

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА НАН УКРАЇНИ**

**ВЕРБИЦЬКИЙ ЮРІЙ ТАРАСОВИЧ**

УДК 550.34.03

**МЕТОДИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ КОМПЛЕКСНОГО БАНКУ**  
**ГЕОФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

04.00.22 – геофізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Карпатському відділенні Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України

**Науковий керівник** доктор фізико-математичних наук, професор  
**Малицький Дмитро Васильович**,  
Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України,  
завідувач відділу, м. Львів

**Офіційні опоненти:**

доктор фізико-математичних наук

**Маслов Борис Петрович**,

Інститут механіки ім.С.П.Тимошенка НАН України, головний науковий співробітник, м. Київ

кандидат фізико-математичних наук

**Федченко Тетяна Олександрівна**,

Івано-Франківський національний технічний Університет нафти і газу,  
доцент кафедри польової і нафтової геофізики, м. Ів.-Франківськ

Захист відбудеться 3 грудня 2013 р. о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01 при Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м.Київ-142, проспект Палладіна, 32.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України адресою: 03680, м.Київ-142, проспект Палладіна, 32.

Автореферат розісланий „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2013 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради, Д 26.200.01,  
доктор геологічних наук



М.І.Орлюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

*Актуальність теми* дисертаційної роботи пов'язана з необхідністю формування в Карпатському регіональному центрі сейсмологічної інформації (КРЦСІ) ІГФ НАН України комплексного регіонального банку геофізичної інформації, дані якого необхідні для вивчення внутрішньої будови Землі, геодинаміки Карпатського регіону, встановлення рівня сейсмічної небезпеки методами загального сейсмічного районування території регіону, детального сейсмічного районування територій розташування великих населених пунктів і важливих об'єктів промисловості та інфраструктури, сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків з видачею спеціалістам із сейсмостійкого проектування даних про значення прогнозованих параметрів сейсмічної небезпеки, як в термінах сейсмічної бальності, так і у фізичних величинах - в термінах розрахункових акселерограм і спектрів реакції.

Важливість і актуальність створення банку геофізичної інформації і розв'язання, на основі його матеріалів, прикладних задач визначення сейсмічної небезпеки, пов'язані з наявністю на території регіону сучасної сейсмічної активності та значних сейсмічних впливів від землетрусів зони Вранча (Румунія). Найсильніші струшування були викликані Румунськими землетрусами, які відбулися в: 1230, 1790, 1802, 1838, 1908, 1940 і 1977, 1986, 1990 роках і місцевими землетрусами з інтенсивністю 6-8 балів, що відбулися поблизу поблизу Пішкольта (1829, 1834 рр.), Тячева (1781, 1784, 1823, 1830, 1870 рр.), Сигету (1784, 1823, 1870 рр.), Ракошино (1797 р.), Довгого (1869, 1872 рр.), Великих Мостів (1875), Сваляви (1908 р.), Страбичево (1924 р.), Тересви (1926 р.), Берегово (1931, 1965, 1977 рр.), Анталовців (1936 р.), Драгово (1937 р.), Долини (1976 р.), Углі (1979 р.), Чопа (1982 р.), Тернополя (2002 р.). Найактивнішим у сейсмічному відношенні на території Українських Карпат є Закарпаття. На його сейсмічність впливають землетруси як власних активних зон, так і близьких до кордону зон сусідніх держав. Дослідженню сейсмічності Закарпатської сейсмогенної зони присвячено багато наукових праць. Згідно з цими даними, значна частина території Закарпатської області належить до 7-бальної зони. Період повторення землетрусів такої інтенсивності близько 160 років. Максимально можливий енергетичний клас очікуваних землетрусів — 14, при максимальній струшуваності 8 балів.

Важливою і найбільш об'ємною частиною комплексного регіонального банку геофізичної інформації є банк сейсмологічних даних. Такі сейсмологічні банки створені і постійно вдосконалюються у міжнародних і національних центрах, таких як геофізична служба РАН, National Earthquake Information Center (NEIC), Broadband Seismic Data Collection Center (ANZA), European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC) та інших. На жаль, технології, що використовуються у таких банках даних, не можна безпосередньо впровадити в Карпатському регіональному центрі сейсмологічної інформації, тому що вони, зазвичай, жорстко орієнтовані на конкретні системи інструментальних спостережень, обчислювальну техніку,

програмне і фінансове забезпечення. У зв'язку з цим, виникла задача створення банку сейсмологічних даних Карпатського регіону, орієнтованого на існуючі мережі, доступне інструментальне і програмне забезпечення, особливості засобів зв'язку для передавання даних, обчислювальну техніку тощо.

Наявність у Карпатському регіоні матеріалів інструментальних спостережень, котрі отримуються не лише на сейсмологічних, але і на геофізичних станціях Карпатського геодинамічного полігону (атмосферні температура і тиск, геотемпература, деформації гірських порід, кількість опадів, варіації магнітного поля тощо), зумовила необхідність розширення регіонального банку геофізичної інформації шляхом створення регіонального банку геофізичних полів, дані якого використовуються при дослідженні фізичних процесів в зонах підготовки місцевих землетрусів.

Для прогнозування сеймотектонічного потенціалу розломних структур, необхідно оцінювати величину і активність реально існуючих тектонічних блоків, співставляючи їх із вогнищами і механізмами тяжіючих до них землетрусів. Таким чином, створюваний банк геофізичної інформації необхідно було доповнити даними про розломні структури, з можливістю їх картографічного відображення і вказанням їх морфологічних, геологічних та геотектонічних параметрів.

***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.***  
Дисертація підготовлена автором під час роботи в Відділі сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України (ВСКР ІГФ). Здобувач брав участь у науково-дослідній роботі по бюджетних темах:

1. «Удосконалення методів сейсмологічних досліджень в Карпатському регіоні України» № держреєстрації 0198U000215 (I квартал 1998 р. – IV квартал 2002 р.). (керівник теми – к.ф-м.н. С.Т. Вербицький).

2. «Розробка теоретичних основ і апаратно-програмних засобів сейсмічного моніторингу Карпатського регіону» (I квартал 2003 р. – IV квартал 2007 р.) № держреєстрації 0103U000638 (керівник теми – к.ф-м.н. С.Т. Вербицький).

3. «Тестування та відлагодження апаратно-програмних засобів сейсмічного моніторингу на базі Карпатської сейсмологічної мережі» (III квартал 2004 р. – IV квартал 2007 р.) № держреєстрації 0104U009570 (керівник теми – к.ф-м.н. С.Т. Вербицький).

4. «Розробка алгоритмів програмного забезпечення для обробки та аналізу даних сейсмічного моніторингу об'єктів енергетики». (I квартал 2008 р. – IV квартал 2012 р.). № держреєстрації 0108U000526 (керівник теми – к.ф-м.н. С.Т. Вербицький).

