

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.34.038.8+550.343+550.348.4+550.834.8

Д. Малицький, д-р фіз.-мат. наук, проф.
E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua;А. Назаревич, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: nazarevych-a@cb-igph.lviv.ua;

А. Микита, пров. інж.;

О. Асташкіна, канд. геол. наук, мол. наук. співроб.
E-mail: sac1@ukr.net;Ю. Коваль, асп.
E-mail: yura1229@gmail.com;М. Махніцький, інж. 2 кат.,
Карпатське відділення
Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,
вул. Наукова, 3-6, м. Львів, 79060 Україна

ГЕОАКУСТИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ПУНКТІ "ЯНОШІ" У ЗАКАРПАТТІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. Г.Т. Продайводою)

У роботі висвітлено методичні та практичні аспекти реалізації автоматизованої безперервної системи геоакустичних спостережень з метою контролю та прогнозування локальних геодинамічних процесів. З численних наукових джерел достеменно відомо, що генерація сигналів геоакустичної емісії, спостережених у приповерхневій зоні, пов'язана з процесом утворення тріщин при підготовці землетрусів. Тому вивчення емісійного геоакустичного сигналу має практичну цінність з позиції створення недорогої експрес-системи прогнозування сейсмічних подій.

Практичну реалізацію геоакустичних спостережень здійснено авторами за допомогою модифікованої цифрової шахтної апаратури ЗУА-6 (що була удосконалена для розширення частотного спектра реєстрованих сигналів), звукової карти Sound Blaster та ноутбука з програмним забезпеченням "PowerGraph" для реєстрації даних. Методика аналізу отриманого масиву даних полягає в побудові та інтерпретації графіка інтенсивності геоакустичних варіацій (біжучої кількості подій у певному інтервалі часу) та його співставленні із відомостями щодо сейсмічних подій локального масштабу, що відбулися за період геоакустичних спостережень.

За результати аналізу матеріалів геоакустичних досліджень, проведених у 2014 р на пункті "Яноші" біля станції "Берегове", відмічено значні зміни загального рівня локального геоакустичного поля (збільшення добової кількості інтенсивних подій). У часовому ряді помітний пік акустичної активності порід у 20-х числах квітня, а також значне й тривале підвищення такої активності з другої половини травня, яке продовжувалось до початку вересня. Підвищення рівня геоакустичної емісії співпало у часі з невеликим місцевим землетрусом, що відбувся 07.06.2014 р біля с. Форнош, на південь від Мукачеве, на відстані приблизно 17 км від пункту спостережень. Наявність кореляції в часовому вимірі між сейсмічними та геоакустичними подіями дозволяє стверджувати про їхній зв'язок та обґрунтовує можливість використання геоакустичних спостережень як сейсмопрогностичні дослідження.

Ключові слова: акустична емісія порід, сейсмопрогностичні дослідження, цифрова геоакустична апаратура, РГС "Берегове".

Вступ. Спеціалістами Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України впродовж багатьох років ведуться польові геоакустичні дослідження для контролю сейсмотектонічних процесів, які відбуваються у Закарпатті [1-3]. Для таких досліджень у різний час використовувались різні методики, апаратура та різні пункти спостережень. Останніми роками нами ширше використовується один з недорогих, але достатньо ефективних, геоакустичних методів – геоакустичний, який активно розвивався у рамках спеціальної теми прикладних досліджень [2]. Під час цих робіт було створено дослідні зразки модифікованої аналогової та цифрової геоакустичної апаратури, вивчено просторові особливості розподілу інтенсивності природного геоакустичного поля у зонах ряду кар'єрів Львівщини й Закарпаття, зафіксовано помітне підвищення рівня варіацій природного геоакустичного поля у зонах стінок кар'єрів. Кілька років тому розпочато експериментальні геоакустичні дослідження у штольні на режимній геофізичній станції (РГС) "Берегове" у Закарпатті. Такі дослідження тут проводяться з метою контролю за змінами напружено-деформованого стану масивів гірських порід та місцевим сейсмотектонічним процесом у районі Берегівського горбогір'я. Для спостережень за акустичною емісією використовується серійна аналогова апаратура ЗУА-6, розроблена для контролю стійкості підземних виробок, а також її модифіковані варіанти, адаптовані до вимог сейсмотектонічних досліджень. Під час таких досліджень у 2011 р на РГС "Берегове" було зафіксовано помітне підвищення рівня варіацій природного геоакустичного поля, що може

бути пов'язано з процесами підготовки відчутного ($M=2,4$) місцевого Берегівського землетрусу (який відбувся 10 серпня 2011 р). З метою розширення досліджень геоакустичної емісії у Закарпатті неподалік РГС "Берегове" організовано спеціальний геоакустичний пункт "Яноші".

