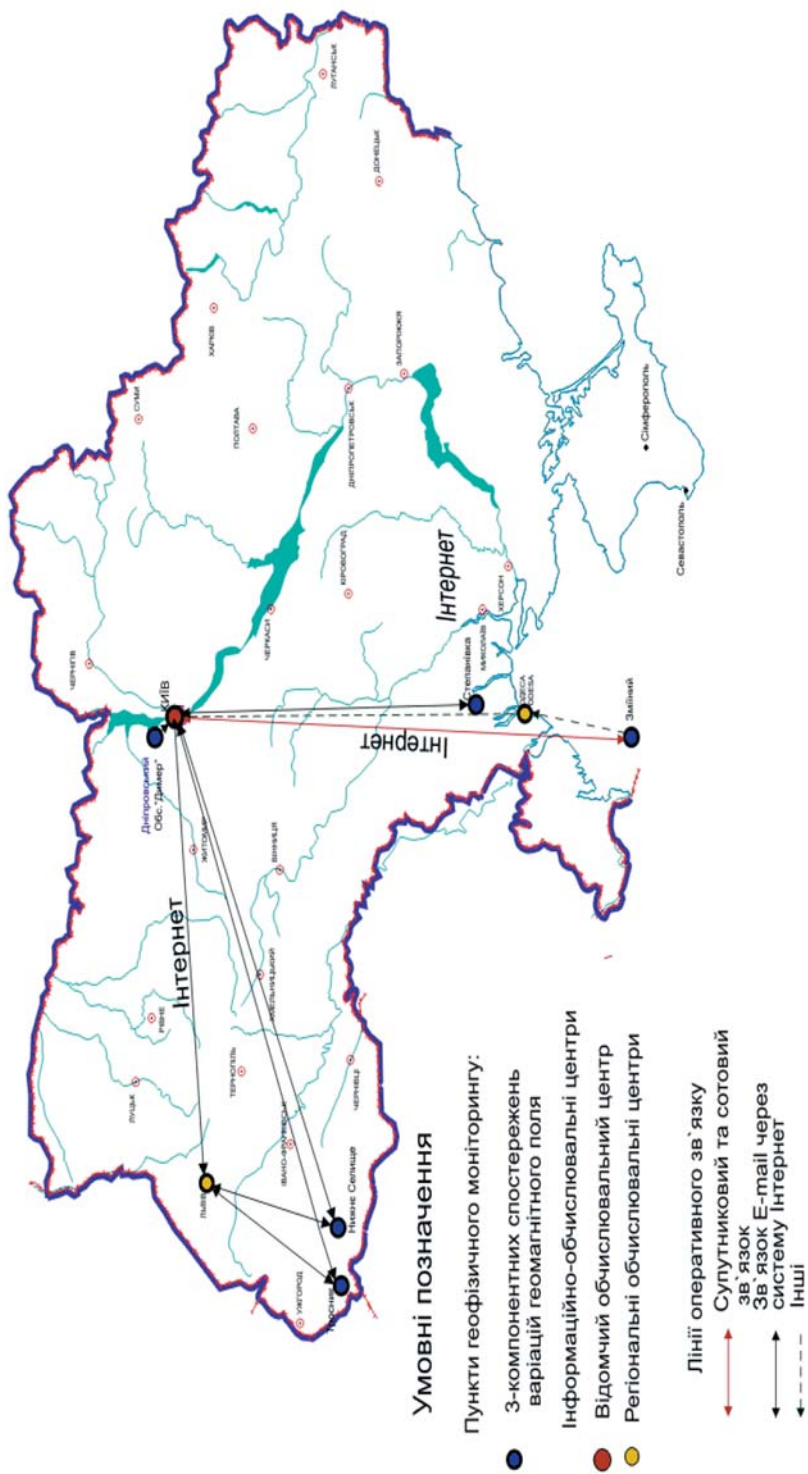


Рис. 1. Схема регіональної сейсмопрогностичної мережі Державної геологічної служби України станом на 2015 рік [3]

ном на кінець 2015 року (З. П. Косогон, 2017).

У результаті аналізу сейсмологічних матеріалів у Карпатському регіоні України виділено три сейсмоактивні зони: 1) Закарпаття, на сейсмічність якого впливають землетруси як власних активних зон, зокрема, Закарпатський, Панонський, Тячівський, Виноградський тектонічні розломи, так і землетруси зони Вранча (Румунія); 2) Буковина, де проявляються руйнівні землетруси з епіцентром Вранча; 3) Передкарпаття, де зареєстровано місцеві землетруси до 6 балів, виникнення яких деякі дослідники пояснюють термальною і сейсмічною діяльністю в зоні планетарного розлому земної кори, зокрема в межах Волино-Поділля.