5. «Апробація апаратно-програмних засобів для формування бази даних сейсмологічної інформації». (I квартал 2008 р. – IV квартал 2010 р.) № держреєстрації 0108U000527 (керівник теми – к.ф-м.н. С.Т. Вербицький).

**Мета і задачі дослідження.** Метою досліджень є формування комплексного банку геофізичної інформації для Карпатського регіонального центру сейсмологічної інформації (КРІЦІ) ІГФ НАН України.

Для досягнення мети вирішувалися наступні задачі:

1. Аналіз світового досвіду побудови та функціонування банків сейсмологічної та геофізичної інформації.

2. Формування принципів і технології створення банку геофізичної інформації Карпатського регіону з врахуванням специфіки регіональних спостережень.

3. Вибір, удосконалення методичних підходів, засобів автоматизації процесів збору, формування геофізичних і сейсмологічних баз даних, обробки, зберігання та доступу до даних і результатів їх обробки.

4. Розробка і створення регіонального банку сейсмологічних даних Карпатського регіону. Забезпечення його функціонування та забезпечення сумісності і зв'язків з базами сейсмологічних даних міжнародних сейсмологічних центрів і сейсмологічних центрів сусідніх країн.

5. Розробка і створення регіонального банку даних геофізичних полів, що реєструються на режимних геофізичних станціях Карпатського геодинамічного полігону.

6. Розробка системи та засобів регіонального банку розломних структур для картографічного представлення і комплексної інтерпретації результатів геофізичних спостережень з використанням даних про тектонічні структури.

7. Аналіз досвіду формування баз і банків даних для Карпатського регіонального центру сейсмологічної інформації ІГФ НАН України та результатів їх практичного застосування.

**Об'єктом дослідження** є банк даних геофізичної інформації Карпатського регіону.

**Предметом дослідження** є методика і засоби системи зберігання, обробки, аналізу та доступу до геофізичної і сейсмологічної інформації.

**Методи дослідження.** При розробленні методики та програмних засобів для обробки, зберігання та аналізу геофізичних даних використовувалися методи статистичного, кореляційного, спектрального та поляризаційного аналізів реальних геофізичних та сейсмологічних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше, на основі використання новітніх інформаційних технологій з урахуванням специфіки організації регіональних сейсмологічних спостережень, створено регіональний банк сейсмологічних даних Карпатського регіону, що базується на використанні системи управління базами даних (СУБД), як основного засобу оперативного доступу та маніпуляції даними;

2. Створено адаптований до умов Карпатського регіону комплекс програмних засобів для накопичення, обробки, аналізу та доступу до масивів сейсмологічних даних з метою детального комплексного аналізу сейсмічних подій (їх розпізнавання, визначення розташування і динамічних параметрів вогнища, вивчення сейсмічного режиму тощо);

3. Для Карпатського регіону розроблено, створено і забезпечено функціонування регіонального банку розломних структур; розроблено та наповнено бази даних про розломні структури (БДРС); розроблено комплекс програмних засобів для використання БДРС при інтерпретації даних регіональних геофізичних спостережень і картографічному представленні їх результатів.

**Обґрунтованість і достовірність** одержаних результатів забезпечена використанням сучасного світового досвіду, перевірених на практиці, методик і технологій одержання та обробки зареєстрованих геофізичних (сейсмологічних) матеріалів, великим об'ємом проаналізованих експериментальних геофізичних даних та підтвердженням ідентичності результатів, отриманих з використанням розроблених автором програмних засобів, з результатами одержаними в Міжнародних сейсмологічних центрах.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблений і сформований автором комплексний регіональний банк геофізичної інформації, значно покращив якість збору, зберігання, обробки, аналізу та доступу до всього комплексу сейсмологічних та геофізичних даних в Карпатському регіональному центрі сейсмологічної інформації ІГФ НАН України. Представлені в дисертаційній роботі технологічні розробки, алгоритми та програмне забезпечення можуть застосовуватися при удосконаленні банків даних інших регіональних центрів сейсмологічних (геофізичних даних), а також банків локальних мереж сейсмологічних спостережень, які, відповідно до рекомендацій МАГАТЕ, повинні створюватися в районах розташування техногенно- і екологічно-небезпечних об'єктів атомної енергетики.

**Особистий внесок здобувача.** Основні методичні положення та результати комплексних геофізичних спостережень, які наведені в дисертаційній роботі, отримано здобувачем особисто та достатньою мірою висвітлено в наукових (в т.ч. фахових) виданнях. В роботах [1, 3] автором була запропонована та протестована методика обробки та комплексного аналізу даних геофізичного моніторингу. У роботах, виконаних у співавторстві з к. г.-м. н. Вербицьким Т. З. та ін., автор брав безпосередню участь в розробці методики комплексного аналізу геофізичних полів [1, 2, 4, 5]. Зокрема, в роботі [1] автор запропонував використання методу регресійного аналізу для побудови статистичної моделі зміни в часі місцевої сейсмічності. В роботах [6, 7, 11, 12, 16], виконаних разом з к. ф.-м. н. Вербицьким С.Т., автор приймав безпосередню участь в розробці концепції, методів та засобів вдосконалення системи сейсмічного моніторингу у Карпатському регіоні. Автор приймав безпосередню участь в створенні сейсмологічних каталогів [8,10], зокрема авторові належить розробка та впровадження засобів обробки даних цифрової реєстрації та аналізу сейсмологічної інформації [18,19]. В роботі [9] автором були розроблені та впроваджені засоби віддаленого доступу до результатів сейсмологічних спостережень. В роботі [14] авторові належить методика оцінювання чутливості сейсмічної мережі для проектування автоматизованих системи

сейсмічного моніторингу енергетичних об'єктів, а також розробка методів і засобів обробки результатів спостережень [17]. В роботі [15] авторів належить попереднє оброблення вхідних даних, участь в обговоренні та підготовці висновків

**Реалізація та впровадження результатів роботи.** Представлені в роботі концепції, методи та алгоритми реалізовано у вигляді комплексу програмних засобів, що використовуються у Відділі Сейсмічності Карпатського регіону ІГФ НАН України.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення, ідеї, методики та результати наукових досліджень доповідались і обговорювались на:

- науковій конференції, присвяченій пам'яті першого керівника Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, доктора геолого-мінералогічних наук, професора Я.С.Сапужака «Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2005 [20];
- науковій конференції до 75-річчя від Дня народження першого керівника Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, доктора геолого-мінералогічних наук, професора Я.С.Сапужака «Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2006 [21];
- науковій конференції присвяченій пам'яті фундаторів Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України Тараса Зиновійовича Вербицького і Ярослава Станіславовича Сапужака «Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2007 [22];
- Міжнародній науковій конференції «Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)», Ялта, 2007 [23,24].
- X Міжнародній науковій конференції «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища», Київ, 2012 [25].
- Наукової конференції – семінарі присвяченій 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних районах», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2012 [26].
- XVII Міжнародний науково-технічний симпозиум «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS – технології», Алушта (Крим), 2012 [27].