Метою описаних у роботі досліджень було розробити й застосувати в умовах геоакустичних досліджень на пункті "Яноші" модифікований варіант геоакустичної апаратури ЗУА-6 з цифровою реєстрацією, а також підходи до обробки та аналізу цифрових даних геоакустичної емісії.

Фізичні основи методу. Геоакустичний метод досить широко використовується для досліджень різномасштабних геодинамічних процесів [5-7], зокрема, у гірничій справі для контролю стійкості гірничих виробок [7]. У основі методу лежить явище акустичної емісії гірських порід [6], яке полягає в тому, що при змінах напружено-деформованого стану масивів порід відбувається утворення мікротріщин з випромінюванням імпульсів акустичної емісії. А отже, приповерхневі системи спостережень дозволяють досить ефективно й без особливих витрат отримувати дані для вивчення геодинамічних процесів за допомогою акустичних сигналів.

Методика досліджень. Методика досліджень, закладена у роботу використовуваної нами геоакустичної апаратури ЗУА-6, полягає у моніторингу геоакустичних сигналів порід у діапазоні частот десятки Гц – одиниці кГц. Зонди апаратури розташовуються в спеціальних шурфах у контрольованих зонах породного масиву й апаратурою контролюється рівень акустичної емісії порід у цих зонах. Геоакустичні спостереження на пункті

"Яноші" здійснюються в гідрогеологічній свердловині, на глибині 9 м. Свердловина заповнена водою, що забезпечує надійний акустичний контакт зонда з породою. Для використання в таких умовах зонд апаратури ЗУА-6 було модифіковано для забезпечення герметичності при роботі у воді на глибині до 15-20 м.

Геоакустична апаратура. Функціонально використовується нами геоакустична апаратура ЗУА-6 складається з акустичного зонда (передавача) та приймача й працює на принципі амплітудної модуляції несучої частоти акустичним сигналом з подальшим підсиленням модульованого сигналу, передачею його кабелем від розташованих у шурфах зондів до місця розташування реєструючої апаратури та подальшою селекцією несучої частоти та детектуванням, підсиленням і реєстрацією та індикацією акустичного сигналу для контролю геоакустичної активності та змін напружено-деформованого стану гірських порід [2]. Передавач сконструйований у сталевому корпусі з двома заглушками, усередині є шасі з друкованими платами, на яких розміщені елементи електричної схеми та два сейсмоприймачі. Один сейсмоприймач п'єзоелектричний з частотним діапазоном від 100 Гц до 10 кГц, а другий – електродинамічний, з частотним діапазоном від 100 Гц до 1500 Гц. Конструкцію передавача, як уже зазначалося, нами вдосконалено для забезпечення надійності роботи та герметичності й доброго акустичного контакту з породами з метою досягнення високої чутливості до слабких акустичних імпульсів.

Приймач апаратури ЗУА-6 складається з перетворювача, підсилювача високої частоти, блока живлення, підсилювача низької частоти, пристрою індикації та контрольного гучномовця.

Сейсмоакустичні явища, які виникають у середовищі, вловлюються електродинамічним сейсмоприймачем і перетворюються в сейсмічні імпульси. Сейсмічні імпульси від сейсмоперетворювача поступають на вхід підсилювача, де підсилюються до рівня, необхідного для нормальної роботи модуляційного каскаду. Напряга несучої частоти формується генератором і подається на вхід модуляційного каскаду. Промодульована несуча частота додатково підсилюється за напругою, в подальшому під-

силюється за потужністю вихідним каскадом і через трансформатор подається в лінію зв'язку по кабелю.