Окрім цього, учені довели, що на сейсмічність Закарпаття можуть впливати повені, які майже щороку спостерігаються на цій території і призводять до виникнення неабияких зсувів і селевих потоків, які також можуть бути спусковим механізмом землетрусів [2].

Узагалі за період 2010–2015 рр. сейсмічні станції Карпатського регіону України зареєстрували 14 землетрусів енергетичного класу понад 7. Найбільший спад сейсмічної активності припадає на 2012–2013 роки. Найвищі значення сумарної

сейсмічної енергії, що виділилась, спостерігаються за період 2015 року (рис. 2). На території Закарпатської обл. на відстані 120 км від Ужгорода в районі м. Тячева 19.07.2015 р. зафіксовано шість підземних поштовхів з магнітудами 2,3–3,9 за шкалою Ріхтера. Поштовхи відчували в населених пунктах Тячівського району.

У сейсмоактивному районі Вранча в Румунії за 2010–2015 роки зареєстровано приблизно 1215 землетрусів, серед яких 64 землетруси енергетичного класу $K > 12$, $M > 4$. Найбільшу кількість землетрусів зареєстровано 2011 року, найменшу – 2010 року (рис. 3).

Щодо сумарної виділеної енергії по роках, то найбільше значення її зафіксовано у 2014 році за рахунок землетрусів значної потужності. 22.11.2014 року відбувся землетрус з $K = 14,1$ і $M = 5,6$; який відчували на території України й Молдови і був найпотужнішою сейсмічною подією в цьому регіоні після землетрусу 27.10.2004 року ($K = 14,6$).

За останні роки сейсмостанції України, Молдови, Румунії зареєстрували землетруси в районі м. Кривий Ріг, зокрема 14.01.2011 року ($M = 4,0$; глибина гіпоцентру 5 км), 24.06.2013 року ($M = 4,6$; $H = 10$ км). Дослідники [1, 2] вважають, що осередки землетрусів можуть розміщува-

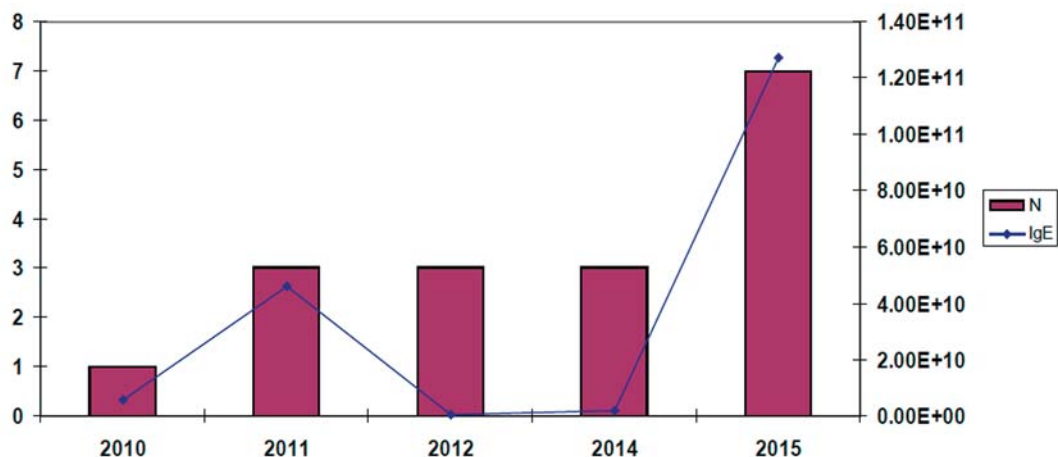


Рис. 2. Розподіл кількості землетрусів (N) і логарифма виділеної енергії (E) за роками на території Карпатського регіону України [3]

тись у зоні Криворізько-Кременчуцького розламу. Він є одним з найбільших за простяганням на щиті і чітко простежується як у геофізичних полях, так і на аерофотознімках. З іншого боку, упродовж майже 200 років у Криворізькому басейні ведеться підземний і наземний видобуток корисних копалин і вибухи, які часто застосовують при цьому, порушують природний стан доквілля, провокують та активізують тектонічні структури. Подібні випадки цілком можливі і в інших промислових регіонах України, де добувають корисні копалини.

Як зазначалося вище, через фінансові негаразди і геополітичні причини в кінці 2015 року відбулось істотне скорочення кількості пунктів спостереження Регіональної сейсмопрогностичної мережі України. Магнітоваріаційний моніторинг виконували на двох пунктах в Карпатському сейсмоактивному регіоні – Тросник і Нижнє Селище, на двох пунктах Західнопричорноморського регіону – Степанівка та о. Зміїний, а також на міжнародній геофізичній станції – Димер (Київ).