У повному обсязі робота доповідалась на розширених наукових семінарах Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України; наукових семінарах відділу методів сеймотектонічних досліджень Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна

НАН України та відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

**Публікації.** Основні результати за темою дисертації опубліковано в 27 наукових працях: у 12 статтях в наукових журналах і збірниках наукових праць, які входять до Переліку фахових видань ВАК України в галузі фізико-математичних наук, у 7 наукових статтях в інших виданнях та у 8 тезах доповідей вітчизняних і міжнародних конференцій.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків та списку використаних джерел, що налічує 154 найменувань. Загальний обсяг дисертації становить 128 сторінок, обсяг основного тексту становить 99 сторінок, ілюстрованого 32 рисунками та 5 таблицями.

Роботу виконано у Відділі сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Карпатському відділенні Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, де дисертантом отримано основні результати теоретичних досліджень та проведено практичну реалізацію результатів роботи.

Автор висловлює щире подяку науковому керівникові доктору фізико-математичних наук, завідувачу відділу методів сейсмотектонічних досліджень КВ ІГФ ім. С. І. Субботіна НАН України Малицькому Д. В. за постійну підтримку і допомогу в процесі роботи над дисертацією. Автор вдячний кандидатові фізико - математичних наук, зам. директора ІГФ ім. С. І. Субботіна НАН України Кендзері О. В. за допомогу і корисні поради.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: розкрито сутність і сучасний стан вивчення наукової проблеми, обґрунтовано доцільність та актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано її мету, основні методи і задачі досліджень, відзначено наукову новизну отриманих результатів, їх зв'язок із науковими програмами, планами та темами, наведено дані щодо її практичної цінності й апробації. Відображено основний зміст роботи і структуру дисертації.

У **першому** розділі обґрунтовано необхідність впровадження новітніх підходів до створення регіонального банку сейсмологічних даних (РБСД) Карпатського регіону, зроблено огляд існуючих банків сейсмічних даних і визначено основні принципи функціонування РБСД. Проведено аналіз сучасних методів та засобів зберігання, доступу і обробки сейсмічних даних із погляду можливості їх застосування для РБСД Карпатського регіону. Обґрунтовано необхідність створення програмних засобів, котрі б задовольняли специфіці РБСД Карпатського регіону. Описано основні принципи, структуру та можливості розроблених програмних засобів, а також представлено основні результати їх впровадження.

Основним джерелом первинної інформації, на котрій базується робота регіональних банків сейсмологічних даних, є сейсмологічні мережі. У Карпатському регіоні розвиток сейсмологічної мережі розпочався із



організації Львівської сейсмічної станція у 1899 році на базі Астрономо - метеорологічної обсерваторії Львівської політехніки. У 1908 році створено сейсмічну станцію на базі Чернівецького університету, а в 1934 році - сейсмічну станцію в м. Ужгороді на базі міської гімназії. Ці станції реєстрували сильні сейсмічні події зі всього світу, але за своїми технічними можливостями не могли реєструвати слабкі місцеві землетруси, що відбувалися в Карпатському регіоні.

Після другої світової війни основну увагу було приділено вивченню регіональної та локальної сейсмічності, у зв'язку з чим продовжено розбудову сейсмічної мережі у Карпатському регіоні. У 1956 р. було відкрито сейсмічну станцію “Рахів”, у 1961 р. - “Косів”, “Міжгір'я”, “Моршин”; у 1987 р. - “Тросник” і “Нижнє Селище”; у 1991 р.- “Городок”. Але така кількість станцій все ще не забезпечувала достатньої густини мережі для надійної реєстрації землетрусів з енергетичним класом  $K < 9.5$ . Тому роботи з розширення мережі було продовжено і, станом на кінець 2012 р., Карпатська сейсмологічна мережа налічувала 20 сейсмічних станцій, що дозволило надійно реєструвати землетруси з енергетичним класом  $K \geq 8$  у Західному регіоні України і  $K \geq 6.5$  - в Закарпатті зокрема. Іншим аспектом розвитку мережі було поступове впровадження з 1992 р. цифрової реєстрації, котра у 2003 р. дозволила повністю відмовитися від аналогової реєстрації, що, в свою чергу, докорінно змінило спосіб отримання та збереження і отримання інформації. Зрозуміло, що такий розвиток мережі спричинив значне зростання потоку інформації. Якщо в 2000 р. річний об'єм первинної інформації становив приблизно 500 Мб, то у 2012 р. він становив уже 6 Гб., що зробило старі методи збереження, доступу та обробки інформації малоефективними. Таким чином, усі ці зміни зумовили необхідність розробки абсолютно нових підходів до усього процесу збереження, доступу та обробки сейсмологічної інформації, котрі б у повній мірі використовували можливості сучасних інформаційних технологій.

У результаті аналізу сучасних банків сейсмічних даних, а також із врахуванням таких специфічних особливостей сейсмічних спостережень у Карпатському регіоні, як нерівномірна щільність мережі та існування декількох невеликих сейсмогенних зон (Мукачеве, Довге, Міжгір'я, Новодістровськ), розроблено основні принципи функціонування РБСД Карпатського регіону:

- Основою РБСД є база сейсмічних даних (БСД) під управлінням реляційної СУБД;
- Наповнення БСД здійснюється в процесі зведеної попередньої обробки сейсмологічної інформації в «режимі накопичення», тобто після формування архіву хвильових форм для деякого часового періоду;
- Процес попередньої обробки первинної інформації має бути максимальна автоматизований, з можливістю виділення слабких сейсмічних подій, котрі реєструються двома або, навіть, одним пунктом сейсмічних спостережень;
- Можливість віддаленого доступу до інформації;

- Можливість альтернативних розв'язків однієї сейсмічної події;
- Можливість використання альтернативних засобів аналізу сейсмічної інформації.

Були проаналізовані сучасні програмні засоби (Earlybird (США), Antelope (США), SeisComp (Німеччина), WSG (Росія)), що застосовуються у РБСД в якості систем управління та обробки даних. Оскільки, ні одна із цих систем не задовольняє в повній мірі специфіці РБСД Карпатського регіону, а більшість з них (Antelope, Earlybird, WSG) є платними і закритими системами, що виключає будь яку можливість їх модифікації, було вирішено розробити власні програмні засоби, котрі б відповідали вищезгаданим принципам.

В якості схеми даних БСД використано схеми даних, котрі входять у програмний пакет системи сейсмічного моніторингу EARTHWORM. Згідно цих схем є БСД цілісною системою, що об'єднує три бази даних (БД) – БД сейсмічних подій, БД інфраструктури мережі і БД хвильових форм.

