

Назаревич А.¹, Назаревич Л.³, Баштевич М.², Назаревич О.¹, Микита А.¹

¹Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАНУ

²Львівський національний університет ім. І.Я.Франка

³Карпатська дослідно-методична геофізична партія ІГФ НАНУ
(м. Львів, Україна)

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОМОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

© Назаревич А., Назаревич Л., Баштевич М., Назаревич О., Микита А., 2003

Описано применение геоинформационных технологий в геомониторинге и сейсмопрогностических исследованиях.

Application of geoinformatic technologies (including the apparatus and program funds) in geomonitoring and seismoprogностic investigations is shown.

Геоінформаційні технології зараз використовуються повсюдно. Одним з основних напрямків, в якому ці технології розвиваються і активно використовуються у Карпатському відділенні Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАНУ (КВ ІГФ), є геодинамічний моніторинг і сейсмопрогностичні дослідження в Карпатському регіоні України. Колектив КВ ІГФ вже кілька десятиліть веде геофізичні моніторингові дослідження, а також структурно-пошукові геофізичні роботи і активно впроваджує у них геоінформаційні технології. Причому, роботи проводяться комплексно – від розробки і створення геофізичної апаратури, яка є джерелом первинної інформації, до систем збору і обробки і далі – до сучасної комп’ютерної обробки з застосуванням як стандартних і спеціальних програмних продуктів, так і оригінальних спеціально розроблених нашими спеціалістами. Напрацюваний нами досвід і результати є основою даної статті.

В загальному комплекс геоінформаційних задач, над якими працюють спеціалісти КВ ІГФ самостійно і у співпраці з спеціалістами геофізичних, геологічних, геодезичних, та з інших організацій, установ і вузів, включає наступні задачі: розробка спеціалізованої лабораторної та польової геофізичної апаратури, створення мережі пунктів моніторингових спостережень, забезпечення цих пунктів відповідним комплексом геофізичної апаратури і організація режимних геофізичних досліджень, забезпечення збору і експрес-обробки отримуваної інформації, забезпечення необхідної комп’ютерно-математичної обробки та картографічного подання кінцевих результатів з виходом на створення сучасних інтегрованих автоматичних геоінформаційних, експертних та прогностичних систем.

Основні зусилля при розробці і впровадженні геоінформаційних технологій спрямовуються нами на забезпечення геомоніторингових досліджень на Карпатському геодинамічному і сейсмопрогностичному полігоні (рис.1), де зараз створена і функціонує мережа режимних геофізичних станцій. Інший напрямок впровадження геоінформаційних технологій – лабораторні системи, зокрема так звані лабораторні модельючі установки.

