

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра фізики

Дипломна робота магістра
З теми: **Використання сучасного програмного забезпечення до обробки та
аналізу результатів спостережень сейсмічних подій**

Виконав: студент 2 курсу F1-M20 групи
спеціальності 014 Середня освіта (фізика, інформатика)

Уваров Владислав Романович

Керівник: кандидат фізико-математичних наук
доцент, завідувач кафедри фізики

Оптасюк Сергій Васильович

Рецензент: доцент кафедри комп'ютерних технологій
завідувач, доктор технічних наук

Іванюк Віталій Анатолійович

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ №1 ЗЕМЛЕТРУСИ, ПРИРОДА ВИНИКНЕННЯ, СПОСОБИ РЕЄСТРАЦІЇ ТА ОЦІНКА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	6
1.1. Природа землетрусів.....	6
1.2. Типи сейсмічних хвиль, які виникають при землетрусах.....	11
1.3. Вимірювання сили землетрусів та оцінювання їх впливів	15
РОЗДІЛ №2 КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ СЕЙСМІЧНИХ ПОДІЙ.....	21
2.1. Табличний процесор Excel	21
2.2. Мова програмування R та середовище RStudio	25
2.3. Програмне Забезпечення Origin	29
РОЗДІЛ №3 ОБРОБКА ДАНИХ СЕЙСМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ПЕРІОД 01.11.2019 – 31.10.2020.....	34
3.1. Підходи до підбору сейсмічних подій які пов'язані або супроводжуються викидами радону.	34
3.2. Модель тріщинувато-пористого середовища та інтерпретація даних по радоновому моніторингу вздовж розломів Сан-Андреас	38
3.3. Опис вимірювальної апаратури представленої в РЦСК	43
3.4. Візуалізація даних за допомогою програмного забезпечення OriginLab....	45
3.5. Аналіз результатів виконаної роботи. Радон, як можливий передвісник землетрусів.....	52
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Актуальність теми. На протязі багатьох тисячоліть землетруси різної сили та причини виникнення завдавали людству величезних проблем та заставляли їх відчувати себе безпомічними перед стихією, яка вирує. Землетруси є одним з самих страшних природних катаклізмів, які викликають руйнування великого характеру та сили. Згідно повідомлень сейсмологів на Земній поверхні кожен рік відбуваються близько двох мільйонів землетрусів, які людина може відчувати; тисяча землетрусів, які можуть нанести механічні пошкодження будинкам, і порівняно невелика кількість землетрусів, які можуть викликати катастрофічні наслідки.

У свою чергу людству також необхідно всебічно досліджувати різноманітні сейсмічні процеси, які проходять в надрах Землі. Окремим аспектом у вивченні землетрусів є передбачення землетрусів та вивчення провісників, які дозволятимуть уникнути великої кількості матеріальних збитків, руйнувань та смертей. Розглядаючи основні типи провісників землетрусів (зміни в іоносфері, вимірювання зміни електропровідності ґрунту, запис акустичних хвиль як тип електромагнітного індикатора, дослідження локальних змін магнітного поля Землі, і т.д.) у теперішній час окремої уваги заслуговує радіоактивний газ радон. Характер зміни його об'ємної концентрації у повітрі в «чутливих» точках, наприклад поблизу розломів тектонічних плит, може представляти собою індикатор сейсмічної активності.

Окремим нюансом у дослідженні сейсмічних подій є обробка та аналіз отриманих результатів спостережень. Оскільки дані спостережень представляють собою величезний масив інформації, їх необхідно якимось чином систематизувати, проводити первинний аналіз та візуалізацію даних. І тут не обійтись без сучасного програмного забезпечення, яке дозволяє проводити відповідний статистичний аналіз, структурування та візуалізацію даних. Розглядаючи весь спектр програмного забезпечення для візуалізації та обробки

інформації потрібно вибрати саме те, що матиме достатню швидкість при роботі з масивом даних, великий об'єм вбудованих функцій та методів обробки, систематизації та візуалізації даних, зручний інтерфейс, колективне редагування даних та експорт файлів у різноманітних розширеннях.

Отже **об'єктом** дослідження є пошук програмного забезпечення для обробки результатів спостережень за сейсмічними подіями, пов'язаних з вимірюванням об'ємної концентрації радону в повітрі, а також їх співставлення з сейсмічними подіями.