Для попередньої автоматизованої обробки сейсмологічної інформації розроблено програму «SEISMIC ASSOCIATOR», основними функціями якої є:

- попереднє виділення основних сейсмічних фаз шляхом аналізу хвильових форм;
- групування цих фаз у сейсмічні події;
- ототожнення виділених подій з інтернет-каталогами;
- реєстрація виділених подій у БСД.

Було розроблено програму-інтерфейс БД сейсмічних подій «EWDB CLIENT», основними функціями котрої є:

- імпорт даних із зовнішніх джерел (банків даних, каталогів тощо);
- формування і виконання запитів – вибірка згідно обраних критеріїв;
- створення і модифікація даних;
- поглиблений сейсмологічний аналіз із використанням вбудованої або зовнішньої системи аналізу (MatSeis);
- створення звітів у форматі Excel;
- використання ГІС GoogleMap для відображення результатів;
- експорт сейсмічної інформації у популярні сейсмологічні формати (SUDS, SAC, MiniSEED);
- експорт даних у ГІС GoogleEarth (KML) або MapInfo (MIF);
- вбудований інтерфейс бази даних інфраструктури сейсмічної мережі, котрий дозволяє вносити і модифікувати інформацію про параметри пунктів спостережень і амплітудно - частотні характеристики реєструючих каналів, а також фіксувати будь-які зміни розташування, періоду роботи та зміни в обладнанні.

У програмі реалізовано інтерфейс аналізу і обробки сейсмічних даних, котрий дозволяє здійснювати наступні операції:

- перевизначення і визначення нових сейсмічних фаз;

- обчислення параметрів вогнища (координати і глибина гіпоцентра) – можливість використовувати одну із декількох програм (deterpi, elocate, hypoiverse, hypo71);
- обчислення магнітуд (md, ml, mb, MSH, MPV, K);
- фільтрація
- поляризаційний аналіз;
- спектральний аналіз;
- інтегрування і диференціювання, фільтрація, корекція хвильових форм за вплив приладу;
- візуалізація результатів у ГІС GoogleMap.

В якості інтерфейсу публічного доступу використано WEB-інтерфейс, що входить у програмний пакету системи сейсмічного моніторингу EARTHWORM.

У 2011 р. у ВСКР ІГФ НАНУ створено центр обробки сейсмічних даних, основними компонентами якого є:

- сервер попередньої обробки (OS Windows 2000), на якому встановлено програму SEISMIC ASSOCIATOR;
- серверний кластер (OS Ubuntu Server 12.0), на якому встановлено СУБД Oracle 11g та інтернет-сервіси (WWW, FTP, E-Mail, SSH);
- мережний файловий сервер (NAS), на котрому знаходиться БСД і архів хвильових форм.

З використанням зазначених підходів, створено регіональний банк сейсмологічних даних, який включає базу сейсмологічних даних під управлінням СУБД Oracle 11g і бібліотеку програмних засобів для накопичення, обробки, аналізу та доступу до сейсмічних записів і результатів їх опрацювання, з метою детального і аналізу регіональної сейсмічності (визначення розташування і динамічних параметрів вогнищ землетрусів, вивчення сейсмічного режиму тощо..).

У **другому** розділі розглянуто розвиток геофізичних спостережень в Карпатському регіоні. Подано перелік реєстрованих геофізичних параметрів та розглянуто кожен з них з погляду важливості для вивчення напружено-деформованого стану земної кори. Запропоновано уніфікований формат представлення даних та спосіб надання віддаленого багатокористувацького доступу.

Комплексні геофізичні дослідження в Карпатському регіоні розпочато в 1965 р. із створення Карпатського геодинамічного полігону, розташованого у Закарпатській обл. На сьогоднішній день Карпатський геодинамічний полігон складається із 6-ти РГС, на котрих у безперервному режимі реєструється комплекс геофізичних параметрів. За час більш ніж 20-річного терміну спостережень накопичено велику кількість інформації, котра склала основу регіонального банку даних геофізичних полів (РБДГП). Результати цих спостережень представлено у вигляді масивів дискретних значень досліджуваного параметру. Частота (крок) реєстрації варіюється, в залежності від конкретного параметру, від 1 хв до 1 доби. Фізично ці дані

зберігаються у вигляді текстових файлів певного формату, кожен з яких складається із заголовка і самих даних. Заголовок містить інформацію про тип геофізичного параметру, початок (дата і час) та частоту (крок) реєстрації, кількість зареєстрованих значень та необов'язкову описову інформацію. РБДГП являє собою всю сукупність файлів даних у вищезгаданому форматі, об'єднаних, для зручності доступу, в ієрархічну структуру каталогів. Для зручності імена з цих файлів мають єдиний формат, котрий включає код РГС, код геофізичного параметру та дату і час початку реєстрації. Інформацію розміщено на мережному сервері даних, що реалізує багатокористувацький доступ до інформації. З метою забезпечення отримання інформації будь-якими зацікавленими особами або організаціями, реалізовано доступ до неї по Інтернет - протоколу FTP (File Transfer Protocol), котрий є, на сьогоднішній день, стандартом доступу до файлових архівів у мережі Інтернет.

Результати спостережень на Карпатському геодинамічному полігоні з використанням РБДГП застосовано для комплексного аналізу зв'язку часових варіацій геофізичних параметрів (температура надр, атмосферний тиск, рівень ґрунтових вод, деформації порід, рівень мікросейсм) з проявами регіональної сейсмічності ( виділення сейсмічної енергії термін і кількості землетрусів за місячний термін)

У **третьому** розділі вказано на важливість створення регіонального банку розломних структур (РБДРС) для інтерпретації результатів сейсмологічних спостережень з погляду регіональної тектоніки. Проаналізовано світовий доробок у створенні подібних банків даних і розроблено концепцію РБДРС, що базується на використанні СУБД для маніпуляції даними, а також геоінформаційних систем (ГІС) для візуалізації результатів. Описано схему та можливості розробленого інтерфейсу бази даних розломних структур (БДРС).

Створення регіонального банку даних розломних структур Карпатського регіону (РБДРС) розпочато у ВСКР ІГФ НАНУ в 2001 р. в рамках державної теми "Удосконалення методів сейсмологічних досліджень в Карпатському регіоні України" і продовжено в 2004 р. в рамках державної теми «Розробка теоретичних основ і апаратно - програмних засобів сейсмічного моніторингу Карпатського регіону».

Основна мета створення РБДРС – надавати інформацію про можливі сейсмогенеруючі структури регіону, з одного боку, а з іншого – визначати активність розломних структур на сучасному тектонічному етапі.

Як результат аналізу світового доробку, сформульовано основні засади РБДРС:

- Основою РБДРС є база даних розломних структур під управлінням реляційної СУБД.
- Схема даних повинна забезпечувати відтворення цих даних як просторових об'єктів у будь-якій геоінформаційній системі.

