

Таким чином, показано, що класичний метод є найбільш оптимальним та достовірним методом визначення е.р.с. Холла. Отримані вольт-амперні характеристики тонких плівок PbTe:Sb та їх лінійність свідчить про омичність контактів. Отримано значення постійних Холла та е.р.с. Холла для тонкоплівкових напівпровідникових структур PbTe:Sb різної товщини. Встановлена залежність концентрації та рухливості носіїв заряду від товщини плівки PbTe:Sb.

Список використаних джерел:

1. Салій Я.П., Фреїк Д.М., Юрчишин І.К., Фреїк І.М. Періодичність розподілу власних дефектів у епітаксійних плівках PbTe. *Журнал нано- та електронної фізики*. 2013. Т. 5. № 3. С. 46-53.
2. Дзундза Б.С., Костюк О.Б., Маковишин В.І. Товщинні залежності термоелектричних параметрів тонких плівок на основі сполук LAST. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2016. Т. 17, № 3. С. 368-371.
3. Остафійчук Б.К., Никируй Л.І., Кланічка В.М., Шперун В.М. Про механізми розсіювання носіїв струму в кристалах n-PbS. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2001. Т. 2, № 1. С. 121-124.

4. Makhniy V.P., German I.I., Parfenyuk O.A. Hall effect in crystals CdTe, doped with Sn. *Semiconductors*, 2014. V. 48, N. 11. P. 89-97.
5. Фреїк Д.М., Никируй Л.І., Кланічка В.М., Шперун В.М., Собкович Р.І., Довгий О.Я. Зонна структура та механізми розсіювання у кристалах n-PbSe при 77К. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2000. Т. 1, № 2. С. 245-249.
6. Rhoderick E.H. The Hall effect – an important diagnostic tool. *UMIST. Manchester UK. Ill-Vs Review*. 2000. Vol. 13, No. 3. P. 43-51.

Oleh Rachkovskiy, Serhiy Optasyuk, Ruslan Poveda
Kamianets-Podilskiy National Ivan Ohienko University

FEATURES OF THE RESEARCH OF GALVANOMAGNETIC CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR THIN FILMS

The paper describes one of the methods of investigation of galvanomagnetic phenomena compound thin film semiconductor system A^IVB^VI . The resulting current-voltage characteristics of thin films PbTe: Sb and analyzed the basic parameters for thin films of different thicknesses using the method of Hall. The dependence of the film thickness PbTe:Sb on the mobility and concentration of major carriers.

Key words: Hall effect, measurement methods, charge carriers, thin films, conductivity type.

Отримано: 19.10.2022

УДК 550.34.06

DOI: 10.32626/2307-4507.2022-28.125-129

О. Е. Смірнов¹, М. С. Мунтян², А. О. Губанова³, С. В. Оптасюк⁴

^{1,2,3}Регіональний центр спеціального контролю

⁴Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

e-mail: ¹ollexij@ukr.net, ²montana.m.s17@gmail.com, ³agubkam@gmail.com, ⁴optasyuk.s@kpmu.edu.ua;

ORCID: ⁴0000-0003-1784-7155

МЕТОДИЧНИЙ АСПЕКТ ПРОВЕДЕННЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЗМІНОЮ ОБ'ЄМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ РАДОУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГЕОГРАФІЧНО-СЕЙСМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У РЕГІОНІ

У статті описані та проаналізовані дані спостережень змін концентрації радону на поверхні Землі. Проілюстровано, що при відсутності інших чинників, зміни концентрації радону пов'язані зі зміною атмосферного тиску. Наведені результати спостереження зв'язку змін концентрації радону з наближенням землетрусів. Експериментальні дані можуть слугувати підтвердженням того, що у «чутливих» точках підвищення концентрації радону є передвісником землетрусів у ближній зоні. Вказані літературні джерела, які підтверджують аномальну поведінку змін концентрації радону перед землетрусами.

Ключові слова: радіаційний фон, об'ємна концентрація радону, атмосферний тиск, землетрус, геологічна будова, тектонічні розломи.