Предметом дослідження є візуалізація та аналіз бази даних спостережень об'ємної концентрації радону в повітрі та сейсмічних подій.

Мета даної дипломної роботи полягає у дослідженні природи сейсмічних подій, а саме землетрусів, типів сейсмічних хвиль, які виникають при землетрусах, підходів до співставлення часу настання сейсмічної події з часом аномальної зміни об'ємної концентрації радону в повітрі, обробці, візуалізації та систематизації даних, отриманих під час спостережень з використанням сучасного програмного забезпечення.

Реалізація поставленої мети потребує у розв'язанні наступних завдань:

- Виокремлення природи землетрусів, їхньої характеристики та способів оцінки сили та впливів.
- Розгляд засобів реєстрації землетрусів та їх систематизації.
- Аналіз підходів, які використовуються для підбору сейсмічних подій які пов'язані з викидом радону.
- Характеристика сучасного програмного забезпечення, яке доцільно використати для обробки даних вимірювань об'ємної концентрації радону в повітрі та сейсмічних спостережень.
- Візуалізація та первинна обробка даних сейсмічних спостережень.
- Аналіз отриманих результатів що до використанні змін об'ємної концентрації радону в якості провісника майбутнього землетрусу.

Методи досліджень: проводячи аналіз попередніх досліджень та літератури сформувані загальні поняття про види і типи сейсмічних подій, підходів до їх підбору з використанням провісників землетрусу, пошук та використання необхідного програмного забезпечення для реалізації обробки даних сейсмічних подій.

Відповідно до поставлених завдань дослідження було використано наступні методи:

- Теоретичний аналіз проблеми пошуку передвісників сейсмічних подій на основі опрацювання методичної та навчальної літератури, досліджень за напрямком сейсмічних подій, наукових статей та публікацій.
- Пошук та вибір необхідного програмного забезпечення для обробки даних.
- Аналіз отриманих результатів з використанням обраного програмного середовища.

Практична цінність даного дослідження полягає у тому, що

- На основі проведеного дослідження було обрано комплекс програмного забезпечення, який задовольняє потреби обробки та аналізу сейсмічних подій.
- Проведено підбір даних та їх первинну обробку та візуалізацію.
- Зроблено аналіз результатів отриманих даних та висунуто варіант, що радон може бути індикатором передвісника майбутніх землетрусів.

Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел.

ВИСНОВКИ

В сучасному світі землетруси різноманітної сили відіграють одну із важливих ролей у житті людства. Один тип землетрусів ми можемо навіть не відчувати, а інший може нанести руйнівні наслідки та призвести до серйозних проблем. Маючи необхідні засоби для обробки та аналізу даних, а також проводячи дослідження можливих провісників землетрусів допоможе більш якісніше та точніше аналізувати сейсмічні події та мати попередню інформацію про можливі варіанти землетрусів, оскільки той хто попереджений – значить озброєний.

Було досягнуто поставлену мету дослідження, а саме визначено природу сейсмічних подій, тобто землетрусів, типів їх сейсмічних хвиль, які супроводжуються при землетрусах, підходів до співставлення часу настання сейсмічної події з часом аномальної зміни об'ємної концентрації радону в повітрі, обробці, візуалізації та систематизації даних, отриманих під час спостережень з використанням знайденого комплексу програмного забезпечення.

Під час дипломного проєтування було досягнуто та практично перевірено основні завдання дослідження, а саме:

- здійснено аналіз природи виникнення землетрусів, їхньої характеристики, способів оцінки сили та впливів на навколишнє середовище.
- розглянено основні засоби реєстрації землетрусів та їх систематизації.
- проведено аналіз підходів, які використовуються для підбору сейсмічних подій які пов'язані з викидом радону.
- охарактеризовано вибір сучасного комплексу програмного забезпечення, яке доцільно використати для обробки даних вимірювань об'ємної концентрації радону в повітрі та сейсмічних спостережень.

- Проведено візуалізацію та первинна обробка даних сейсмічних спостережень.

Провівши аналіз отриманих результатів що до використанні змін об'ємної концентрації радону в якості провісника майбутнього землетрусу було виокремлено основні 4 аномалії які дозволяють більш точно проводити оцінку результатів сейсмічних спостережень, а саме:

1. Збільшення концентрації радону при зменшенні атмосферного тиску з порушенням добової циклічності цієї зміни.
2. Зменшення концентрації радону при сталому атмосферному тиску.
3. Збільшення концентрації радону за 80 години і її падіння за різні проміжки часу від 28 до 72 годин.
4. Зменшення концентрації радону незалежно від поведінки атмосферного тиску від 12 до 36 годин.