- Схема даних повинна повноцінно описувати розломні структури, а також включати інформацію про літературні джерела, з яких було отримано дані про об'єкти.

Одним з ключових моментів при розробці схеми даних, була реалізація принципової можливості представляти ці дані не тільки в параметричному (описовому) вигляді, але і як просторові об'єкти, котрі могли б бути відтворені в будь-якій ГС, таких, наприклад, як ArcInfo або MapInfo. Таке рішення повинно описувати розломні структури як трьохвимірні, що дозволить в майбутньому, при умові наявності достатньої інформації, будувати тривимірну модель тектоніки.

Було створено схему даних, котра представляє кожен розломну структуру як набір сегментів, котрі описуються площиною довільної форми, обмеженою верхньою і нижньою границями. Такий підхід дає можливість визначати активні ділянки розломів із врахуванням даних сейсмічних спостережень. БДРС включає параметри, котрі характеризують розломні структури не тільки в загальному (тип, протяжність, причина виникнення, надійність ідентифікації тощо), але й містить дані для кожного із сегментів розлому (кут падіння площини розлому, напрямок простягання, середній період повторюваності подій в межах сегменту розлому, останні одиночні зміщення по розлому в результаті землетрусу і т.п.). Основою для створення бази даних розломних структур (БДРС) Карпатського регіону став каталог лініаментів Карпатського регіону, створений в 2001 р. в рамках державної теми "Удосконалення методів сейсмологічних досліджень в Карпатському регіоні України".

Створено макет та інтерфейс користувача БДРС з використанням СУБД «Microsoft Access», котрий реалізовано у вигляді трьох діалогових форм:

- форма «ФІЛЬТР» дозволяє вибрати групу розломів згідно заданих критеріїв. Результати вибірки можуть бути зображені на карті ГС «GoogleMap» або експортовані у файли форматів MIF (Mapinfo Interchange Format) і KML (Keyhole Markup Language - мова розмітки на основі XML) для представлення тривимірних геопросторових даних у програмі «GoogleEarth» та двовимірних карт в сервісі «GoogleMap». Також, у даній формі можна вибрати конкретний розлом з метою редагування його параметрів у Формі «Параметрів розломних структур»;
- форма «Параметри розломних структур» дозволяє в зручній і наглядній формі редагувати параметричні дані, що стосуються вибраного розлому або його сегментів. У залежності від типу, параметри вводяться безпосередньо у полі вводу або шляхом вибору із списків;
- форма «Редактор Атрибутів» дозволяє створювати та модифікувати списки атрибутів, котрі використовуються у Формі «Параметри розломних структур».

У дисертації показано використання РБДРС для інтерпретації тектонічних причин активізації сейсмічності в Мукачівській сейсмоактивній зоні.

У четвертому розділі продемонстровано застосування банків сейсмологічних і геофізичних даних при вирішенні ряду фундаментальних та прикладних задач сейсмології.

Зміни фізичних властивостей гірських порід і відповідних геофізичних полів обумовлені різними причинами, наприклад, припливними силами, метеофакторами і т. п. Все це створює значні труднощі для інтерпретації результатів геофізичних досліджень сучасних тектонічних процесів. Для підвищення достовірності інтерпретації досліджень необхідно враховувати ефекти від завад різної природи, зменшити до мінімуму їх вплив технічними і методичними засобами, використовувати найбільш завадостійкі характеристики геофізичних полів. Отже, на початковій стадії досліджень необхідно мати дані спостережень максимально широкого комплексу геофізичних полів і детальний аналіз їх результатів з точки зору завадостійкості та інформативності. На основі аналізу результатів режимних геофізичних досліджень зроблено вибір оптимального комплексу параметрів геофізичних полів, який забезпечує розв'язок поставлених задач у конкретній сеймотектонічній зоні з притаманними їй фізико-геологічними особливостями.

Відсутність строгої теорії обґрунтування зв'язку різних геофізичних полів з напружено - деформованим станом земної кори та сейсмічністю не дозволяє встановити функціональні залежності між геофізичними полями та підготовкою місцевих землетрусів, стримує застосування одержаних результатів для оцінки сейсмічної небезпеки в регіоні. Застосування комплексного банку геофізичної інформації відкриває шлях для моделювання зв'язку між проявами регіональної сейсмічності (кількість землетрусів і виділеної енергії в заданому часовому діапазоні) і часовими варіаціями геофізичних параметрів. Це продемонстровано на побудові статистичної моделі зміни в часі місцевої сейсмічності. Дана модель, яка отримана із застосуванням методу багатомірної регресії, описується нелінійними залежностями вигляду:

$$\lg E = a_0 - a_1 G - a_2 D - a_3 P - a_4 T + a_5 G^2 + a_6 GD + a_7 D^2 + a_8 DP + a_9 DT - a_{10} P^2 - a_{11} PT$$

$$N = b_0 - b_1 D - b_2 P - b_3 T + b_4 G^2 + b_5 GD + b_6 GP - b_7 GT + b_8 D^2 + b_9 DP + b_{10} DT - b_{11} P^2 + b_{12} T^2$$

де  $\lg E$  — логарифм енергії (Дж), виділеної місцевими землетрусами протягом місяця;  $N$  — сумарна кількість землетрусів протягом місяця;  $G$ ,  $D$ ,  $M$ ,  $P$  і  $T$  — середньомісячні значення відповідно температури і деформації земної кори, рівня мікросейсм, атмосферного тиску і температури повітря;  $a_0 \dots a_n$ ,  $b_0 \dots b_n$  — коефіцієнти, що визначаються в процесі побудови рівнянь регресії.

Вхідними даними для побудови моделі служать параметри геофізичних полів і сейсмічних подій, отримані з використанням регіонального банку

геофізичної інформації (РБСД, РБДГП). Із метою визначення ефективності прогнозування характеристик сейсмічності за допомогою одержаного модельного рівняння проведено їх розрахунок для 1997 р. Графіки спостережуваних та розрахованих змін у часі енергії та кількості землетрусів показано на Рис. 1. Коефіцієнти взаємної кореляції цих величин на прогнозований період часу (1997 р.) для енергії землетрусів та їх кількості рівні відповідно  $rE = 0,69 \pm 0,03$  і  $rN = 0,58 \pm 0,04$ .

На основі проведених досліджень варіацій геофізичних полів за допомогою даної методики зроблено такі попередні висновки:

- зміни в часі всіх досліджуваних рядів значень характеристик геофізичних полів мають складний коливний характер;
- тісних зв'язків між досліджуваними рядами не виявлено, що можна пояснити впливом різних неврахованих факторів;
- інтервали часу аномального стиску гірських порід земної кори відповідають періодам пониження їх температури;
- стиск гірських порід земної кори супроводжується зростанням сейсмічної емісії місцевих землетрусів, рівня мікросейсм і акустичної емісії;
- періоди активізації сейсмічних процесів запізнюються відносно періодів часу пониження температури гірських порід у свердловині РГС "Тросник" приблизно на три місяці;
- на основі комплексних режимних геофізичних спостережень на мережі станцій можна будувати статистичні моделі зміни в часі енергії і кількості місцевих землетрусів, котрі можуть використовуватися для дослідження змін напружено-деформованого стану геологічного середовища в зонах можливого виникнення сильних місцевих землетрусів і отримання прогнозних оцінок сейсмічної небезпеки.