Дослідження об'ємної концентрації радону в місцях постійного проживання людей важливе для забезпечення захисту населення від надмірного радіоактивного випромінювання. За даними Міжнародної комісії з радіологічного захисту та Наукового комітету з дії атомної радіації ООН найбільша частина дози опромінення (близько 80% від загальної), що одержує населення у звичайних умовах, пов'язана саме з природними джерелами радіації (рис. 1). Більше половини цієї дози обумовлено присутністю газу радону та його дочірніх продуктів розпаду (ДПР) у повітрі будівель, в яких людина проводить більше 70 часу [1].

Ще в 1980 році було відмічено можливість використання аномальної еманції радону в якості передвісника землетрусів [2, с. 150]. Даний метод полягає у тому, що

всі породи в більшій чи меншій мірі радіоактивні. Коли відбувається розкриття тріщини, площа контактів породи з підземними водами збільшується, тому повинна також збільшуватись і концентрація розчиненого у воді радону. Ці зміни можна фіксувати, відбираючи проби води з глибоких свердловин. Вміст радону в них визначати лічильником Гейгера в лабораторії.

Крім того у ряді досліджень [3-5] був доведений зв'язок між характером зміни концентрації радону з умовами його виходу на поверхню Землі та наближенням землетрусів. Висловлена гіпотеза, що такі зміни можуть слугувати їх передвісниками.

У статті приведені дані спостережень змін концентрації атмосферного радону поблизу Оріхово-Павлоградського тектонічного розлому, розташування

якого показано на рис. 2. Розлом, вказаний червоною пунктирною лінією, знаходиться у Хмельницькій та Тернопільській областях України. Точки проведення вимірювань концентрації радону позначені номерами.

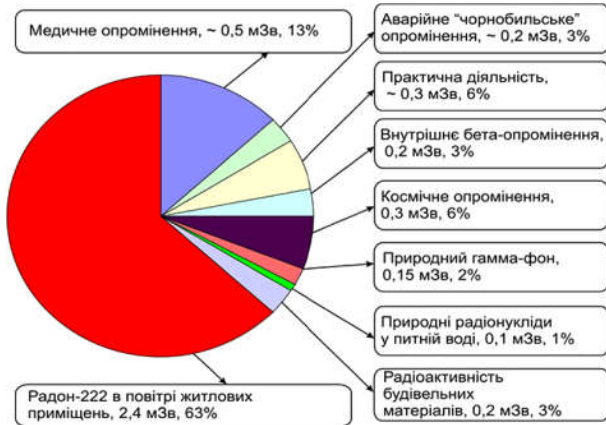


Рис. 1. Структура та середні величини ефективного дози опромінення населення України за рік [1]

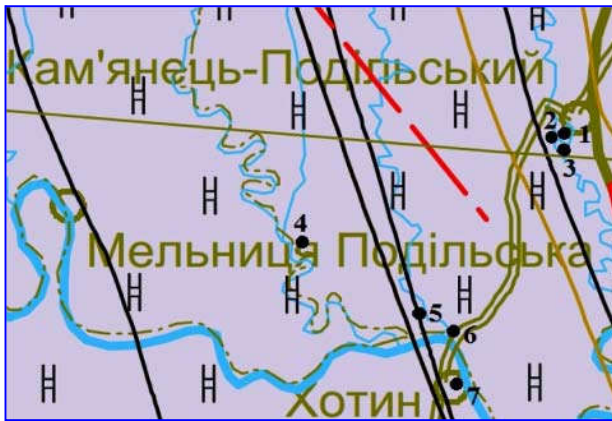


Рис. 2. Фрагмент тектонічної карти України [6] з розташуванням точок спостереження об'ємної концентрації радону. Номерами вказано точки спостереження. Н – Карбонатна морська геологічна формація

Для обрання місць вимірювання об'ємної активності підгрунтового радону нами бралися до уваги такі фактори: місто Кам'янець-Подільський є туристичним, і майже постійно заповнене людьми, як працюючими, так і туристами та відпочиваючими; на шляху туристичних маршрутів знаходяться природні витoki ґрунтових вод (джерела) і створені людьми (криниці); в Кам'янець-Подільському районі розташовані туристичні печери; неподалік знаходиться ще одне туристичне місце – Хотинська фортеця.