Вважаю, що з поставленими цілями я впорався, на мою думку даний напрямок досліджень є дуже перспективним та потребує подальшого вивчення, створення умов для неперервного аналізу змін ОАР в реальному часі та формування системи раннього виявлення провісників землетрусів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Землетрус [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%83%D1%81>
2. Криськов Ц. А. Фізика Землі. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, 2006. – 151 с. – (Навчальне видання).
3. Матер Дж.С. Сейсмические изображения границ литосферных плит // В мире науки. – 1986. – №4 – С. 28-39.
4. Пустовітенко Б. Г. Енциклопедія сучасної України : у 30 т. / ред. кол. І. М. Дзюба [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2001-2020. — 10 000 прим. — ISBN 944-02-3354-X.
5. Сейсмическая волна [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0
6. Эйби Дж. А. Землетрясения М.: Недра, 1982.
7. Магнітуда землетрусу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://znaimo.com.ua/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B0_%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%83%D1%81%D1%83
8. Інтенсивність землетрусу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%83%D1%81%D1%83

9. Tables explaining the JMA Seismic Intensity Scale // Japan Meteorological Agency [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/inttable.pdf>
10. Довідкова інформація. Головний центр спеціального контролю [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gcsk.gov.ua/dovidkova-informacziya/>
11. Електронна таблиця [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8F
12. R (язык программирования) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/R_\(%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/R_(%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F))
13. OriginLab [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.originlab.com/index.aspx?go=PRODUCTS/Origin>
14. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений М.:Наука, 1993.
15. Радон як можливий індикатор сейсмічної активності. // Космос.Технології.Суспільство. – 2020. – С. 1. DOI 10.53618/2709-1503.2020.2.16; УДК 550.34.06
16. Головний центр спеціального контролю [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gcsk.gov.ua/>
17. Okabe, S.: Time variation of the atmospheric radon content near the ground surface with relation to some geophysical phenomena, Memoirs of the College of Science; Kyoto Imperial University, 28 (2), 99–115, 1956.
18. Ingebritsen, S.E., Manga, M.: Hydrogeochemical pre cursors, Nature Geoscience, 7, 697–698, doi:10.1038/ngeo2261, 2014.

19. Biagi, P.F., Ermini, A., Kingsley, S.P., Khatkevich, Y.M., Gordeev, E.I.: Difficulties with interpreting changes in ground water gas content as earthquake precursors in Kamchatka, Russia, *Journal of Seismology*, 5 (4), 487–497, doi:10.1023/A:1012015317086, 2001.
20. Cicerone, R.D., Ebel, J.E., Britton, J.: A systematic compilation of earthquake precursors, *Tectonophysics*, 476 (3–4), 371–396, doi:10.1016/j.tecto.2009.06.008, 2009
21. Koike, K., Yoshinaga, T., Ueyama, T., Asaue, H.: Increased radon-222 in soil gas because of cumulative seismicity at active faults, *Earth, Planets and Space*, 66, 57, doi:10.1186/1880-5981-66-57, 2014.
22. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон как индикатор геодинамических процессов. *Геология и геофизика*, т. 51, № 2, с. 277—286 <http://www.izdatgeo.ru> 2010.
23. King Chi-Yu. Episodic radon changes in subsurface soil gas along active faults and possible relation to earthquakes // *J. Geophys. Res.*, v. 85, № 6, p. 3065—3078, 1980.
24. King Chi-Yu, Walkingstick C., Basler D. Radon in soil gas along active faults in Central California. *Field studies of radon in rocks, soil and water* / Eds. L. Gunderson, R. Wanty // *U.S. Geological Survey Bulletin*, p. 77—133, 1991.
25. Радіометр радону AlphaE, основні характеристики [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://brom.ua/index.php?route=product/product&product_id=18067
26. Сухоруков М.В., Спивак А.А. Пространственновременные особенности поля радона в связи с тектоническими структурами. *Успехи современного естествознания*. № 1. С. 94–99, 2017.
27. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон и проблема тектонических землетрясений // *Вулканология и сейсмология*, № 4, с. 84—92. 1997.
28. Уткин В.И., Юрков А.К. Отражение сейсмических событий в поле эксхалации радона // *Геофизика*, № 6, с. 50—56. 1997.