Приймач призначений для частотної селекції, підсилення й детектування модульованого сигналу несучої частоти, який надходить від передавача. Приймач виконаний за супергетеродинною схемою з фіксованою настройкою на визначену несучу частоту та з плавним точним підстроюванням на неї. На вході приймача встановлені два трансформатори, які відсікають завади з частотою понад 200 кГц. Далі сигнал з трансформатора надходить на вхід підсилювача високої частоти, а саме на перший вхід балансного змішувача. На другий вхід балансного змішувача подається сигнал з гетеродина. З балансного змішувача сигнал проміжної частоти надходить на двокаскадний підсилювач. Між каскадами підсилення включено електро-механічні фільтри зі смугою пропускання 6 і 13 кГц для забезпечення оптимальної селективності приймача. Далі сигнал детектується. Демодульований сигнал з виходу детектора надходить на відповідний вхід підсилювача низької частоти, підсилюється за напругою до необхідного рівня й подається на реєстратор, яким у заводському комплекті апаратури є звуковий магнітофон. Паралельно сигнал подається на каскад підсилення й далі на контрольний гучномовець, а також здійснює управління пристроєм індикації.

Отримані дані (величини амплітудного рівня геоакустичного сигналу) зчитувались оператором двічі на добу з шкали індикації приймача та реєструвалися в журналі з подальшою комп'ютерною обробкою та побудовою графіків варіацій рівня геоакустичного поля.

Така методика геоакустичних досліджень не забезпечувала безперервного автоматичного моніторингу варіацій природної геоакустичної активності порід. Тому було проведено роботи з удосконалення методики досліджень та апаратури, зокрема, частотну характеристику геоакустичного каналу розширено у бік нижчих частот – до 10-15 Гц, та доповнення її цифровою системою збору й обробки геоакустичних даних.

Функціонально-структурна блок-схема модифікованої геоакустичної апаратури з цифровою реєстрацією зображена на рис. 1.

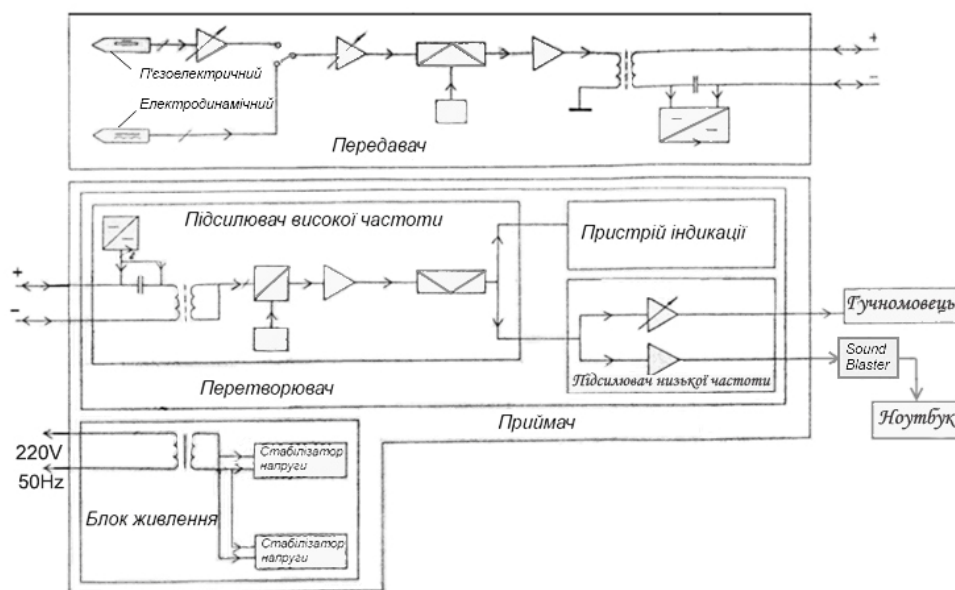


Рис. 1. Функціонально-структурна блок-схема геоакустичної апаратури ЗУА-6 з цифровою системою реєстрації даних

Для перетворення аналогового геоакустичного сигналу у цифрову форму використано звукову карту

Sound Blaster (<http://www.soundblaster.com/>), яку підключено через USB до комп'ютера – ноутбука, що за-

безпечує безперервну цифрову реєстрацію даних. Такий підхід уже використовувався нами раніше для оцифрування та введення у комп'ютер інформації з аналогових каналів апаратури автономного пункту прийому супутникових даних "Уран" [4].