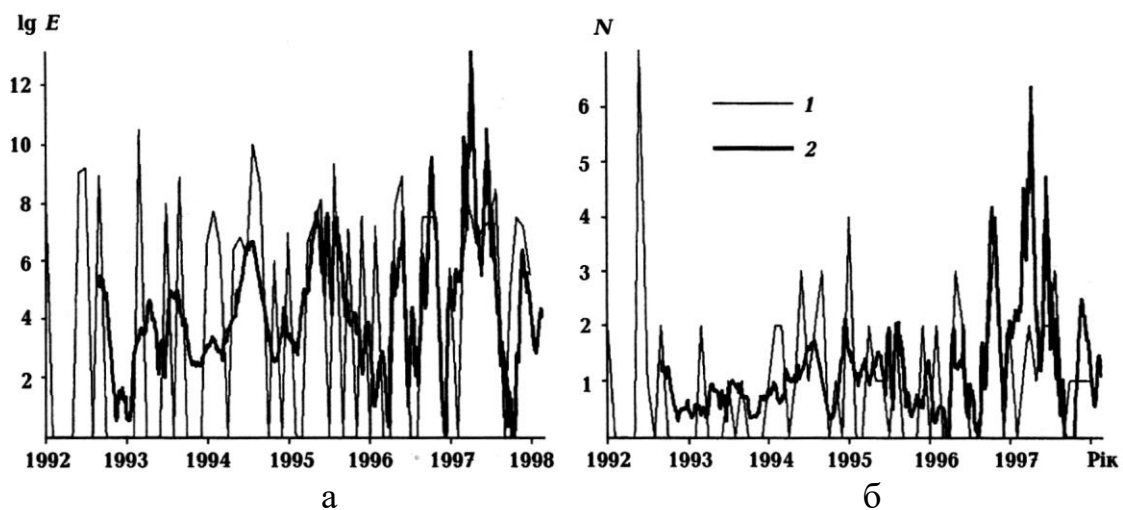


Рис. 1. Варіації в часі енергії (а) і кількості (б) землетрусів:

1 — спостережувані значення; 2 — розраховані.

Застосування комплексного банку геофізичної інформації продемонстровано на прикладі аналізу тектонічних причин активізації сейсмічності в районі м.Мукачева за період 2005-2006 рр. [13]. На основі

інформації, отриманої з РБСД і РБРС побудовано карту епіцентрів землетрусів і розломної тектоніки, базуючись на якій були зроблені припущення щодо причин такої активізації: власний сейсмічний потенціал району м.Мукачева визначається тектонічною будовою і геодинамікою земної кори Закарпатського прогину. У створеному полі напружень сформувалися поздовжні і поперечні розривні порушення, з якими пов'язані місцеві землетруси. Латорицький розлом розділяє Чоп-Мукачівську зону на два блоки, що представляють собою структурно різні області - західну і східну. Західний блок є піднятий відносно східного. Кристалічний фундамент у цьому районі роздроблений тектонічними порушеннями різного рангу з різною кінематикою. Обидва блоки розбито системою субмеридіональних розломів на окремі глиби. Для західного блоку характерними є розломи субмеридіонального керунку припускається і Визницький розлом. Оскільки дана зона останні десятиліття перебувала в стадії сейсмічного затишшя, то, відповідно, сеймотектонічні напруження в цій зоні поступово накопичувалися. Це і є імовірною причиною підвищеної сейсмічної активності в регіоні.

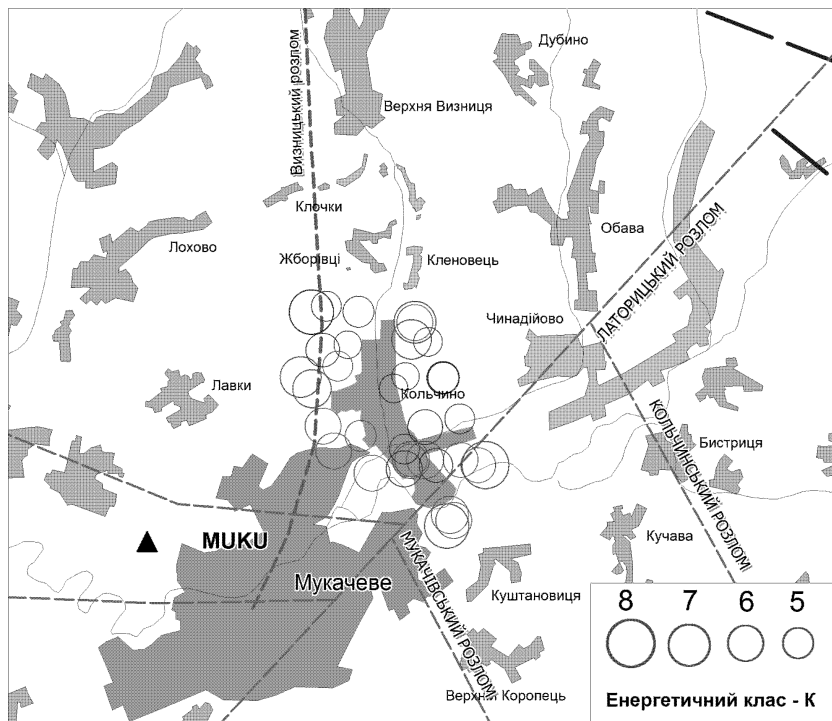


Рис.2. Карта епіцентрів землетрусів, зареєстрованих в районі селища Кольчино Мукачівського р-ну Закарпатської обл. Карпатською мережею сейсмічних станцій за період з 25.03.2005 р. по 30.04.2006 р

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень одержано наступні результати:



1. На основі аналізу світового досвіду сформульовано принципи і вибрано технології створення регіонального банку геофізичної інформації для Карпатського регіонального центру сейсмологічної інформації ІГФ НАН України.

2. Забезпечено практичне функціонування в Карпатському регіоні України автоматизованої системи інструментальних і програмних засобів одержання, збору, формування геофізичних і сейсмологічних баз даних, обробки, зберігання та доступу до даних і результатів їх обробки.

3. Створено регіональний банк сейсмологічних даних Карпатського регіону. Забезпечено практичне функціонування банку та налагоджено його сумісність і зв'язки з банками сейсмологічних даних Геофізичної служби РАН, Європейсько-Середземноморського Сейсмологічного центру (EMSC) і сейсмологічних центрів сусідніх країн: Польщі, Румунії, Молдови.