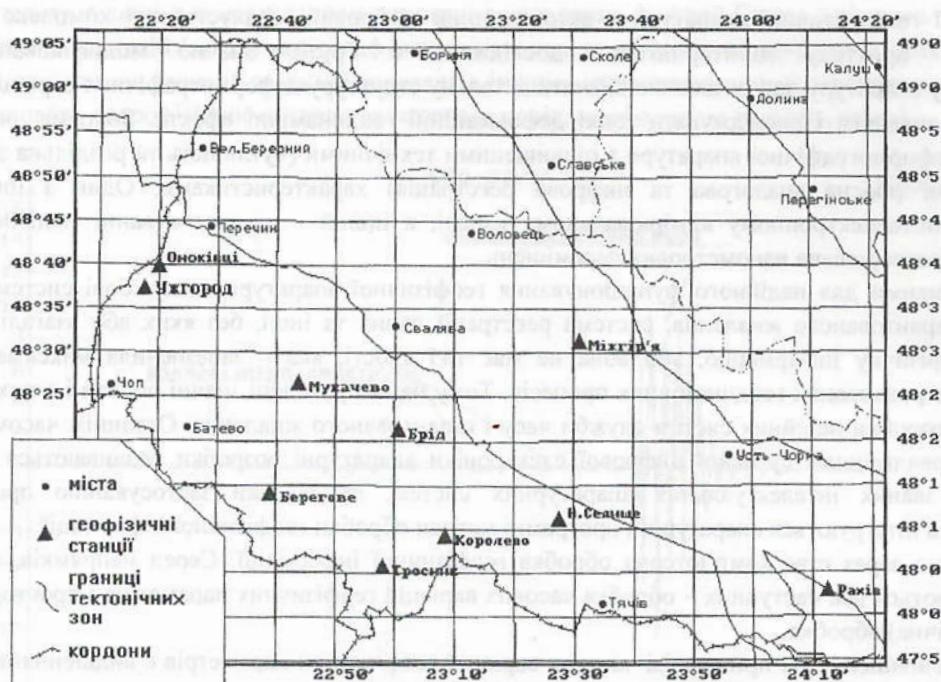


Рис. 1. Мережа режимних геофізичних станцій
Карпатського геодинамічного і сейсмопрогностичного полігона.

Основним джерелом первинної інформації для геоінформаційних технологій є геофізичні методи, які застосовуються нами та іншими дослідниками в різних варіантах і модифікаціях, залежно від особливостей об'єктів досліджень і розв'язуваних задач. В Карпатському відділенні розробляються та використовуються при проведенні геофізичних знімань та моніторингових досліджень різні методи – сейсмологічні, геоакустичні, деформографічні, акустоемісійні та геоелектроемісійні, геоелектричні та геоелектромагнітні, магнітометричні та інші. Використовуються також дані геодезичних, геологічних, геоморфологічних та дистанційних методів. Всі ці методи з різними за фізичною основою, методичними, інформаційними та експлуатаційними особливостями. У структурно-пошукових і моніторингових дослідженнях вони використовуються у різних модифікаціях. Для моніторингу, зокрема сейсмопрогностичного – це режимні спостереження комплексом методів на мережі геофізичних станцій (рис.1), які доповнюються періодичними профільними чи площинними зніманнями. Для структурно-пошукових робіт – це профільні і площинні знімання.

Так, як кожна з застосовуваних методик досліджень має свою специфіку, то в результаті отримується інформація, як правило, площинно-просторового і часово-просторового характеру, але різного об'єму, часово-просторової детальноті, з різною швидкістю надходження. Відповідно до цього застосовуються ті чи інші методи її апаратурної та комп'ютерної обробки і накопичення. В подальшому, враховуючи фізико-інформаційні особливості окремих методів, проводиться комплексна обробка та інтерпретація даних, в результаті якої отримується потрібна підсумкова інформація про геометрію та характеристики глибинних структур, а також про часово-просторові характеристики контролюваних геодинамічних процесів та ступінь небезпеки виникнення катастрофічних геодинамічних явищ природного чи техногенного походження.

Першою ланкою геоінформаційного ланцюга є геофізична апаратура, тому від її параметрів і характеристик багато в чому залежить і якість кінцевих результатів. Питанням вдосконалення існуючої та розробки нової геофізичної апаратури, в тому числі унікальної, призначеної для реалізації нових методів та нових варіантів вже відомих методик, в КВ ІГФ здавна приділяється багато уваги. Зокрема, нами розроблено автоматичний цифровий геоакустичний комплекс, який забезпечує реалізацію розроблених в КВ ІГФ параметричних геоакустичних методів контролю напруженно-деформованого стану масивів гірських порід, а також нових, розроблених нами сейсмогеоакустичних методів дослідження короткоперіодних варіацій гірського тиску, в тому числі і спричинених інфразвукочастотними пружними хвиллями та криповими процесами, виступає в якості системи збору геофізичної інформації на пункті спостережень, забезпечує передачу інформації по телеметричних та радіотелеметричних каналах та інші сервісні функції. Один з

комплектів такої геоакустичної апаратури – автоматичний цифровий геоакустичний комплекс АЦГК-1/01 впроваджено в практику моніторингових досліджень в Грузії. Значно модифіковано існуючу деформографічну апаратуру, що дозволило вивчати детальну структуру деформографічних варіацій в масивах гірських порід, виявляти і досліджувати тонкі деформаційні геодинамічні ефекти. Зокрема, розроблено 2 варіанти такої деформографічної апаратури з підвищеними технічними (чутливість та роздільна здатність) та експлуатаційними (якісна аналогова та цифрова реєстрація) характеристиками. Один з цих варіантів ґрунтуються на оптоелектронному вимірювальному каналі, а інший – на застосуванні ємнісного механоелектронного перетворювача нанометрових переміщень.