Тому нами були обрані такі пункти радонометричних спостережень:

- Вірменська криниця (точка №1 на мапі рис. 2);
- криниця в башті Нова Східна у Старій фортеці (точка №2 на мапі рис. 2);

- криниця під Замковим мостом (точка №3 на мапі рис. 2);
- печера Малишка-Киянка (точка №4 на мапі рис. 2);
- приміщення на території технічного майданчика РЦСК (точка №5 на мапі рис. 2);
- Жванецький замок (точка №6 на мапі рис. 2);
- колодязь на території Хотинської фортеці (точка №7 на мапі рис. 2).

Обрані точки, а також об'єкти, що знаходяться поряд з ними, мають історичну цінність, тому є привабливими для туристів, або знаходяться у природних печерах.

Для реєстрації об'ємної концентрації радону в Регіональному центрі спеціального контролю (РЦСК) використовується радіометр AlphaE – легкий та портативний пристрій для моніторингу атмосферного тиску, а також для коротко – і довгострокового контролю рівня радону у приміщеннях, поза ними або у печерах і шахтах.

На рис. 3 зображено типові добові коливання концентрації радону.

Зліва відображена шкала концентрації радону Rn-222 в Бк/м³ (Bq/m³), справа – атмосферний тиск в мбар (mbar). Характер добових коливань, зображений на рис. 3, спостерігається при стійких погодних умовах і відсутності високоенергетичних сейсмічних явищ у ближній зоні.

Для наочності порівняння атмосферного тиску і концентрації радону, потрібно змінити масштаб шкали атмосферного тиску (шляхом обробки графіка, показаного на рис. 3). Така зміна масштабів була використана в [7] для ілюстрації порушення кореляції між атмосферним тиском та концентрацією радону (рис. 4).

Виявляється, що зміна атмосферного тиску має такий самий період як і зміна концентрації радону. Амплітуда добових коливань концентрації радону складає 600 Бк/м³.

Вимірювання концентрації радону в обраних точках (рис. 2) проводились у період з 10.09.2021 по 01.11.2021 р. З проведених вимірювань можна зробити висновок, що концентрація радону в усіх зазначених точках знаходиться в безпечних межах, окрім точки №1 Вірменська криниця. Аномальне збільшення концентрації радону в цій точці спостерігалось 21.09.2021 р. (рис. 5).

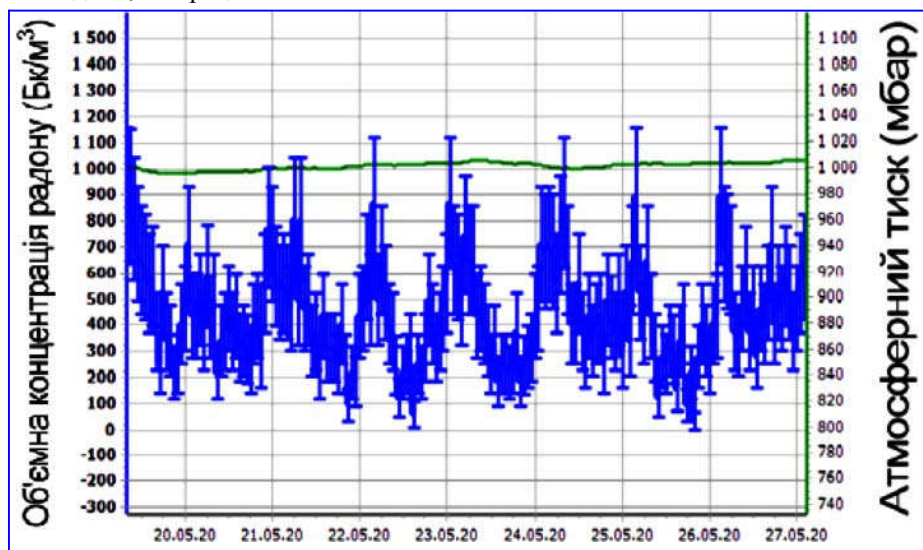


Рис. 3. Добові коливання концентрації радону в повітрі та значення атмосферного тиску