Для забезпечення ефективної взаємодії звукової карти з ноутбуком було вибрано програмне забезпечення "PowerGraph" (<http://www.powergraph.ru>), яке, порівняно, наприклад, з програмою "L-Graph", є функціональнішим і зручнішим у використанні. ПЗ "PowerGraph" забезпечує збір даних з різних вимірювальних пристроїв і приладів, реєстрацію, візуалізацію та обробку сигналів у режимі реального часу, редагування, математичну обробку, аналіз, зберігання, імпорт і експорт даних. Виходячи з цього, зараз геоакустичні дослідження на геоакустичному пункті "Яноші" організовано таким чином, що на ньому під управлінням ПЗ "PowerGraph" працює апаратура у функціональному складі, наведеному на рис. 1, яка у безперервному режимі реєструє цифрові геоакустичні дані на жорсткий диск ноутбука. Періодично ці дані перезаписуються на CD і передаються у Львів для подальшої обробки та аналізу. Таку організацію досліджень зроблено для того, щоб мати повні безперервні багатодобові записи геоакустичних сигналів для їх подальшого всебічного аналізу.

Обробка даних. Подальша обробка та аналіз даних також проводиться за допомогою ПЗ "PowerGraph". При цьому відпадають проблеми з узгодженням чи конвертуванням даних, оскільки файли записуються на пункті спостережень "Яноші" під управлінням такого самого ПЗ і вони вже є у необхідному форматі. Завдяки своїм можливостям ПЗ "PowerGraph" дає змогу використовувати персональний комп'ютер як стандартні вимірювальні та реєстраційні пристрої (вольтметри, самописці, осцилографи, спектроаналізатори та ін.), а також має широкі можливості обробки даних. Для проведення різних розрахунків необхідно вибрати функцію математичної обробки, вибрати канал з вхідними даними та вказати, куди слід видавати розрахункові дані.

ПЗ "PowerGraph" дозволяє аналізувати й виокремлювати значення та ділянки сигналів, а також проводити додаткові графічні побудови й розрахунки, серед

яких побудова проєкцій на осі часу й амплітуди, побудова спектра сигналу та інше. Крім того, програма здійснює автоматичний запис протоколу використовуваних функцій, які можна зберегти в спеціальному файлі для використання в наступних сеансах роботи. Це дозволяє створювати, редагувати та багаторазово використовувати складні алгоритми обробки даних.

На рис. 2 зображено візуалізований на екрані ноутбука геоакустичний сигнал (фоновий рівень), записаний за допомогою програми "PowerGraph" (розгортка по амплітуді 5 мВ, по часу – 50:1).

Результати досліджень. Під час аналізу зареєстрованих у 2014 р на пункті "Яноші" геоакустичних даних виявлено багато часових інтервалів з підвищеним рівнем геоакустичних сигналів – геоакустичних подій. Приклади таких сигналів та їхні спектри наведено на рис. 3. Характеристики цих сигналів детально аналізуються й набираються необхідні статистики. Для аналізу змін у часі варіацій інтенсивності геоакустичних сигналів використано підхід, який вже здавна використовується у гірничій справі [7] – побудовано графік інтенсивності геоакустичних варіацій (біжуча кількість подій за певний інтервал часу) за період спостережень. На рис. 4 наведено часовий ряд змін загального рівня інтенсивності локального геоакустичного поля (добова кількість подій) на пункті "Яноші" за лютий-вересень 2014 р.

Аналізуючи коротко наведені дані, відзначимо помітний пік акустичної активності порід на пункті "Яноші" у 20-х числах квітня, а також значне й тривале підвищення такої активності з другої половини травня, яке продовжується до початку вересня. Зіставляючи ці дані з місцевими сейсмічними подіями (дані відділу сейсмічності Карпатського регіону ІГФ НАНУ), зазначимо, що 07.06.2014 р біля с. Форнош (на південь від Мукачєвого) відбувся невеликий місцевий землетрус. Тому зафіксоване нами на пункті "Яноші" підвищення акустичної активності порід може бути відображенням процесів підготовки саме цього землетрусу та подальшої релаксації напружень і деформацій у цій сейсмогенній зоні, адже відстань від пункту спостережень до епіцентру цього землетрусу становить усього приблизно 17 км.