Дуже важливими для надійного функціонування геофізичної апаратури є службові системи – служба часу, система гарантованого живлення, система реєстрації даних та інші, без яких або взагалі неможливо отримувати геофізичну інформацію, або вона не має тієї якості, яка б забезпечила максимально повне дослідження контролюваних геодинамічних процесів. Тому нами проведені значні роботи і в цих напрямках, зокрема щодо розробки надійних систем служби часу і гарантованого живлення. Останнім часом у зв'язку з повсюдним впровадженням сучасної цифрової електроніки апаратурні розробки розвиваються в напрямку створення так званих інтелектуальних апаратурних систем, де завдяки застосуванню програмованих мікроконтролерів інтегруються апаратурні і програмні методи обробки геофізичної інформації.

Незамінною зараз стає комп’ютерна обробка геофізичної інформації. Серед напрямків, в яких вона ведеться, виділяються два наступних – обробка часових варіацій геофізичних параметрів і просторова (в тому числі картографічна) обробка.

Однією з основних задач при аналізі часових варіацій геофізичних параметрів є виділення на фоні завад різної природи корисної інформації, зокрема провісникових аномалій. Для досягнення цієї мети нами широко використовуються різні типи згладжування і усереднення даних, методики спектрального, фільтраційного та кореляційного аналізу. Як приклад такого аналізу, на рис. 2 (вихідний ряд (рис.2.б) тут показано дещо схематично) наведено виявлені за результатами фільтраційного аналізу в геоакустичних даних крипові провісники місцевих закарпатських землетрусів.

Щодо просторової обробки геофізичних даних, то вона розподіляється на два піднапрямки: обробка даних по профілях і побудова глибинних розрізів; обробка площинних даних і побудова різного роду карт. Обидва ці піднапрямки мають багато спільного, але мають і певні суттєві відмінності. При обробці геофізичних даних як у першому, так і в другому напрямку, в КВ ІГФ та інших геофізичних організаціях активно розробляються і застосовуються сучасні математичні методи та комп’ютерні технології. Зокрема, нашими спеціалістами чимало зроблено в напрямку розробки і застосування в сейсмології, сейсморозвідці, геоелектриці матричного методу, методів скінчених елементів і скінчених різниць. З застосуванням цих методів отримано важливі результати щодо вивчення глибинної будови літосфери різних регіонів, дослідження нафтогазоперспективних структур, моніторингу геодинамічних процесів.

Відносно другого піднапрямку можна констатувати, що геофізики, проводячи структурно-пошукові чи моніторингові дослідження, ніяк не можуть обйтися без картографічного, тобто прив’язаного до конкретних просторових координат, подання своїх даних. Навіть у попередні роки, коли основні дослідження проводилися по окремих геофізичних профілях (так звані зараз 2D-знімання), неможливо було обйтися без картографічної прив’язки цих профілів до місцевості, а тим більше зараз, коли в переважній більшості випадків проводяться площинні дослідження (3D-знімання), як найкраще картографічне подання отриманих даних набуває першочергового значення. Ще більш важливим є ефективне картографічне подання інформації при проведенні моніторингу різних геодинамічних процесів, тобто при 4D-зніманні (3 просторові координати і час).

Геофізична інформація традиційно широко подається в картографічному вигляді, і при цьому вже протягом значного часу використовуються комп’ютерні технології. Тут широко використовуються як загальновідомі програмні пакети даної спеціалізації, так і спеціально розроблені програмні засоби, а також їх різноманітні комбінації. Однією з проблем при картографічному поданні геофізичної інформації є те, що переважно геофізичні виміри є точковими, отримувана інформація має свої специфічні просторові характеристики, мають місце накладання різнопланових флюктуацій, похибок і завад різної (причому, часто однозначно не встановленої) природи, інші ефекти, тому її оптимальне просторове подання часто є справою нетривіальною. Для розв’язання цих проблем крім стандартних методів використовуються і специфічні методи математичної обробки, зокрема, згладжування в ковзаючому просторовому вікні різної величини і з різним кроком ковзання (як, наприклад, для подання різномасштабних гравітаційних аномалій), різновагове