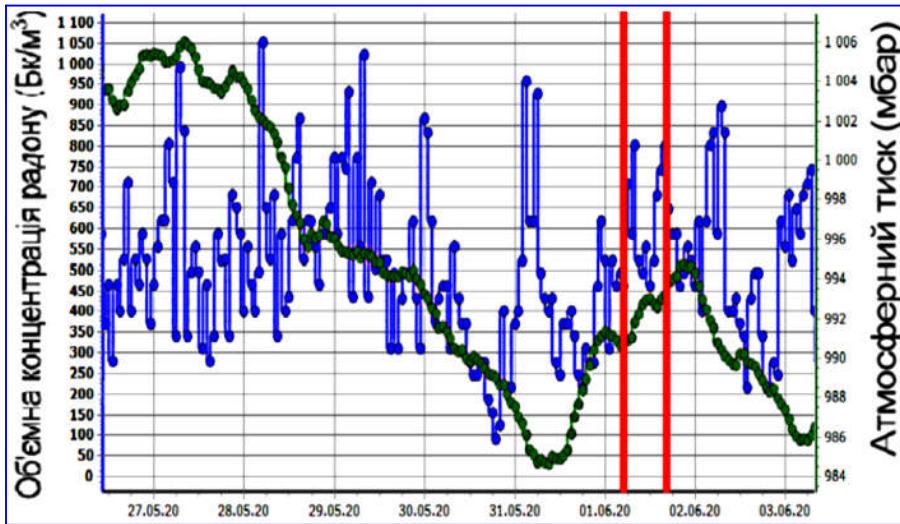


Рис. 4. Зміна добових коливань концентрації радону в повітрі та значення атмосферного тиску напередодні землетрусів (вертикальними лініями вказані моменти землетрусів)

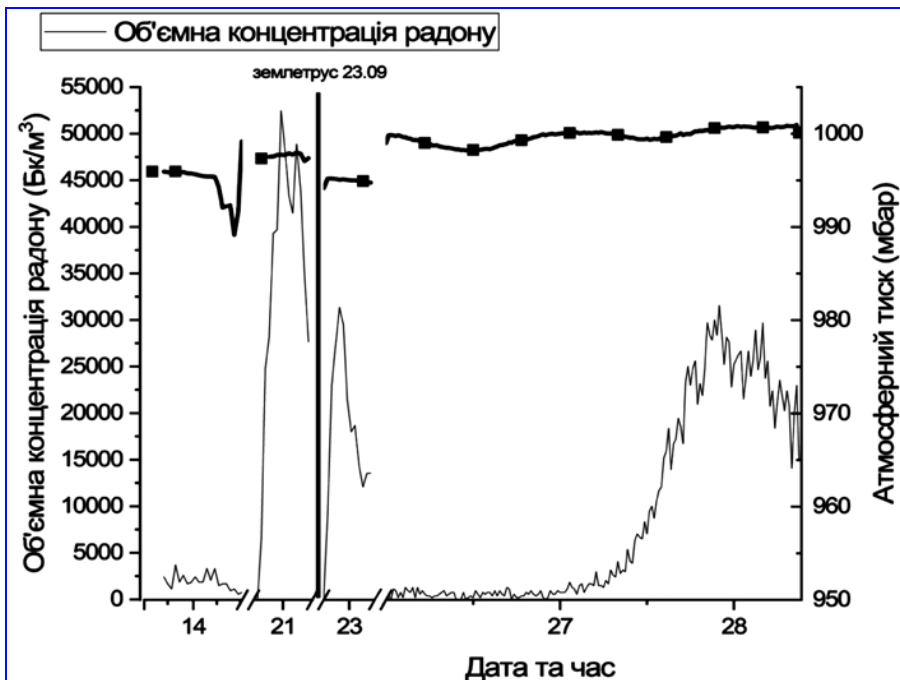


Рис. 5. Зміна концентрації радону (суцільна лінія), та атмосферного тиску (маркована лінія) у періоди 14.09.21, 21.09.21, 23.09.21, 25.09.21 – 29.09.21 в точці вимірювання №1 «Вірменська криниця»