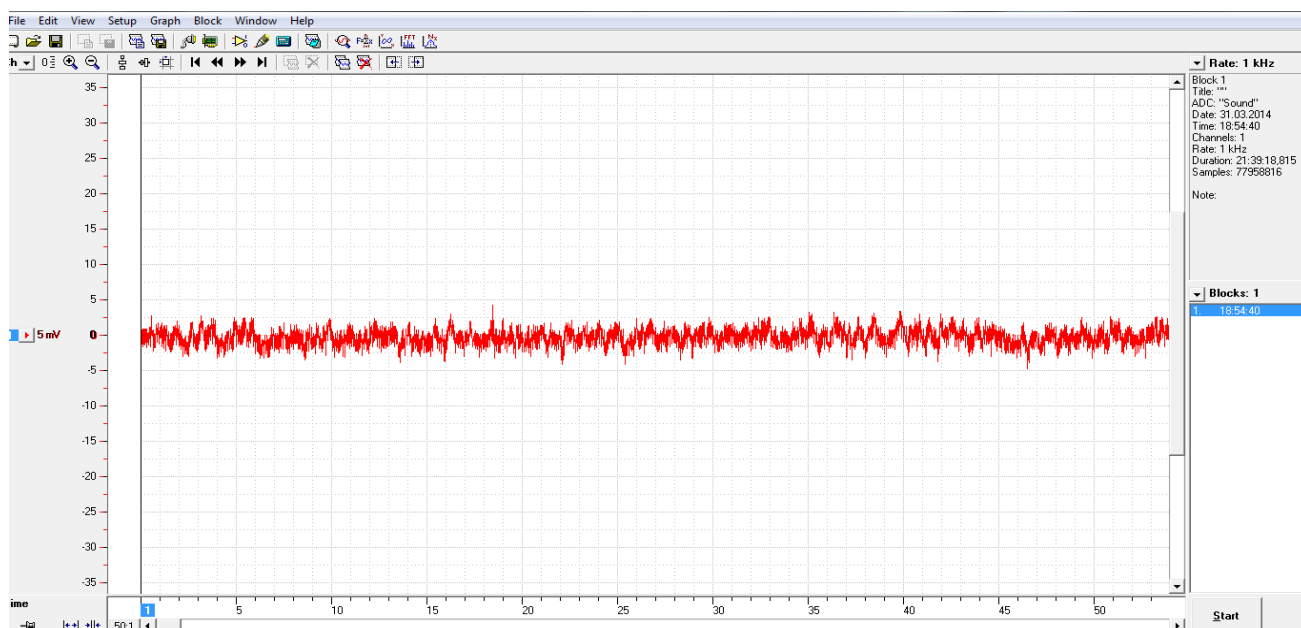


Рис. 2. Геоакустичний сигнал (фоновий рівень), записаний геоакустичною апаратурою на пункті "Яноші", візуалізований на екрані ноутбука за допомогою програми "PowerGraph"