Магнітоваріаційні пункти було оснащено сучасними магнітоваріаційними станціями третього покоління ЛЕМАД-018MP і ЛЕМАД-018, які виконували безперервні вимірювання трьох компонент індукції магнітного поля Землі та їхніх варіацій, також атмосферного тиску та температури в польових і лабораторних умовах (В. І. Трегубенко, 2004) [7].

Для цифрового опрацювання даних магнітоваріаційного моніторингу в УкрДГРІ створено спеціальний ексклюзивний програмний комплекс. Він дає змогу оперативно обробляти великі масиви вхідних даних, зареєстрованих магнітоваріаційними станціями серії ЛЕМАД в одному або синхронно в декількох режимних пунктах. До складу програмного комплексу входять такі програми: програма MTZ View, програма Monitoring, програма Vekviz-Corrector, програмна утиліта “Побудова індукційних векторів”. Розробниками цих програм є А. А. Галюк і В. І. Трегубенко. Крім того, розроблено програму PRC-RRM – розробники І. М. Варенцов, М. Г. Голубев, О. Ю. Соколова (Об’єд-

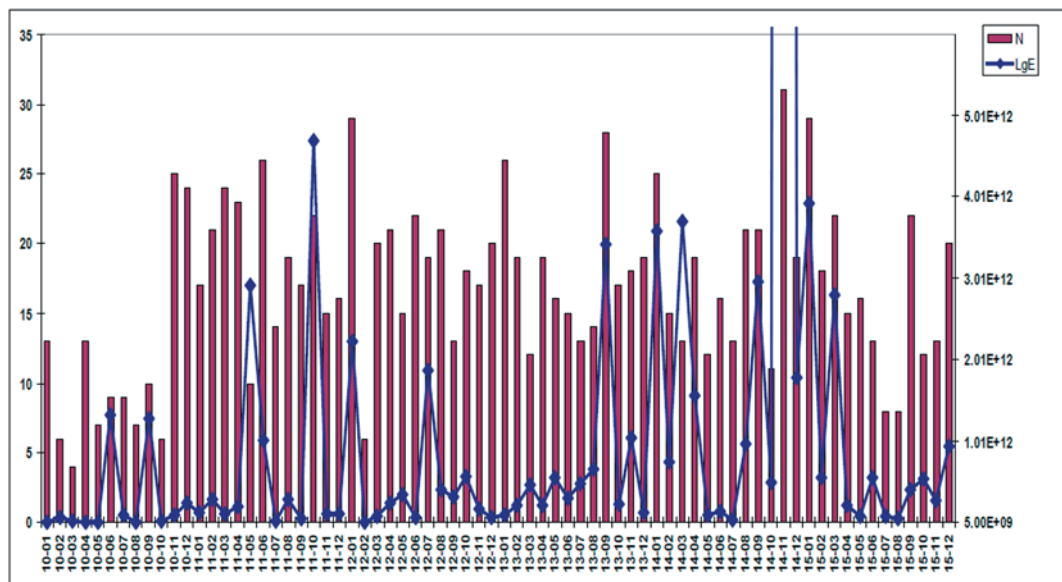


Рис. 3. Розподіл кількості землетрусів (N) і логарифма виділеної енергії (E) за 2010–2015 роки, Вранча (Румунія) [3]

ний Інститут фізики Землі РАН) з участю В. І. Трегубенка.

Основою магнітоваріаційного моніторингу є вивчення варіацій електричних властивостей геологічного середовища, викликаних змінами їхнього напруженого стану під дією сил різної природи, зокрема і тектонічної, пов'язаних з процесом зародження землетрусу. Вони належать до електричних провісників землетрусу. Їхню можливу причину виникнення досить докладно висвітлено в працях багатьох дослідників, зокрема С. Шольца [5], а методологічні аспекти їхнього застосування описано в чималій кількості монографій, статей і наукових звітів.

Фізичною основою магнітоваріаційного моніторингу є варіації геофізичних параметрів порід земної кори. Математичною основою методу магнітоваріаційного зондування (МВЗ) є лінійне рівняння Візе-Паркінсона, яким описано співвідношення між варіаціями вертикальної і горизонтальної компонент магнітного поля Землі:

$$H_z(M) = W_{zx}(M) H_x(M) + W_{zy}(M) H_y(M), \quad (1)$$

де H_z , H_x і H_y – вертикальна і відповідно горизонтальна компоненти поля в точці M , а W_{zx} і W_{zy} – передавальні функції геомагнітного поля в точці M або компоненти матриці Візе-Паркінсона. Останнім часом матрицю $[W] = [W_{zx} \ W_{zy}]$ називають також тїппером. Тїппер є основною інформаційною характеристикою в методах магніотелуричного профілювання (МТП) і МВЗ.