29. Лящук А.И., Павлович В.Н., Руссов В.Д. Мониторинг концентрации радона как предвестник землетрясений в районе гор Вранча. Геофизический журнал. Т. 30. № 2. С. 63–74. 2008.
30. Добровольский И.П. Теория подготовки тектонического землетрясения. М.: Институт Физики Земли АН СССР. 217 с. 1991.
31. Mjachkin, V.I., Brace, W.F., Sobolev, G.A., Deiterich, J.H.: Two models for earthquake forerunners, *Pure and Applied Geophysics*, 113 (1), 169–181, doi:10.1007/BF01592908, 1975.
32. Scholz, C.H., Sykes, L.R., Aggarwal, Y.P.: Earthquake Prediction: A Physical Basis, *Science*, 181, 4102, 803–810, doi: 10.1126/science.181.4102.803, 1973.
33. Миди Б.Дж., Хагер Б.Х. Современное распределение деформаций в Западном Тянь-Шане по блоковым моделям, основанным на геофизических данных // *Геология и геофизика*, 2001, т. 42 (10), с. 1622—1633.
34. Султанходжаев, А.Н., Тыминский, В.Г., Уломов, В.И., Файзуллин, И.С. (1974). Об использовании радона для прогнозирования землетрясений. *Узбекский геологический журнал*, 2, 44–49.
35. Лящук, О., Андрущенко, Ю., Лящук, Л. (2020). Радон як можливий індикатор сейсмічності регіону Західної Антарктиди. *Український антарктичний журнал*, 1, 15—28.
36. Planinić, J., Radolić, V., & Vuković, B. (2004). Radon as an earthquake precursor. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 530(3), 568–574.
37. Мячкин В. И. Процессы подготовки землетрясения. М.: Наука, 1978. 232с
38. Моги К. Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988. 382 с.
39. Гир Дж., Шах Х. Зыбкая твердь: Что такое землетрясение и как к нему подготовиться—*Terra Non Firma. Understanding and Preparing for*

- Earthquakes / Пер. с англ. д-ра физ.-мат. наук Н. В. Шебалина. — М.: Мир, 1988. — 220 с
40. Зубков С. И. Предвестники землетрясений. // М.: ОИФЗ РАН. 2002, 140 с.
 41. Юнга С. Л. Методы и результаты изучения сеймотектонических деформаций. М.: Наука, 1990. 191 с
 42. Сухоруков М.В., Спивак А.А. Пространственновременные особенности поля радона в связи с тектоническими структурами. Успехи современного естествознания. № 1. С. 94–99, 2017
 43. Alam, A., Wang, N., Zhao, G., Barkat, A.: Implication of Radon Monitoring for Earthquake Surveillance Using Statistical Techniques: A Case Study of Wenchuan Earthquake, *Geofluids*, 2429165, doi:10.1155/2020/2429165, 2020.
 44. Гурвич И. И., Боганик Г. Н. Сейсмическая разведка. — М.: Недра, 1980.
 45. Вычислительная сейсмология (Computational Seismology and Geodynamics): Сборники статей и монографии. Выпуски. 1-45. М.: Наука; Геос; URSS, 1966—2016.
 46. Fleisher R.L.: Dislocation model for radon response to distance earthquakes, *Geophysical Research Letters*, 8 (5), 477– 480, doi:10.1029/GL008i005p00477, 1981.
 47. Застосування засобів геофізичного моніторингу ГЦСК для вирішення завдань в інтересах збройних сил України. // Збірник наукових праць ЖВІ – Вип.2(14) ,УДК550.3:355.4 – 2017.
 48. О. І. Солонець // Системи управління, навігації та зв'язку : зб. наук. праць. – К. :ЦНДІ НіУ, 2011. – Вип. 2 (18).
 49. Гордієнко Ю. О. Моніторинг потенційних джерел надзвичайних подій трикомпонентною сейсмічною станцією / Ю. О. Гордієнко, В. А. Кирилюк, О. І. Солонець // Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища : матеріали X Міжнар. наук. конф. (м. Київ, 17–20 жовтня 2012 р.). – К., 2012.