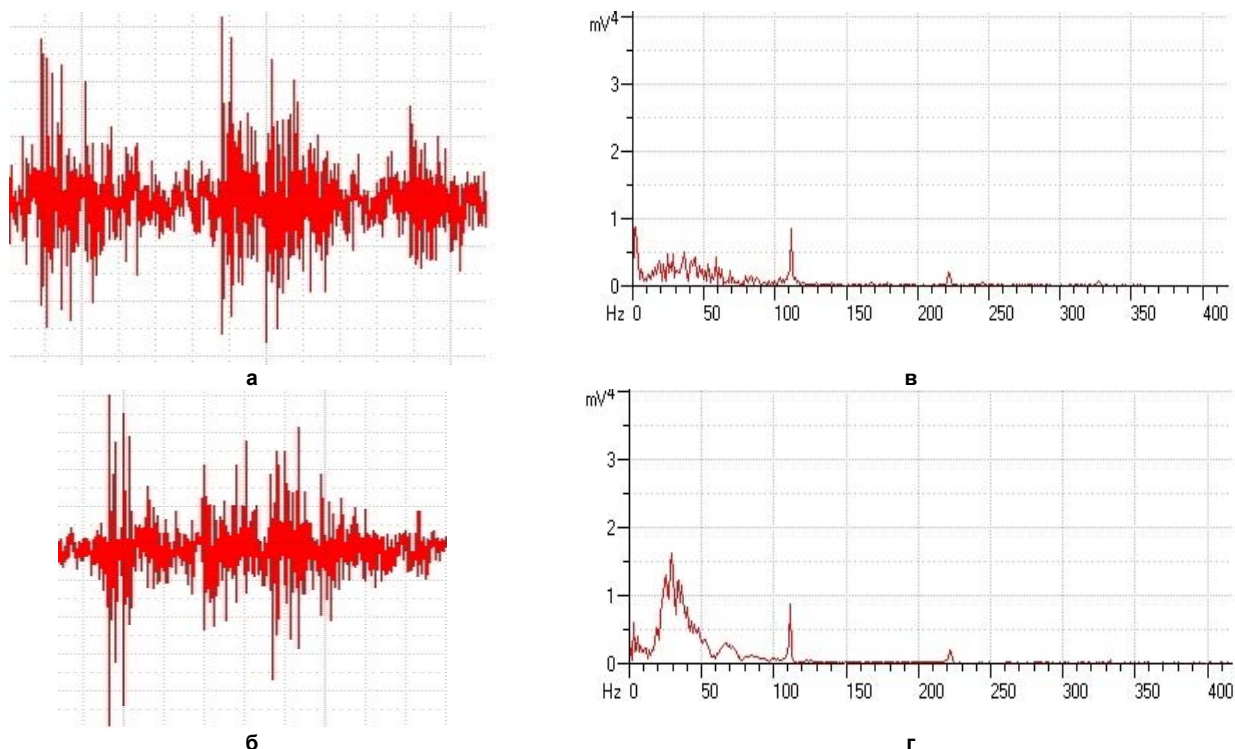


Рис. 3. Приклади геоакустичних подій, зареєстрованих на пункті "Яноші" модифікованою геоакустичною апаратурою ЗУА-6 з цифровою реєстрацією (а, б) та їхні спектри (в, г)

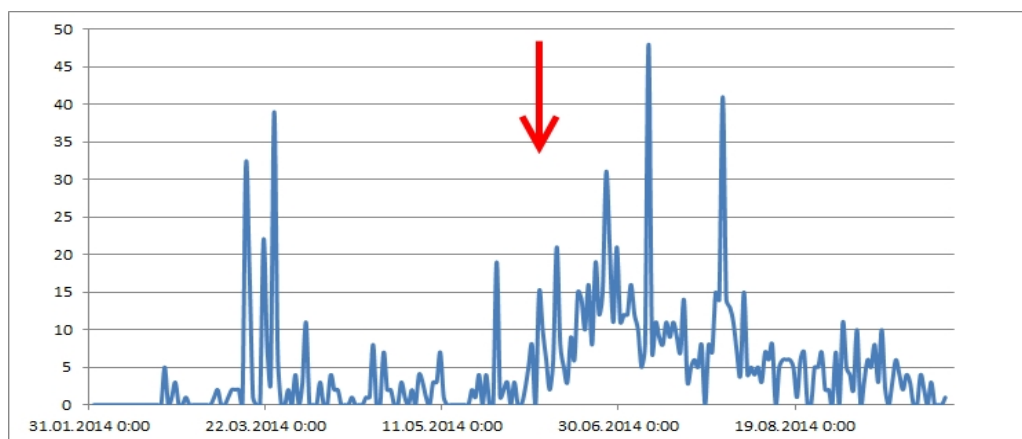


Рис. 4. Зміни загального рівня інтенсивності локального геоакустичного поля (добова кількість подій) на пункті "Яноші" у Закарпатті за лютий-вересень 2014 р (стрілкою позначено Мукачівський землетрус 07.06.2014 р)

Висновки. Розроблено та опрацьовано цифрову геоакустичну апаратуру для сеймопрогностичних досліджень на базі модифікованої апаратури ЗУА-6, звукової карти **Sound Blaster** та ноутбука з використанням для її роботи та подальшої обробки даних ПЗ **"Power-Graph"**. За даними польових досліджень цією апаратурою на пункті "Яноші" у Закарпатті впродовж 2014 р зареєстровано суттєві зміни рівня геоакустичного фону. Найбільша геоакустична активність тут спостерігалася у травні-серпні 2014 р у період підготовки місцевого мукачівського землетрусу 07.06.2014 р (епіцентральнона відстань від пункту спостережень приблизно 17 км).