додавання в такому ж вікні, з використанням для зважування даних функцій Гаусса з різними параметрами та інших специфічних функцій (як для картографування різних, в тому числі часово-просторових характеристик сейсмічності), врахування функцій взаємної кореляції з іншими картографованими параметрами (наприклад, з глибинною будовою, петрофізичними характеристиками порід, морфологією рельєфу, тощо).

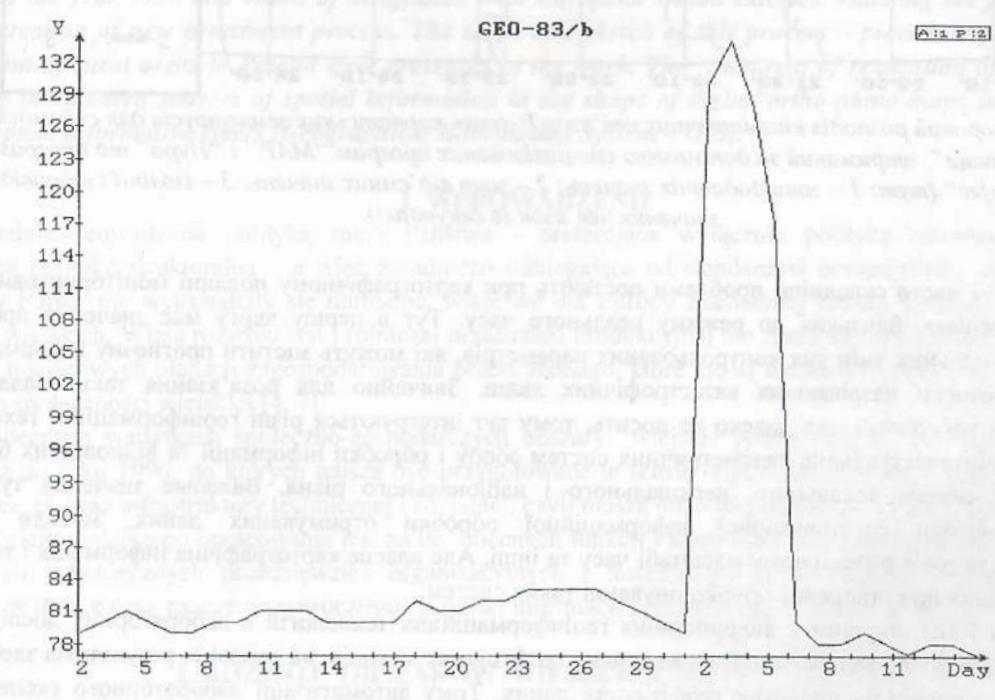
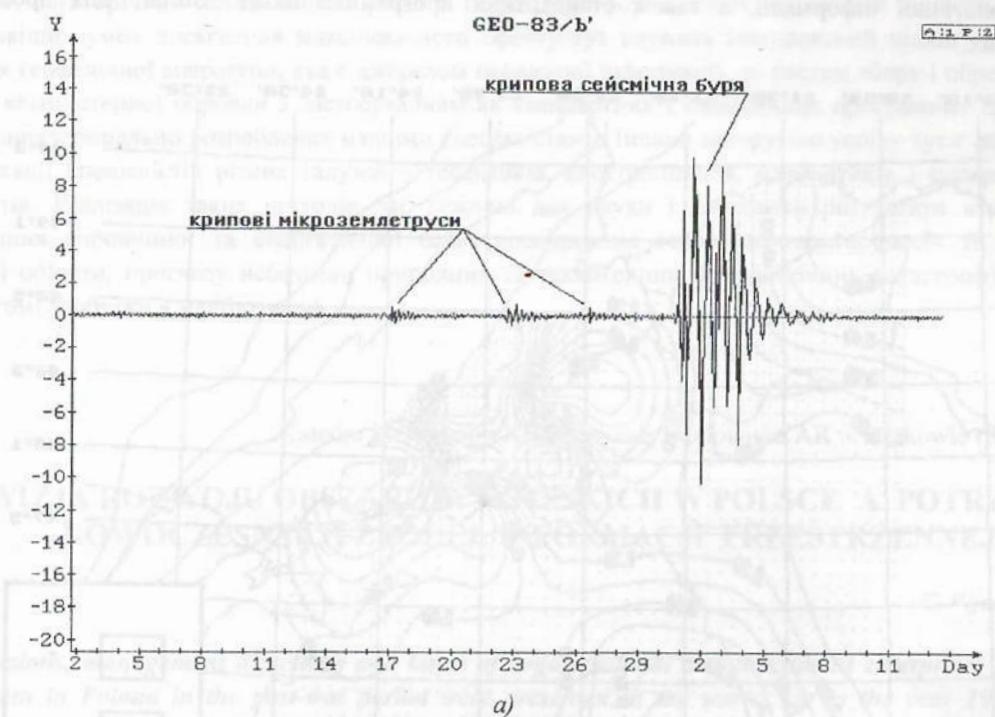