Використовуючи компоненти матриці $[W]$, будується комплексний вектор Візе-Паркінсона

$$\vec{W} = W_{zx} \vec{I}_x + W_{zy} \vec{I}_y, \quad (2)$$

представлений дійсним та уявним векторами:

$$\begin{aligned} \text{Re} \vec{W} &= \text{Re} W_{zx} \vec{I}_x + \text{Re} W_{zy} \vec{I}_y, \\ \text{Im} \vec{W} &= \text{Im} W_{zx} \vec{I}_x + \text{Im} W_{zy} \vec{I}_y, \end{aligned} \quad (3)$$

де \vec{I}_x , \vec{I}_y – одиничні орти.

Дійсні вектори спрямовані від зон високої електропровідності. Поведінка уявних векторів залежить від природи аномалій електропровідності. Якщо зі зниженням частот варіацій вектори змінюють свій напрямок на протилежний, то це свідчить про поверхневе походження аномалії.

Залежно від геолого-геофізичних умов і рівня завад у місцях розміщення магнітоваріаційних пунктів визначали мінімальний інтервал записування варіацій, для якого обчислювали середньостатистичні значення частотних характеристик передавальних функцій. Для пунктів “Нижне Селище”, “Тросник”, “Димер”, “о. Зміїний”, “Степанівка” мінімальний інтервал запису становив п’ять діб. Для зазначеного інтервалу в діапазоні періодів 100–5000 секунд модулі передавальних функцій гарантовано обчислювали з відносними похибками менше 1% і фази – 1,5°. Для вивчення низькочастотного спектра варіацій функцій електропровідності для кожного пункту розраховували середньомісячні (30 діб) і середньоквартальні (90 діб) частотні характеристики передавальних функцій.

Найінформативнішими для пошуку середньострокових провісників землетрусів виявились часові ряди функцій електропровідності, складені за результатами опрацювання п’ятидобових інтервалів запису, оскільки згідно з теоремою Котельнікова в них можна було виділяти варіації з періодом 10 діб і більше. У часових рядах, складених із середньомісячних значень, теоретично визначено мінімальний період варіацій, який становить 60 діб, а середньоквартальних – 180 діб. Тому ці ряди використовували для пошуку довгострокових провісників землетрусів.

Потрібно зауважити, що природа аномальних магнітних збурень у магнітному полі Землі на всіх етапах розвитку корових і глибоких землетрусів є поки дискусійною з-поміж геофізиків. Виявлення у варіаціях функцій електропровідності аномалій, пов’язаних із зародженням можливого землетрусу, є найскладнішою проблемою інтерпретації даних магні-

товаріаційного моніторингу. Основна складність полягає в тому, що треба виявити аномалію незначної амплітуди на фоні значних за амплітудою періодичних коливань, викликаних зміною напруженого стану порід земної кори під дією сил гравітації, які змінюються під час зміни положення на орбіті Місяця відносно Землі та системи Земля-Місяць відносно Сонця.

На часових рядах майже на всіх магнітоваріаційних пунктах фіксують такі варіації, пов'язані з дією сил гравітації:

- річна варіація з періодом 265 днів, 6 годин, 9 хвилин, 10 секунд та екстремумами 22 грудня і 22 червня;

- високочастотна варіація, пов'язана зі змінами фази Місяця. Її період дорівнює 27,322 доби.

Для більшості магнітоваріаційних пунктів амплітуда місячної у функціях електропровідності більша від річної. Крім того, на часових рядах компонентів матриці Візе-Паркінсона простежено варіації з періодами більше річних. Можливо, вони пов'язані з 11-річним циклом Землі.

Головним завданням і одночасно основною проблемою є коректне врахування фонових значень. Це питання на цей момент ми остаточно не вирішили. Застосовували статистичний метод найменших квадратів для видалення річної варіації і спектральний аналіз для видалення варіацій, пов'язаних з фазами Місяця.

Результати обробки даних магнітоваріаційного моніторингу у вигляді часових рядів компонент матриці Візе-Паркінсона для різних періодів варіацій аналізували для виявлення аномалій – провісників землетрусів. Форма та амплітуда аномалій залежить від багатьох чинників: від відстані між пунктом спостережень та осередком імовірного землетрусу, його можливої магнітуди та геологічної будови регіону, де зароджується землетрус.