У подальшому буде проводитись порівняльний аналіз реєстрованих на пункті "Яноші" геоакустичних даних з геоакустичними та сейсмічними даними, зареєстрованими на РГС "Берегове", а також з даними інших геофізичних досліджень на різних пунктах та з сейсмічністю Закарпаття.

Список використаних джерел

1. Вербицький Т.З., Назаревич А.В., (2005). Деформографічні і геоакустичні дослідження у Закарпатті. Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. Під ред. В.І. Старостенка. Київ: Наук. думка, 113-131.

Verbitsky T.Z., Nazarevych A.V., (2005). Deformographic and geoaoustic research in our region. Studies of modern geodynamics Ukrainian Carpathians. Ed. by V.I. Starostenko. Kyiv: Scientific thought, 113-131. (In Ukrainian).

2. Назаревич А.В., (2011). Методико-апаратурні проблеми моніторингових геофізичних досліджень та шляхи їх розв'язання (на прикладі геофізичного сеймопрогностичного моніторингу в Закарпатті). Вісник Київського університету. Геологія, 55, 57-60.

Nazarevych A.V., (2011). Methodological and instrumental problems of monitoring of geophysical research and methods for their solution (for example seismo-prognostic geophysical monitoring in Transcarpathia). Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology, 55, 57-60. (In Ukrainian).

3. Назаревич А.В., Назаревич Л.С., (2002). Параметричні сейсмогеоакустичні методи і комплексні технології моніторингу природних та техногенних геодинамічних процесів та прогнозу катастроф. Вісник Київського університету. Геологія, 23-24, 43-47.

Nazarevych A.V., Nazarevych L.E., (2002). Parametric seismic geoaoustic methods and complex technologies of monitoring of natural and technogenic geodynamic processes and forecasting disasters. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology, 23-24, 43-47. (In Ukrainian).

4. Починайко Р., Микита А., Лудзян Л., (1996). Приймання супутникової інформації в системі геодинамічного моніторингу. Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: 36. тез міжнар. симпозіуму. Алушта-Львів, 16.

Pochynayko R., Nikita A., Ludzyan L., (1996). Acceptance of satellite information in system of geodynamic monitoring. Geoinformation monitoring

of environment: Book of abstracts of the international symposium. Alushta-Lviv, 16. (In Ukrainian).

5. Соболев Г.А., Пономарев А.В., (2003). Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука, 270.

Sobolev G.A., Ponomarev A.V., (2003). Physics of earthquakes and precursors. Moscow, Science, 270. (In Russian).

6. Соболев Г.А., Пономарев А.В., (1999). Акустическая эмиссия и стадии подготовки разрушения в лабораторном эксперименте. Вулканология и сейсмология, 4-5, 50-62.

Sobolev G.A., Ponomarev A.V., (1999). Acoustic emission and destruction of preparation in the laboratory experiment. Volcanology and Seismology, 4-5, 50-62. (In Russian).

7. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г., (1985). Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. М.: Недра, 271.

Stavroghyn A.N., Protosenya A.G., (1985). Durability and stability of the rock mines at great depths. Moscow, Nedra, 271. (In Russian).

Надійшла до редколегії 23.03.15

D. Malyskyy, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua;

A. Nazarevych, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher

E-mail: nazarevych-a@cb-igph.lviv.ua;

A. Mykyta, Lead Engineer;

O. Astashkina, Cand. Sci. (Geol.), Research Associate

E-mail: sac1@ukr.net;

Yu. Koval, Postgraduate Student

E-mail: yura1229@gmail.com;

M. Makhnitsky, Engineer

Carpathian Branch of

Subbotin Institute of Geophysics NAS of Ukraine

3-b Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060

GEOACOUSTIC EMISSION AT YANOSHI OBSERVATION POINT, TRANSCARPATHIANS

The paper highlights the methodological and practical aspects of the continuous automated system of geoacoustic observations for controlling and predicting local geodynamic processes. It is a well-established scientific fact that geoacoustic emission signal generation observed in the surface area is associated with the formation of cracks relating to the build up of an earthquake. The study of geoacoustic emission signals is therefore of practical value for creating an inexpensive rapid earthquake prediction system.