Зростання об'ємної концентрації радону спостерігається напередодні землетрусу, який відбувся 23.09.2021 р. поблизу м. Чортків Тернопільської області. За даними Головного центру спеціального контролю (ГЦСК), час в джерелі сейсмічної події 06:17:57, координати 48,93 пн.ш. 25,88 сх.д., магнітуда $M = 4.3$, розрахункова інтенсивність 5 балів, глибина 6 км. За класифікацією землетрус відноситься до «помірних» [8]. Після землетрусу 23.09.2021 за період з 12:00 по 14:00 спостерігається спад об'ємної концентрації радону до 12500 Bq/m^3 .

Необхідно звернути увагу на поведінку графіка в інтервалах часу 21.09.2021 12:40–14:50 та 23.09.2021 р. 12:00–14:00. Спочатку, 21.09.2021 р. 12:40–14:50, об'ємна концентрація радону зростає до 50000 Bq/m^3 . Такі дані можуть свідчити про те, що у Вірменській криниці розташована чутлива точка залежності об'ємної концентрації

ції радону від сейсмічних подій, які відбуваються у регіоні.

Для перевірки цього припущення було продовжено спостереження з 25.09.21 р. по 29.09.21 р. Відмічено, що зростання концентрації радону відбувається з 27.09.21 по 29.09.21 р.

За даними ГЦСК після 27.09.21 відбувся ряд землетрусів з епіцентрами до 1500 км від пункту реєстрації концентрації радону. В таблиці 1 вказані розраховані параметри даних землетрусів.

Зміна об'ємної концентрації радону, яка не пов'язана зі зміною атмосферного тиску, спостерігалася також у точках №4, №7. Дані спостереження приведені на рис. 7 «Печера Малишка-Киянка» та рис. 8 «Криниця в Хотинському замку».

Розташування точок спостереження вказані на мапі (рис. 2). Однозначну наявність зв'язку характеру змін концентрації радону з наближенням землетрусів у ближній зоні можна підтвердити проведенням одночасних вимірювань концентрації радону у «чутливих» та «нечутливих» точках.

Висновки:

✓ З аналізу геологічних літературних джерел випливає, що у місцях розломів знаходяться тріщинуватопористі породи. При наявності сейсмічних подій в цих породах змінюється пропускну здатність для проходження газів, зокрема радону.

✓ Пунктами підвищеної дози радіоактивного випромінювання можуть бути місця поблизу тектонічних розломів. Для проживання населення у цих місцях необхідне отримання інформації про характер змін об'ємної концентрації радону, оскільки в загальному обсязі отримання людиною опромінення, 80% припадає на природне випромінювання, з них 63% припадає на опромінення радоном у повітрі житлових приміщень.

✓ Для обрання місць вимірювання об'ємної активності підгрунтового радону нами бралися до уваги такі фактори: місто Кам'янець-Подільський є туристичним, і майже постійно заповнене людьми, як працюючими, так і відпочиваючими; на шляху туристичних маршрутів знаходяться природні витoki ґрунтових вод (джерела) і створені людьми (криниці); в Кам'янець-Подільському районі розташовані туристичні

Таблиця 1.

Дані землетрусів з 27.09.21 по 30.09.21 [8]