4. Створено і забезпечено практичне функціонування регіонального банку даних геофізичних полів, що реєструються режимними геофізичними станціями Карпатського геодинамічного полігону.

5. На основі сформованих в автоматичному режимі баз сейсмологічних даних, з використанням засобів сейсмологічного банку даних, визначено (уточнено) параметри вогнищ і сформовано комп'ютерні каталоги місцевих землетрусів, вибухів і землетрусів зони Вранча, що відбулися в Карпатському регіоні у 1995-2013 роках.

6. З використанням матеріалів сейсмологічного банку даних та регіонального банку даних геофізичних полів (температури надр, атмосферного тиску і температури, рівня ґрунтових вод, деформацій порід і рівня мікросейсми) побудовано статистичні моделі зміни в часі величини виділеної сейсмічної енергії і місячної кількості локальних землетрусів і показано їх зв'язок із змінами параметрів геофізичних полів.

7. Розроблено систему та засоби регіонального банку розломних структур, наповнено бази даних інформацією про тектонічні розломи різних рівнів. Банк знайшов практичне використання при картографічному представленні та інтерпретації результатів сейсмологічних спостережень з метою виділення активних тектонічних структур.

8. Результати спостережень, отримані тимчасовою сейсмологічною мережею, створеною для вивчення причин активізації сейсмічності в районі м. Мукачево, використано для наповнення бази сейсмологічних даних інформацією про параметри вогнищ локальних землетрусів і промислових вибухів. У досліджуваному районі виділено тектонічні структури (Латорицький і Вижницький розломи), активізовані на сучасному етапі геологічного розвитку.

9. На основі аналізу досвіду створення банків геофізичних даних для Карпатського регіону України та результатів їх практичного використання, сформульовано рекомендації щодо подальшого удосконалення методики одержання, збору, формування баз даних, обробки, зберігання та доступу до зібраних в цифровій формі матеріалів і результатів їх обробки.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Методика обробки і аналізу даних геофізичного моніторингу сейсотектонічних процесів в Закарпатті та деякі його результати. / Вербицький Т. З., Кузнєцова В. Г., **Вербицький Ю. Т.** [та ін.] // Геоф. журн. — 2000. — Т. 22. — № 3. — С.9-17.
2. Verbytskyj T. Prospects for Predicting Energy Flow Released by Local Earthquakes / Verbytskyj T., **Verbytskyj Y.** // 2nd APEC Workshop Proceedings, Cooperation for Earthquake Simulation, — Brisbane, 2001, — P.443—447.
3. Вербицький Ю. Методика комплексного аналізу геофізичних полів у Закарпатті. / **Вербицький Ю.** // Праці наукового товариства ім. Шевченка. Том VIII. Геофізика. Львів-2002. — С.131—139
4. Прогноз зміни в часі енергії та кількості Закарпатських землетрусів. /Вербицький Т. , **Вербицький Ю.**, Вербицький С., Ігнатишин В. // Праці наукового товариства ім. Шевченка. Том VIII. Геофізика. Львів-2002.– С. 140 – 144.
5. Мікросейсмічні і деформаційні дослідження в Закарпатті: результати та перспективи / Вербицький Т. З., Гнип А., **Вербицький Ю. Т.** [та ін.] // Геофиз, журнал — 2003. — Т. 25 . — № 3. — С. 99—112.
6. Вербицький С. Т. Сучасні засоби отримання та обробки сейсмологічної інформації / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.** // Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. — К.: Наук, думка, 2005. — С. 80—86.
7. Система збору, обробки та аналізу сейсмологічних даних Карпатського регіону / Вербицький С. Т., Стецьків О. Т., **Вербицький Ю. Т.** [та ін.] // Геоф. журн. —2009. —Т. 31. — № 1. — С. 125—131.
8. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2002 год / Руденская И. М., Чуба М. В., **Вербицький Ю. Т.** [та ін.] // Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика». — 2004. — С.40—74.
9. Сейсмичность Карпат в 2003 году / Вербицький С.Т., Стасюк А.Ф., **Вербицький Ю. Т.** [и др.] // Сейсмологический бюллетень Украины за 2003 г., — Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2005. — С. 43—50.
10. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2003 год ./ Чуба М. В., Келеман И. Н., **Вербицький Ю. Т.** [и др.] // Сейсмологический бюллетень Украины за 2003 г., — Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2005. — С. 51—97.
11. Удосконалення системи збору сейсмологічної інформації у Карпатському регіоні / Вербицький С.Т., Кендзера О.В., **Вербицький Ю.Т.** [та ін.] // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип.60. — К.: НДІБК, 2004. — С.83—88.
12. Цифровий автоматичний сейсмограф DAS-03 / Вербицький С.Т., Кендзера О.В., **Вербицький Ю.Т.** [та ін.] // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип.60. — К.: НДІБК, 2004. — С. 342—347.

13. Дослідження макросейсмічних впливів та моніторинг місцевої сейсмічної активності в Закарпатській області. / Пронишин Р. С., Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.** [та ін.] // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип.64. — К.: НДІБК, 2006. — С. 308—315.

14. Проектування системи сейсмічного моніторингу для дослідження геодинамічної активності в районі будівництва Дністровської ГАЕС / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.**, Сапужак І. Я., Стасюк А. Ф. // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип.64. — К.: НДІБК, 2006. — С. 416—421.

15. Ототожнення вибухів у карпатському регіоні України за ознакою схожості їхніх хвильових форм / **Вербицький Ю. Т.**, Гнип А. Р., Нарівна М. М. [та ін.] // Геодинаміка, 2011, 1(10), — С. 103—109.

16. Вербицький С. Т. Сучасний стан та перспективи розвитку сейсмологічних досліджень в Карпатському регіоні України / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.** // Геодинаміка, 2011, 2(11), — С. 35—37.

17. Розробка системи сейсмічного моніторингу в районі розташування Рівенської АЕС / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.**, Пронишин Р. С., Сапужак І. Я. // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип.76. — К.: НДІБК, 2012, — С.715—720.

18. Обзор сейсмичности: Карпаты / Вербицкий С. Т., Стасюк А. Ф., **Вербицкий Ю.Т.** [и др.] // Землетрясения северной Евразии, 2006 год. — Обнинск: 2012. — С. 50—58.

19. Сильные и ощутимые землетрясения: Береговское-III землетрясение 15 ноября 2006 г. с  $K_p=8,8$ ,  $I_0=4-5$ ; Береговское-VI землетрясение 23 ноября 2006 г. с  $K_p=12,1$ ,  $I_0=6$  (Украина, Закарпатье) / Пронишин Р. С., Стасюк А. Ф., **Вербицкий Ю. Т.** [и др.] // Землетрясения северной Евразии, 2006 год. — Обнинск: 2012. — С.412—427.

