



## Determination of radon index on the test site “Botanical Garden – BAS”, Sofia

### Определяне на радонов индекс на тестова площадка „Ботаническа градина – БАН“, София

*Dimitar Antonov<sup>1</sup>, Kremena Ivanova<sup>2</sup>, Bistra Kunovska<sup>2</sup>, Sava Kolev<sup>1</sup>, Monika Mutovska<sup>2</sup>, Iren Ilieva<sup>1</sup>, Antoaneta Petrova<sup>3</sup>, Aleksey Benderev<sup>1</sup>*

*Димитър Антонов<sup>1</sup>, Кремена Иванова<sup>2</sup>, Бистра Куновска<sup>2</sup>, Сава Колев<sup>1</sup>, Моника Мутовска<sup>2</sup>, Ирен Илиева<sup>1</sup>, Антоанета Петрова<sup>3</sup>, Алексей Бендерев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Geological Institute, BAS, Acad. G. Bonchev str., bl. 24, Sofia; E-mails: dimia@geology.bas.bg; sava\_kolev@geology.bas.bg; iren.ilieva812@gmail.com; alekseybenderev@yahoo.com

<sup>2</sup> National Centre for Radiobiology and Radiation Protection, 3 Georgi Sofiiski str., Sofia; E-mails: k.ivanova@ncrrp.org; b.kunovska@ncrrp.org; m.mutovska@ncrrp.org

<sup>3</sup> Botanical garden, BAS, 22 Okolovrasten Pat str., Sofia; E-mail: bgarden.bas@abv.bg

**Abstract.** The study deals with pilot investigations of the radon index in Bulgaria. *In situ* measurements of the radon activity and soil permeability at 3 sites one over and two – close to fault zone have been performed. The results show that higher radon content is detected in the fault zone.

**Keywords:** radon, *in situ* measurements, geology, fault, Bulgaria.

### Въведение

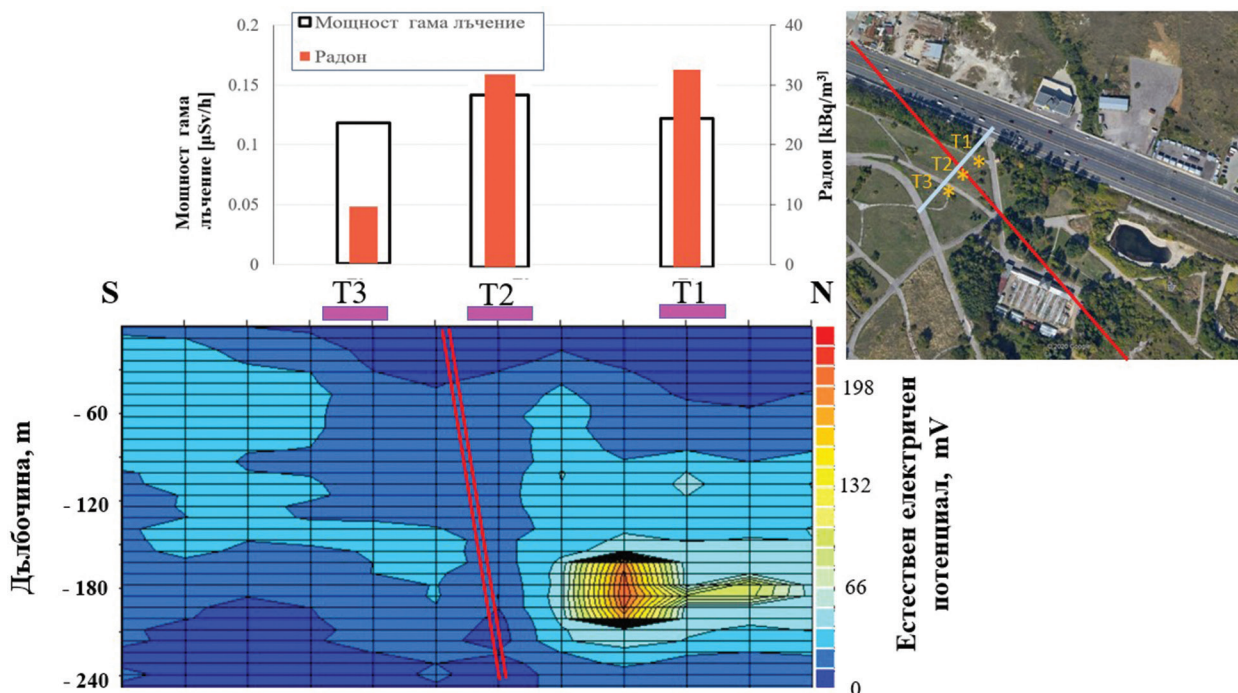
Естественят радиоактивен елемент радон ( $^{222}\text{Rn}$ ) е благороден газ и е дъщерен продукт на радий ( $^{226}\text{Ra}$ ) от радиоактивното семейство на уран ( $^{238}\text{U}$ ), които се срещат във всяка скала и почва в литосферата. Периодът му на полуразпад е 3,82 дни и достатъчен за да може да премине от земната среда на повърхността. Миграцията на газа към земната повърхност е строго свързана с преференциални пътища за дегазация, като разломи или пукнатинни системи (Етиоре, Martinelli, 2002). Физическите свойства на земната среда, особено нейната пропускливост, също могат да повлияят на потока на  $^{222}\text{Rn}$  (Porstendorfer, 1994). Следователно, геоложкият строеж е един от основните фактори, които оказват влияние върху изменението на радона на закрито и така на обемната активност на този газ в сгради и облъчването от него (Appleton, Miles, 2010). В тази връзка, геогенният потенциал (ГП) на терена е вероятността за наличие на високи обемни активности на радон в сградата, чийто генезис е пряко свързан с влиянието на земната повърхност, а не например със строителните материали.