№ з/р	Дата	Час в джерелі (UTC)	Координати джерела		Глибина	Магнітуда	Інтенсивність	Місце джерела
			Широта	Довгота				
1	27.09.21	06.17.22	+35,19	+25,28	10	5,8	7,4	Острів Крит, Греція
2	27.09.21	06.37.45	+35,07	+25,28	10	4,6	4,5	Острів Крит, Греція
3	27.09.21	07.30.46	+35,33	+25,21	10	4,6	4,5	Острів Крит, Греція
4	27.09.21	07.46.30	+35,00	+25,16	10	4,1	3,3	Острів Крит, Греція
5	27.09.21	08.21.58	+35,05	+25,28	10	4,5	4,2	Острів Крит, Греція
6	27.09.21	11.02.26	+34,97	+25,20	10	4,7	4,7	Острів Крит, Греція
7	27.09.21	18.15.45	+34,98	+25,39	10	4,0	3,1	Острів Крит, Греція
8	27.09.21	20.10.02	+35,08	+25,09	10	4,3	3,8	Острів Крит, Греція
9	27.09.21	21.37.11	+34,99	+25,37	10	4,6	4,5	Острів Крит, Греція
10	28.09.21	04.48.09	+35,00	+25,24	10	5,3	6,2	Острів Крит, Греція
11	28.09.21	06.01.06	+36,41	+28,44	60	4,1	1,0	Додеканес, Греція
12	28.09.21	15.13.15	+35,14	+25,27	10	4,4	4,0	Острів Крит, Греція
13	28.09.21	23.34.14	+50,17	+18,94	5	2,9	1,5	Польща
14	29.09.21	11.54.47	+34,72	+24,98	12	4,7	4,5	Крит, Греція
15	29.09.21	22.22.19	+36,47	+27,15	12	4,5	4,0	Додеканес, Греція
16	30.09.21	14.40.16	+35,15	+25,19	8	3,8	3,3	Острів Крит, Греція

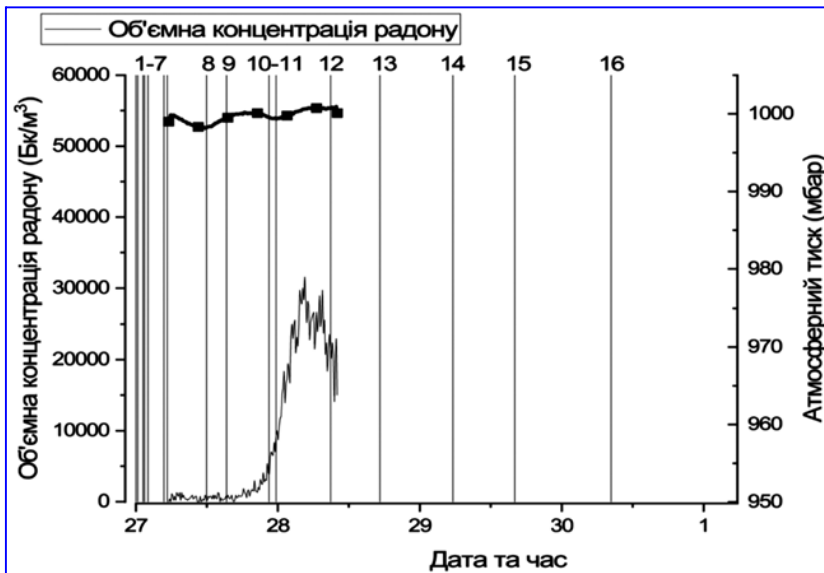


Рис. 6. Зміна концентрації радону в точці №1 Вірменська криниця 27-28 вересня 2021 року. Вертикальними лініями відмічені землетруси, вказані в таблиці 1