На рис. 4–6 наведено приклади аномалій можливих середньострокових провісників землетрусів з магнітудами >4 , що відбулися в Карпатському регіоні, за даними магнітоваріаційного моніторингу (З. П. Косогон, 2017).

Аналіз часових рядів функцій електропровідності, де наведено приклади

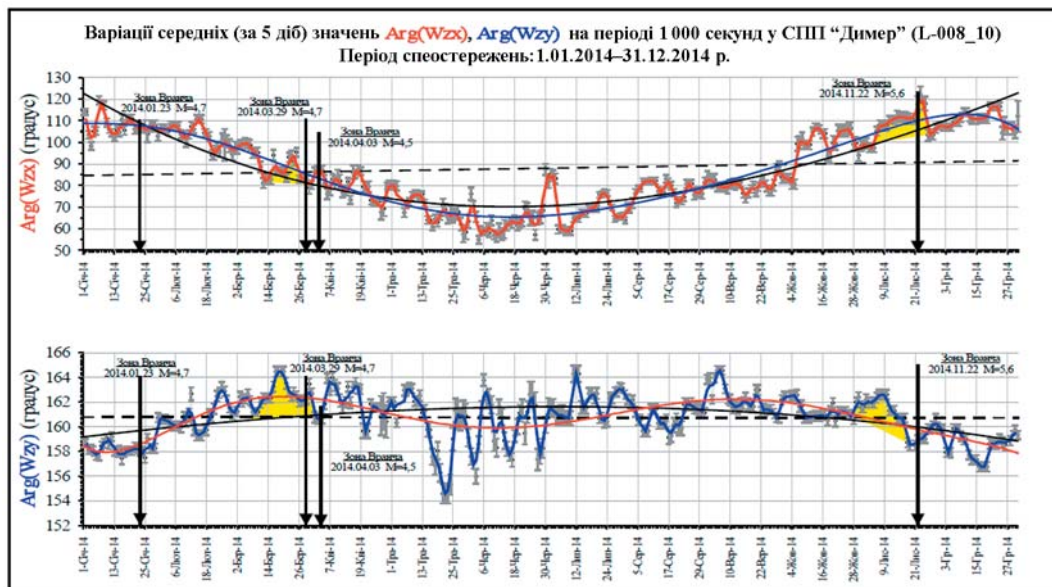


Рис. 4. Запис можливого зв'язку варіацій компонентів фази тіппера на пункті Димер-10 із сейсмічними подіями ($M=4,5-5,6$), Вранча

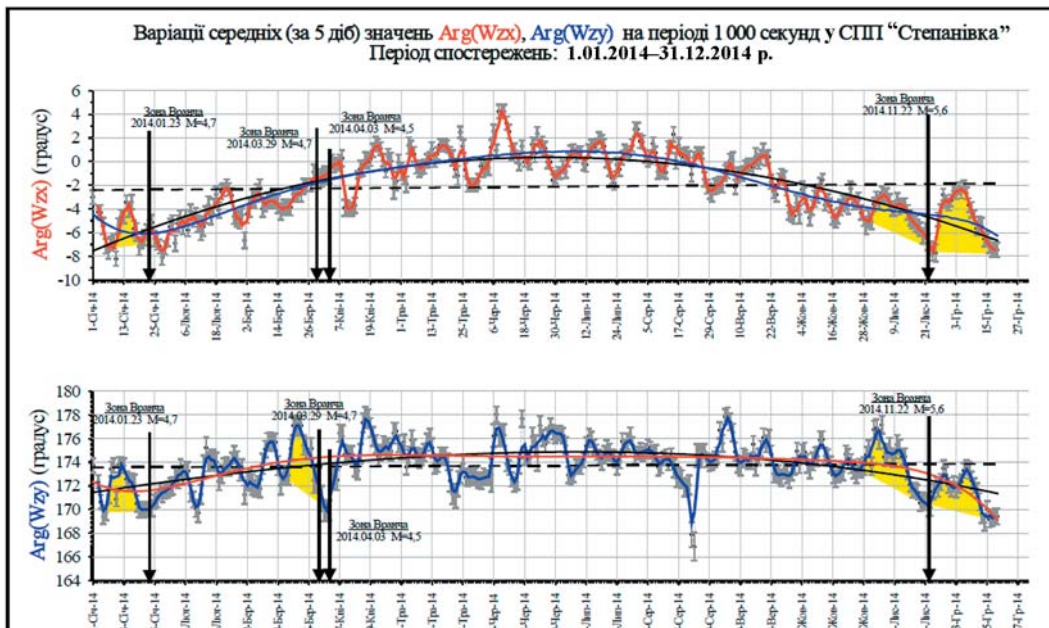


Рис. 5. Запис можливого зв'язку варіацій компонентів фази тіпера на пункті Степанівка із сейсмічними подіями в зоні Вранча ($M=4,5-4,6$)