20. Організація сейсмічного моніторингу важливих та екологічно небезпечних об'єктів / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.**, Сапужак І. Я., Стасюк А. Ф. // Тези доповідей наукової конференції, присвяченої пам'яті першого керівника Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, доктора геолого-мінералогічних наук, професора Я.С.Сапужака «Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2005. — С. 48—49

21. Проведення тимчасових сейсмічних спостережень в районі Ташликської ГАЕС / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.** Сапужак І. Я., Стасюк А. Ф. // Матеріали наукової конференції до 75-річчя від Дня народження першого керівника Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, доктора геолого-мінералогічних наук, професора Я.С.Сапужака «Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2006. — С. 43—44.

22. Оцінка умов сейсмічних спостережень та побудова карт чутливості для проєктованої системи моніторингу Дністровської ГАЕС / Вербицький С. Т., Сапужак І. Я., Стасюк А. Ф., **Вербицький Ю. Т.** // Матеріали наукової конференції присвяченої пам'яті фундаторів Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України Тараса Зиновійовича Вербицького і Ярослава Станіславовича Сапужака «Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2007. — С. 9—11.

23. Берегівський землетрус 23 листопада 2006 року та його наслідки / Пронишин Р. С., Стасюк А. Ф., **Вербицький Ю. Т.**, Корнієнко Є. Є. // Сборник материалов международной научной конференции «Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)», Ялта, 2007. — С. 28—30.

24. Система сейсмічного моніторингу Дністровської ГАЕС / Вербицький С. Т., Сапужак І. Я., **Вербицький Ю. Т.**, Стасюк А. Ф., Пронишин Р. С. // Сборник материалов международной научной конференции «Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)», Ялта, 2007. — С. 64—66.

25. Вербицький С. Т. Представлення результатів роботи автоматизованих систем збору та обробки даних сейсмічного моніторингу АЕС України / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.**, Сапужак І. Я. // Матеріали Х Міжнародної наукової конференції «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища», Київ, 2012, — С.136—138.

26. **Вербицький Ю. Т.** «Автоматизація та вдосконалення процесу обробки, зберігання і доступу до сейсмічних даних в Карпатській сейсмологічній мережі» / Вербицький Ю. Т., Вербицький С. Т. // Матеріали наукової конференції – семінару присвяченої 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних районах», Львів, КВ ІГФ НАН України, 2012. — С. 23—24.

27. Розробка системи сейсмічного моніторингу в районі розташування Хмельницької АЕС / Вербицький С. Т., **Вербицький Ю. Т.**, Пронишин Р. С., Сапужак І. Я. // XVII Міжнародний науково-технічний симпозіум «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS – технології», Алушта (Крим), 2012, — С. 268—269.

## АНОТАЦІЯ

**Вербицький Ю. Т. Методичні та прикладні аспекти комплексного банку геофізичної інформації Карпатського регіону.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика. – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України, м. Київ, 2013.

Дисертацію присвячено створенню банку геофізичної інформації Карпатського регіону, як комплексу, що складається з регіонального банку

сейсмологічних даних, регіонального банку геофізичних полів та регіонального банку розломних структур.

Визначено основні принципи функціонування банку сейсмологічних даних Карпатського регіону. Описано розроблені програмні засоби і основні результати їх впровадження. Запропоновано методику розпізнавання сейсмічних подій, що базується на подібності хвильових форм.

Запропоновано структуру та засоби доступу до регіонального банку геофізичних полів і продемонстровано його використання для побудови моделі зміни в часі місцевої сейсмічності.

У роботі описано основні засади та структура регіонального банку даних розломних структур. Розроблено схему, створено базу даних розломних структур та інтерфейс користувача. Продемонстровано використання цієї бази даних, у комплексі з сейсмологічним банком даних, для виділення тектонічних структур, активізованих на даному етапі геологічного розвитку досліджуваної території.

**Ключові слова:** сейсмологія, база даних, хвильові форми, геофізичні поля, розломні структури.

## АННОТАЦИЯ

**Вербицкий Ю. Т. Методические и прикладные аспекты комплексного банка геофизической информации Карпатского региона. - Рукопись.**

Диссертация посвящена созданию банка геофизической информации Карпатского региона (РБСД), как комплекса, состоящего из регионального банка сейсмологических данных, регионального банка геофизических полей и регионального банка разломных структур, а также прикладным аспектам его применения для решения задач геофизики.

В работе обоснована необходимость внедрения новых подходов к созданию РБСД Карпатского региона, сделан обзор существующих банков сейсмических данных и определены основные принципы функционирования РБСД Карпатского региона, в основе которых лежит использование базы данных, как основного инструмента оперативного доступа к информации. Проведен анализ современных методов и средств хранения, доступа и обработки сейсмических данных с точки зрения возможности их применения для банка сейсмологических данных Карпатского региона. Обоснована необходимость создания программных средств, которые бы удовлетворяли специфике региональных наблюдений, описаны возможности разработанных программных средств, а также представлены основные результаты их внедрения. Предложена методика распознавания сейсмических событий, основанная на сходстве волновых форм.

Автором рассмотрено развитие геофизических наблюдений в Карпатском регионе, перечислены и кратко описаны регистрируемые геофизические параметры. Предложена структура и средства доступа к

региональному банку геофизических полей, продемонстрировано его использование для построения модели изменения во времени местной сейсмичности.

В работе описаны основные принципы и структура регионального банка данных разломных структур. Разработана схема данных и создана, с использованием СУБД «MS Access», база данных разломных структур. Описаны возможности разработанного интерфейса пользователя. Продемонстрировано возможности использования банка данных разломных структур, в комплексе с сейсмологическим банком данных, для интерпретации проявлений сейсмичности с точки зрения разломной тектоники.

**Ключевые слова** : сейсмология, волновые формы, геофизические поля, база данных, разломные структуры.

## ABSTRACT

**Verbytskyu Yu. T. Methodical and applied aspects of complex bank of geophysical information of the Carpathian region.** – Manuscript.

Candidate of physical and mathematical sciences (Ph.D.) thesis, speciality 04.00.22 – Geophysics. – Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2013.

In the thesis, bank of geophysical information of the Carpathian region is developed as a complex consisting of regional seismological data bank, regional bank of geophysical fields and regional bank of fault structures.

Main functional principles of the seismological databank of the Carpathian region are specified. Development of program tools and main results of their implementation are described. A methodology is suggested for identification of seismic events, based on similarity of their waveforms.

Structure of the regional bank of geophysical fields and the means of access to it are designed. The use of the bank is demonstrated by modeling temporal variations of local seismicity.

In the thesis, main principles of regional bank of fault structures and its structure are outlined. Database scheme of fault structures is defined, the database compiled, and user interface developed. The use of the databank is demonstrated by mapping tectonic structures, activated in the studied area during the recent stage of geological development.

**Key words:** seismology, waveforms, geophysical fields, databases, fault structures.