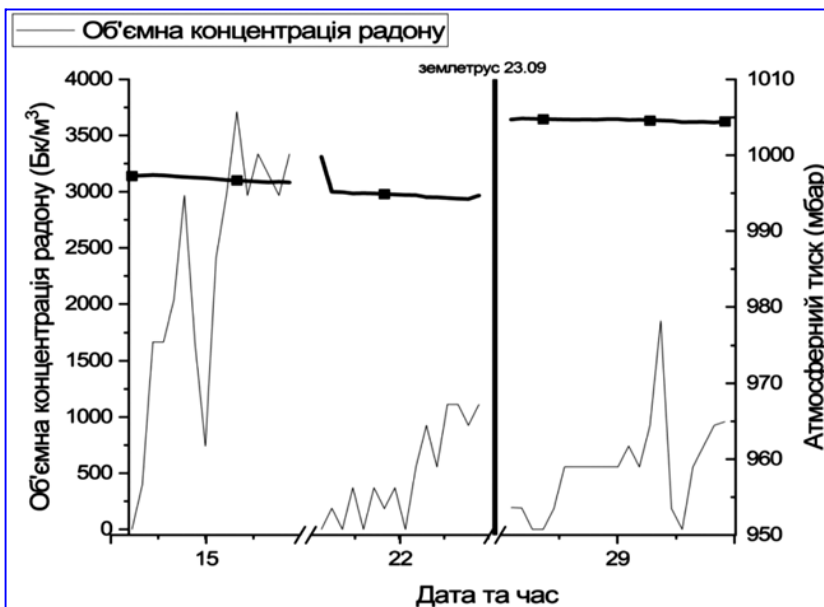


Рис. 7. Графіки зміни об'ємної концентрації радону (в Бк/м³) та атмосферного тиску (в мбар) з часом в пункті вимірювання №4 «Печера Малишка-Киянка»

тичні печери; туристичне місце – Хотинська фортеця.

✓ На території проведення вимірювання існують місця (зокрема точки 1, 4, 7), в яких вихід радону не залежить від добових коливань атмосферного тиску, а залежить від інших чинників, зокрема, можливо, з наближенням сейсмічних подій у ближній зоні.

✓ Найбільша зміна концентрації радону напередодні землетрусу 23.09.2021, що відбувся поблизу м. Чортків Тернопільської області спостерігалася у точці №1 «Вірменська криниця». Пік концентрації склав 50 000 Бк/м³ (допустима концентрація для постійного знаходження людей 100 Бк/м³).

✓ З даних, наведених на рис. 5 «Вірменська криниця», після землетрусу концентрація зменшується, і подальше її зростання пов'язане з наступними землетрусами ближньої зони, вказаними на рис. 6.

✓ Матеріал статті може бути використаний при викладанні фізики у вищих та середніх закладах освіти.

Список використаних джерел:

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Report of the General Assembly, United Nations, New York, 2000.
2. Эйби Дж. А. Землетрясения. Москва: Недра, 1982. С. 255.
3. 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. 1991. P. 77-133.
4. Ляшук О.І., Андрущенко Ю.А., Ляшук Л.А. Радон як можливий індикатор сейсмічності регіону Західної Антарктиди. *Український антарктичний журнал*. 2020. № 1. С. 15-28.
5. Уткин В.И. Пространственно-временной мониторинг радона – основа среднесрочного прогноза землетрясений. *Уральский геофизический вестник*. 2000. № 1. С. 101-106.
6. Круглов С.С., Гурський Д.С. (Ред.). Тектонічна карта України. Масштаб 1:1000000 / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Державна геологічна служба України. Київ. 2007.

7. Смірнов О., Мунтян М., Оптасюк С., Дмитрук С., Губанова А. Радон як можливий індикатор сейсмічної активності. *Електронний науковий журнал «Космос. Технології. Суспільство»*. 2021. № 2(2). С. 44-54.
8. Головний Центр спеціального контролю (офіційний сайт). URL: <https://gcsk.gov.ua/ternopil-oblasti-magnitudoyu-43-190921.html>

Olexiy Smirnov¹, Mykhailo Muntyan¹, Antonina Gubanova¹, Serhiy Optasiuk²

¹Regional center of special control

²Kamianets-Podilskyi National Ivan Ohiienko University

METHODOLOGICAL ASPECT OF OBSERVATION OF CHANGES IN RADON VOLUME CONCENTRATION DEPENDING ON GEOGRAPHIC AND SEISMIC PARAMETERS IN THE REGION

The article describes and analyzes the data of observations of changes in the concentration of radon on the Earth's surface. It is illustrated that in the absence of other factors, changes in radon concentration are associated with changes in atmospheric pressure. The results of observing the connection between changes in radon concentration and the approach of earthquakes are presented. Experimental data may confirm that at "sensitive" points the increase in radon concentration is