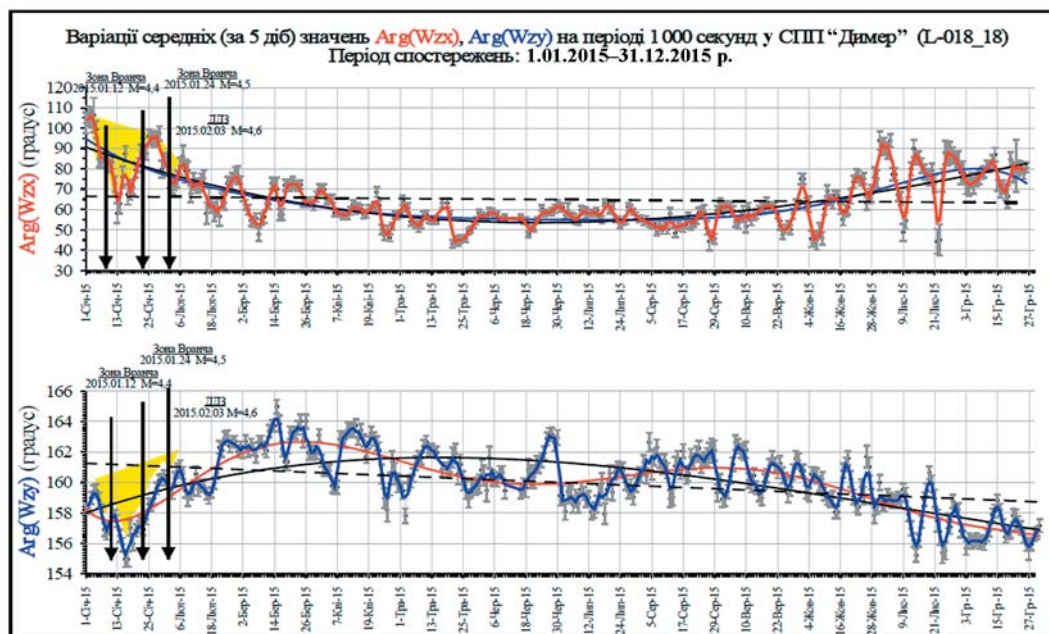


Рис. 6. Запис можливого зв'язку варіацій компонентів субмеридіональної $Arg(W_{zy})$ і субширотної $Arg(W_{zx})$ фази тіпера на пункті "Димер-18" із сейсмічними подіями в зоні Вранча з магнітудами 4,4–4,5 і зоні ДДЗ з магнітудою 4,6

можливого зв'язку аномальних варіацій компонентів тіппера із зародженням можливого землетрусу, указує на те, що виділені аномалії малі за амплітудою, вони порівнюювані з фоновими значеннями, у тому й полягає складність виявлення провісникових аномалій. З іншого боку, синхронне порівняння даних магнітоваріаційного моніторингу на декількох пунктах спостережень підвищує односторонність під час вирішення завдання пошуків провісника землетрусу. Наприклад, 22 листопада 2014 р. у зоні Вранча (Румунія) зареєстровано землетрус з магнітудою 5,6 за шкалою Ріхтера, що відчувався на півдні України (м. Одеса, Рені, Ізмаїл) і Молдови. За даними магнітоваріаційного моніторингу на пунктах спостережень “Димер”, “Степанівка”, “Тросник” майже одночасно спостерігається аномалія тривалістю 33 доби, яку можна трактувати як середньостроковий провісник означеного землетрусу (рис. 4–5).

Другий приклад стосується землетрусу, який стався 3 лютого 2015 року на глибині 10 км з магнітудою 4,8 на межі Сумської й Полтавської областей. Гіпоцентр землетрусу розміщувався в зоні зіткнення ДДЗ і Воронежського кристалічного масиву. Наявність у цьому місці сейсмоактивних тектонічних порушень підтверджують сейсмічні розрізи глибинного сейсмічного зондування. Крім того, на цій частині ДДЗ проводять активне розроблення вуглеводнів.

На записах часових рядів функцій електропровідності на пунктах магнітоваріаційних спостережень “Димер”, “Нижнє Селище”, “Степанівка” спостерігаються аномальні варіації тривалістю 35 днів. За цей період, окрім Сумського землетрусу, зареєстровано дві сейсмічні події в зоні Вранча з $M = 4,4-4,5$ (рис. 6).