Рис.2. Крипові провісники Виноградівського землетрусу 4.10.1983 р. (а), виділені за результатами фільтраційного аналізу вихідного ряду (б.) геоакустичних варіацій.

Як ілюстрацію до сказаного, на рис.3 подано просторовий розподіл усереднених по окремих сейсмоактивних зонах кінематичних нев'язок Р-хвиль від місцевих землетрусів для сейсмостанції "Нижнє Селище", який використовується при уточненні гіпоцентрії місцевих землетрусів. Для отримання цих даних нами використано спеціалізовані програми "MAP" і "Hypo" (автори Ю.Т.Вербицький і С.Т.Вербицький) для обробки сейсмологічної інформації, а також стандартний програмний пакет "Surfer" для просторової інтерполяції даних.

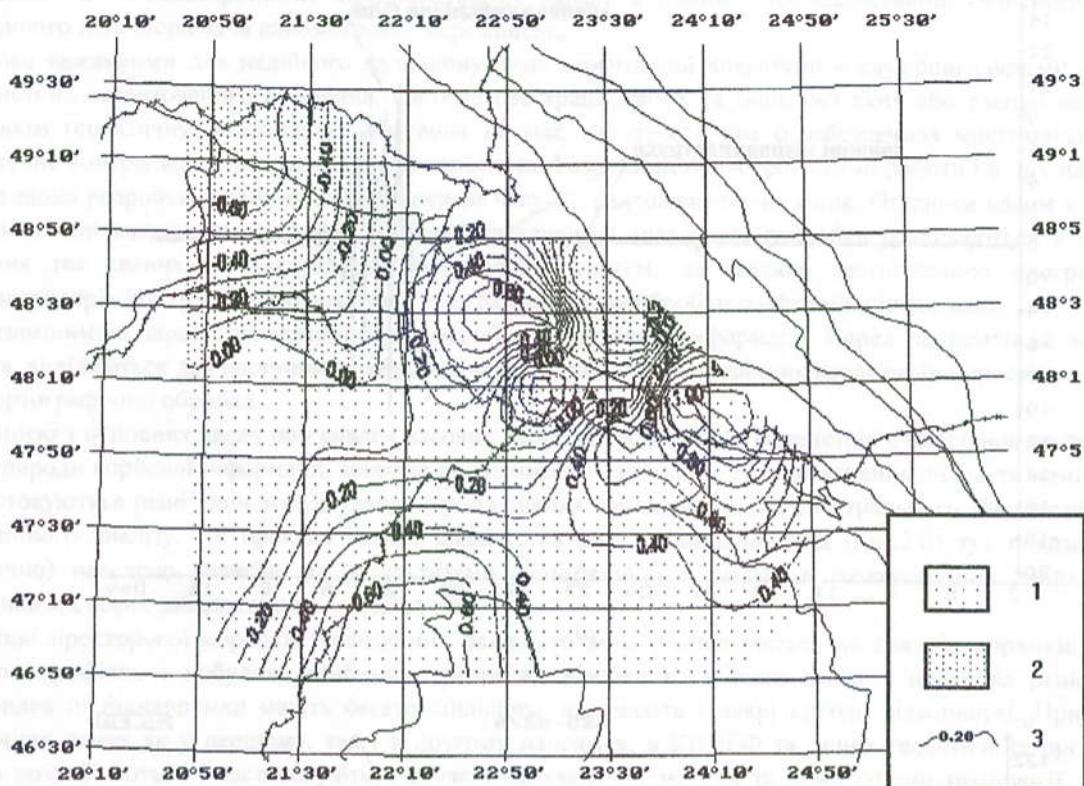


Рис.3. Просторовий розподіл кінематичних нев'язок Р-хвиль карпатських землетрусів для сейсмостанції "Нижнє Селище", отриманий за допомогою спеціалізованих програм "MAP" і "Hypo" та програмного пакету "Surfer" (тут: 1 – зони додатніх значень; 2 – зони від'ємних значень; 3 – ізолінії і відповідні їм значення нев'язок (в секундах)).

Дещо інші і часто складніші проблеми постають при картографічному поданні моніторингових даних, особливо в режимах, близьких до режиму реального часу. Тут в першу чергу має значення просторова локалізація аномальних змін тих контролюваних параметрів, які можуть містити прогнозну інформацію про посилення небезпеки назриваючих катастрофічних явищ. Звичайно для розв'язання таких задач самих картографічних технологій вже далеко не досить, тому тут інтегруються різні геоінформаційні технології – починаючи від інтелектуальних телеметричних систем збору і обробки інформації та відповідних баз даних до експертних систем локального, регіонального і національного рівня. Важливі значення тут мають математичні методи багатовимірної інформаційної обробки отримуваних даних, методи обробки інформаційних потоків в реальному масштабі часу та інші. Але власне картографічна інформація і технології є одними з базових при створенні і функціонуванні таких систем.