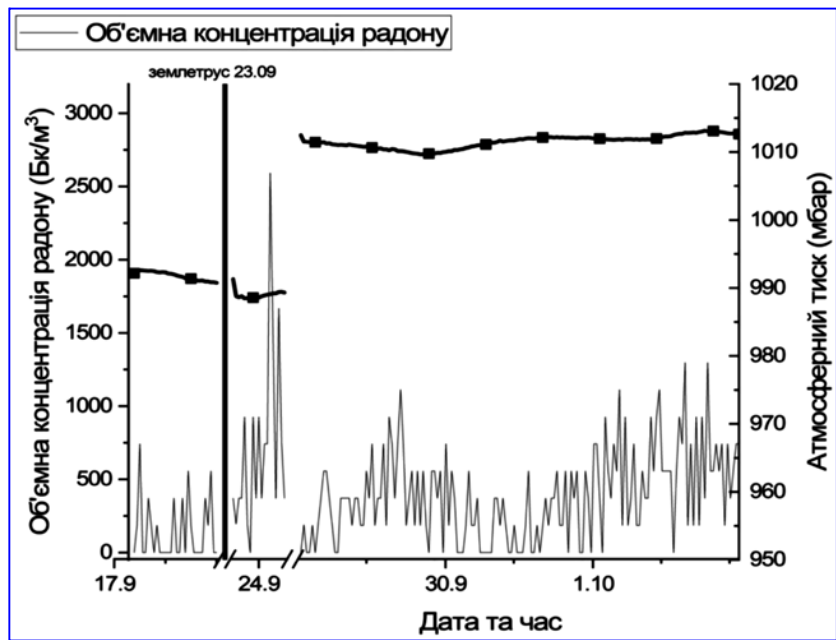


Рис. 8. Графіки зміни об'ємної концентрації радону (в Бк/м³) та атмосферного тиску (в мбар) з часом в пункті вимірювання №7 «Криниця в Хотинській фортеці»

a harbinger of earthquakes in the near area. Literature sources are confirmed, which confirm the abnormal behavior of changes in radon concentration before earthquakes.

Key words: radiation background, radon volume concentration, atmospheric pressure, earthquake, geological structure, tectonic faults.

Отримано: 3.11.2022

УДК 378.147

DOI: 10.32626/2307-4507.2022-28.129-133

Сяоцзін Вень¹, І. В. Корсун²

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

e-mail: ¹Wen32Xiaojing@gmail.com, ²korsun_igor@i.ua; ORCID: ¹0000-0002-8967-5500, ²0000-0002-9893-2820

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

Мета нашої роботи є продемонструвати можливості використання фізичних задач у формуванні дослідницької компетентності майбутніх вчителів фізики на прикладі вивчення курсу загальної фізики «Оптика». Обґрунтовано доцільність використання дослідницьких фізичних задач у формуванні відповідних компонент дослідницької компетентності майбутніх вчителів фізики. У дослідницьких задачах значно глибше прослідковується процес побудови розв'язку даної задачі у відповідності із методологією наукового дослідження. Ключовими ознаками таких задач є формулювання гіпотези, її обґрунтування та доведення у процесі самостійної роботи. Подано приклади 25 дослідницьких задач із розділів «Фотометрія», «Геометрична оптика», «Хвильова оптика». Дані задачі використовуються у навчанні майбутніх вчителів фізики у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка. Доцільним є використання запропонованих завдань як у процесі самостійної роботи студентів, так і у процесі контролю знань, умінь та навичок студентів.

Ключові слова: майбутні вчителі фізики, дослідницька компетентність, компоненти дослідницької компетентності, розв'язування фізичних задач, дослідницькі задачі, курс загальної фізики, оптика.

В ідеальному випадку випускники ЗВО мають вміти не лише освоювати існуючі новітні технології, але й удосконалювати їх та створювати нові. Проблема підготовки висококваліфікованих спеціалістів безпосередньо пов'язана із формуванням відповідних компетентностей майбутнього фахівця. Великий глумачний словник сучасної української мови розгля-

дає поняття «компетентність» як «певна сума знань у особи, яка дозволяє їй судити про що-небудь, висловлювати переконливу, авторитетну думку», а компетентним є «той хто знає, обізнаний у певній галузі; який має право за своїми знаннями або повноваженнями робити або вирішувати що-небудь, судити про що-небудь» [1, с. 560].