Для перевірки можливостей технології магнітоваріаційного моніторингу, розробленої в УкрДГРІ, стосовно прогнозу сильного землетрусу у відділі регіональних геофізичних досліджень здійснено оброблення та аналіз даних трикомпонент-

них геомагнітних спостережень, виконаних у 2010–2011 роках у сейсмопрогностичному пункті “Канозан” на території Японії. Первинні дані трикомпонентних магнітоваріаційних спостережень з дискретом вимірів один відлік у секунду надали співробітники ІГФ НАНУ. Пункт “Канозан” розміщений на віддалі 400 км від епіцентру катастрофічного землетрусу ($M=8,9$), що стався 11 березня 2011 р., на схід від японського острова Хонсю в Тихому океані. У пункті “Канозан” у часових рядах варіацій передавальних функцій геомагнітного поля виявлено виразну аномалію-провісник катастрофічного землетрусу тривалістю близько 40 діб. Час землетрусу можна було б спрогнозувати з похибкою в 1–2 доби. Форма аномалії в пункті “Канозан” подібна до аномалій, які спостерігаються на сейсмопрогностичній мережі в Україні, що дає підстави зробити висновок про подібність фізичних процесів, які супроводжують зародження землетрусу незалежно від регіону їхнього виникнення (рис. 7).

Аналіз результатів магнітоваріаційного моніторингу дає змогу зробити висновок про те, що в записах спостережень можливе проявлення місцевих землетрусів з магнітудою >4 . Сильні землетруси, які відбулися далеко за межами України, у функціях електропровідності не фіксуються. Найближче ми підійшли до визначення часу можливого землетрусу за середньостроковими провісниками. Але через проблеми з вилученням фонових значень із часових рядів можлива поява хибних аномалій, схожих на провісники. Надійність прогнозу зростає із залученням для одночасного аналізу даних магнітоваріаційних спостережень з кількох пунктів, не кажучи вже про проведення комплексних спостережень: гідрогеодеформаційних, гідрохімічних і вивчення природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ).

Варто зауважити, що за 16 років (2000–2016 рр.) дослідження з пошуків провісників землетрусів в Україні ви-

йшли на новий якісний рівень. Фахівці УкрДГРІ розробили унікальну технологію проведення спостережень, опрацювання, аналізу і геодинамічної інтерпретації даних магнітоваріаційного моніторингу. Це стосується і технічного переоснащення пунктів спостережень, і системи передачі інформації до центру збору для оперативного аналізу, і розроблення та удосконалення програмного забезпечення оброблення даних магнітоваріаційного моніторингу. Накопичена величезна за обсягом база даних режимних сейсмопрогностичних спостережень, яку в подальшому можна використовувати для повторної поглибленої обробки і ретроспективного аналізу.

Підсумовуючи вищезначене, потрібно зазначити, що припинення сейсмопрогностичних спостережень навіть через об'єктивну причину – брак фінансування є кроком назад у вирішенні проблеми прогнозування землетрусів в Україні, 20 % території якої перебуває під загрозою сейсмічної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кендзера А. В., Пигулевский П. И., Щербина С. В. и др. Криворожское землетрясение 14 января 2011 года как локальное следствие сеймотектонических и техногенных процессов//Геодинамика. – 2012. – № 1 (12). – С. 114–119.
2. Кендзера А. В., Трипольский А. А., Пигулевский П. И. и др. Современная сейсмическая активизация Днепровско-Донецкого палеорифта//Доповіді Національної академії наук України – К., 2016. – № 1. – С. 65–70.
3. Максимчук В. Ю., Кузнецова В. Г. Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. – К.: Наукова думка, 2005. – С. 5–17.
4. Tregubenko V. I. Magnetovariational monitoring of Geodynamic processes in seismotectonic regions of the Ukraine//Abstract for 2nd International Workshop on Magnetic Electric and Electromagnetic Methods in Seismology and Volcanology, September 22–24, 1999. – Chania, Greece. – 1999.
5. Scholz C. H., Sykes L. R., Aggarwal Y. P. Earthquake prediction: a physical basis. – Science, 181, № 4102, 1973. – С. 803–810.