Важливим і все ширшим є використання геоінформаційних технологій в лабораторних дослідженнях. Адже лабораторні дослідження є одним з важливих геофізичних методів, на основі їх результатів здебільшого проводиться інтерпретація польових геофізичних даних. Тому автоматизації лабораторного експерименту, яка зараз переростає у створення лабораторних інформаційних систем, в КВ ІГФ здавна приділялась велика увага. Тут наведено, як приклад, лабораторні моделюючі установки для моделювання геоелектричних середовищ, у створенні яких спеціалісти Відділення (І.П.Мороз, С.Дещиця, Б.Ладанівський) є світовими лідерами. Такі установки фізичного моделювання використовуються для вивчення складних, максимально наблизжених до реальних умов геоелектричних моделей, які ще "не по зубах" комп'ютерному моделюванню.

Але для того, щоб такі установки були ефективними, необхідно було крім високоякісної зондуючо-вимірювальної апаратури оснастити їх комп'ютеризованою інформаційно-керуючою системою. Реалізація цієї ідеї дозволила отримати систему нової якості, яка не має аналогів у світі і успішно використовується для моделювання реальних геосередовищ різних районів світу – від Фенноскандії до Камчатки.

Отже, багаторічний досвід наших робіт в галузі геоінформаційних технологій свідчить, що однією з найважливіших умов досягнення максимального ефекту тут служить комплексний підхід – від розробки і створення геофізичної апаратури, яка є джерелом первинної інформації, до систем збору і обробки і далі – до сучасної комп'ютерної обробки з застосуванням як стандартних і спеціальних програмних продуктів, так і оригінальних спеціально розроблених нашими спеціалістами. Іншою запорукою успіху тут є поєднання знань і кваліфікації спеціалістів різних галузей – геофізиків, електронщиків, математиків і програмістів, інших спеціалістів. Реалізація таких підходів дає важливі для науки і економіки результати вже зараз (щодо нарощування сировинної та енергетичної бази, дослідження геодинамічних процесів та їх впливу на інженерні об'єкти, прогнозу небезпеки природних та техногенних геодинамічних катастроф) і принесе ще більш вагомі здобутки в майбутньому.