To make geoacoustic observations we used modified digital mine equipment SCA-6 (which was improved to extend the frequency range of the recorded signals), Sound Blaster sound card and PowerGraph laptop software for data recording. The dataset analysis included creating and interpreting a graph of geoacoustic intensity variation (the number of events in a given time interval) and comparing it with the data on the local scale seismic events that occurred during the observation period.

The geoacoustic research conducted in 2014 at the Yanoshi observation point near Berehove station yielded data on significant changes in the general emission levels associated with the local geoacoustic field (an increase in the number of daily intensive events). In the time series, the acoustic rock activity reached a noticeable peak in the 20th of April, with a further significant and sustained increase in such activity being observed from the second half of May until early September. Increased geoacoustic emissions coincided in time with a small local earthquake that took place on June 7, 2014 near the village of Fornosh, south of Mukachevo, at a distance of approximately 17 km from the observation point. The correlation between the seismic and geoacoustic emission events that occurred close in time suggests their relationship and proves the feasibility of using geoacoustic seismic observations in earthquake prediction studies.

Keywords: rock acoustic emission, seismic hazard studies, digital geoacoustic apparatus, RGS "Berehove".

Д. Малицкий, д-р физ.-мат. наук, проф.

E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua;

А. Назаревич, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

E-mail: nazarevych-a@cb-igph.lviv.ua;

А. Мыкита, вед. инж;

О. Асташкина, канд. геол. наук, млад. науч. сотруд.

E-mail: sac1@ukr.net;

Ю. Коваль, асп.

E-mail: yura1229@gmail.com;

М. Махницкий, инж. 2 кат.

Карпатское отделение

Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,

ул. Научная, 3-б, г. Львов, Украина, 79060

ГЕОАКУСТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ПУНКТЕ "ЯНОШИ" В ЗАКАРПАТЬЕ

В работе представлены методические и практические аспекты реализации автоматизированной непрерывной системы геоакустических наблюдений с целью контроля и прогнозирования локальных геодинамических процессов. Из многочисленных научных источников известно, что генерация сигналов геоакустической эмиссии, наблюдаемых в приповерхностной зоне, связана с процессом образования трещин при подготовке землетрясений. Поэтому изучение эмиссионного геоакустического сигнала имеет практическую ценность с точки зрения создания недорогой экспресс-системы прогнозирования сейсмических событий.

Практическая реализация геоакустических наблюдений осуществлена авторами с помощью модифицированной цифровой шахтной аппаратуры ЗУА-6 (которая была усовершенствована для расширения частотного спектра регистрируемых сигналов), звуковой карты Sound Blaster и ноутбука с программным обеспечением "PowerGraph" для регистрации данных. Методика анализа полученного массива данных заключается в построении и интерпретации графика интенсивности геоакустических вариаций (изменяющегося количества событий в определенном интервале времени) и его сопоставлении со сведениями о сейсмических событиях локального масштаба, произошедших за период геоакустических наблюдений.

По результатам анализа материалов геоакустических исследований, проведенных в 2014 г на пункте "Яноши" возле станции "Берегово", отмечены значительные изменения общего уровня локального геоакустического поля (увеличение суточного количества интенсивных событий). Во временном ряду заметен пик акустической активности пород в 20-х числах апреля, а также значительное и длительное повышение такой активности со второй половины мая, которое продолжалось до начала сентября. Повышение уровня геоакустической эмиссии совпало по времени с небольшим местным землетрясением, состоявшимся 07.06.2014 г возле с. Форнош, к югу от Мукачево, на расстоянии примерно 17 км от пункта наблюдений. Наличие корреляции во временном измерении между сейсмическими и геоакустическими событиями позволяет говорить об их связи и обосновывает возможность использования геоакустических наблюдений в качестве сейсмопрогнозных исследований.

Ключевые слова: акустическая эмиссия пород, сейсмопрогнозные исследования, цифровая геоакустическая аппаратура, РГС "Берегово".