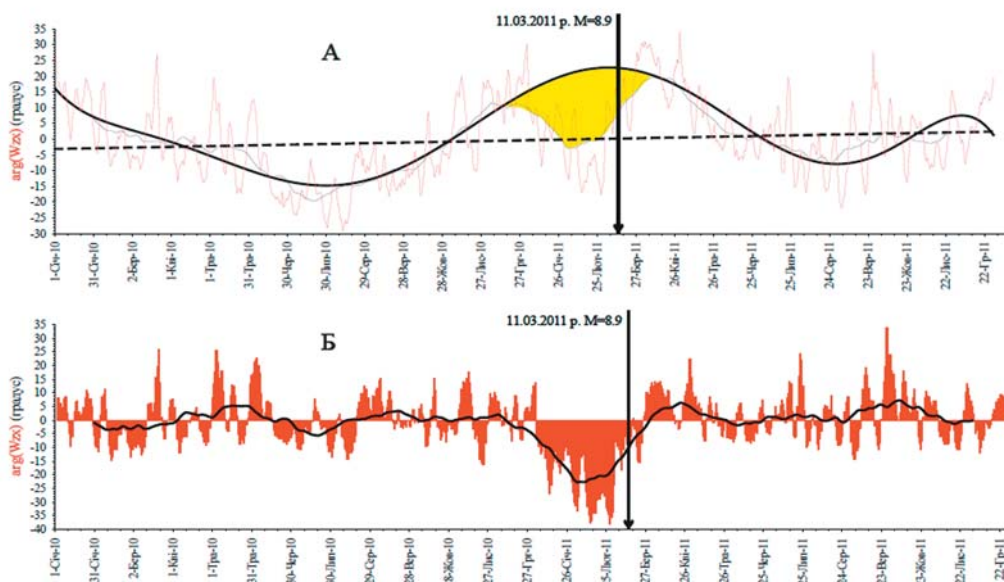


Рис. 7. Приклад виділення в даних магнітоваріаційного моніторингу, отриманих у пункті “Канозан” (Японія), середньострокового провісника сильного землетрусу 11.03.2011 року з $M=8,9$

REFERENCES

1. *Kendzera A. V., Pigulevskij P. I., Shherbina S. V. and other Earthquake of January, 14, 2011 (Krivoy Rog) as local investigation of seismotektonic and technogenic processes// Geodinamika. – 2012 – № 1 (12). – P. 114–119. (In Russian).*
2. *Kendzera A. V., Tripolskij A. A., Pigulevskij P. I. and other. Modern seismic activity of the Dnieper-Donets paleorift//Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy. – Kyiv, 2016. – № 1. – P. 65–70. (In Russian).*
3. *Maksymchuk V. Yu., Kuznetsova V. H. Research of modern geodynamic Ukrainian Carpathians. – Kyiv: Naukova dumka, 2005. – P. 5–17. (In Ukrainian).*
4. *Tregubenko V. I. Magnetovariational monitoring of Geodynamic processes in seismoactive regions of the Ukraine//Abstract for 2nd International Workshop on Magnetic Electric and Electromagnetic Methods in Seismology and Volcanology, September 22–24, 1999. – Chania, Greece. – 1999.*
5. *Scholz C. H., Sykes L. R., Aggarwal Y. P. Earthquake prediction: a physical basis. – Science, 181, № 4102, 1973. – P. 803–810.*

Рукопис отримано 4.12.2017.

В. И. Трегубенко, Украинский государственный геологоразведочный институт,
З. П. Косогон, Украинский государственный геологоразведочный институт,
zina_pr@ukr.net, ORCID-0000-0002-1860-2515

КОМПЛЕКСНЫЙ СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ПУНКТОВ ЗА 2000–2015 ГОДЫ

В статье представлен более чем пятнадцатилетний опыт научных исследований Украинского государственного геологоразведочного института по непрерывному мониторингу вариаций магнитного поля Земли, оперативному сбору, обработке и комплексному анализу полученной информации с целью поиска предвестников землетрясений.

Ключевые слова: землетрясение, вариации магнитного поля Земли, прогноз, Карпатский регион, магнитуда, вектор Визе.

V. I. Tregubenko, Ukrainian State Geological Research Institute,
Z. P. Kosogon, Ukrainian State Geological Research Institute, zina_pr@ukr.net,
ORCID-0000-0002-1860-2515

COMPLEX SEISMIC AND FORECAST MONITORING OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT AT THE REGIONAL UNIT NETWORKING 2000–2015

The article presents more than 15-year experience of Ukrainian State Geological Research Institute scientific researches of the continuous monitoring of Earth magnetic field variations, operational collection, interpretation and complex analysis of the received information with the aim of earthquake precursors search. Observations over modern geodynamics are developed until technology level. Changes in stress pattern of geological environment cause changes in electrical parameters of Earth crust geological record. These changes are reliably recorded by magnetovariation sounding method in transfer functions of Earth geomagnetic field. In magnetic variation monitoring data local earthquakes with magnitude over 4 are recorded. Due to the problem of background effect exclusion from time sequence there might appear tramps similar to premonitory symptoms. It is necessary to continue seismic forecasting magnetic variation observations in combination with hydrogeodeformational and hydrogeochemical observations.

Keywords: earthquake, Earth magnetic field variations, forecast, Carpathians region, magnitude, Wise vector.