За характеризиране на ГП се използва понятието *радонов индекс*. Един от подходите за количествено определяне на радонов индекс, се основава на многовариантна кръстосана таблица, която включва два параметъра – *обемна активност на радон в почвен газ и газова пропускливост на земния слой* (Regulation..., 2019). В рамките на изследователски проект са започнати комбинирани измервания за определяне на радоновия индекс на площадки със специфичен геоложки строеж. Статията има за цел да представи и оцени данните, получени от пилотни комбинирани измервания и определянето на радоновия индекс в почвения слой в зоната на тектонско нарушение.

### Материали и методи

#### *Обект на проучването*

Пилотната площадка е разположена на територията на Ботаническата градина при БАН. Местоположение ѝ е избрано заради наличието на т.нар. Витошки разлом, част от Искърската разломна зона (Zagorchev et al., 1994) (фиг. 1). Геоложкият строеж е представен от долна вулкано-



Фиг. 1. Местоположение на избраните полигони (разломът е даден с червена линия), резултати от геофизичното профилиране, средни стойности на съдържанието на радон в почвения газ и мощността на дозата гама лъчение в полигоните

генно-седиментната задруга в дълбочина, покрита от общ делувиално-пролувиален шлейф, засегнат от свлачищни процеси (Tsenkov, Ivanov, 2004). Целта на изследването е определяне на радоновия индекс, включващи измервания *in situ* за определяне на обемната активност на радон в почвен газ и газовата пропускливост на приповърхностния почвен слой.

### Геофизични измервания

За определяне на пространственото положение на разлома се проведе геофизични измервания с уред PQWT-TC300, разработен от Hunan Puci Geologic Exploration Equipment Institute. Методът се основава на измерването на електрическото поле, предизвикано от различни, предимно естествени източници. След установяване на местоположението на разломното нарушение са подбрани 3 опитни полигона – единият в обсега на разлома, а другите два на север и юг от него (фиг. 1). Разстоянията между полигоните са както следва: между полигони T1 и T2 е 23,7 m, а между T2 и T3 – 31,5 m. Обследваната приблизителна площ е 652 m<sup>2</sup>.

**Газова пропускливост на почвата.** Измерванията са извършени със система RADON-JOK, произведен от Radon v.o.s, Чешка република, с обхват от 5,0E-17 до 2,0E-11 [m<sup>2</sup>]. Теоретичната рамка за измерване на газопрпускливостта

на почвата се основава на уравнението на Дарси (Nezmal et al., 2004).

**Обемна активност на радон в почвен газ.** Използвана е система RM-2 за измерване на обемната активност на радон в почвен газ на фирма Radon v.o.s, Чешка република. Обхватът на измерванията на радона в почвен газ е в границите от 3 до 900 kBq/m<sup>3</sup>, температура на въздуха +5 to +40 °C и влажност ≤ 70%.

**Измервания на мощност на дозата гама лъчение.** Директните измервания на мощност на дозата гама-лъчение са извършени на всеки полигон, съгласно стандартна работна процедура с преносима дозиметрична апаратура Rados-RDS 110.

### Резултати и дискусия

Всички полигони са с площ от 100 m<sup>2</sup> като на всеки от тях са направени по 5 измервания на параметрите: пропускливост на почвата, обемна активност на радон в почвен газ и мощност на дозата гама-лъчение. Пропускливостта на почвата варира от 2,0E-11 до 7,50E-14 [m<sup>2</sup>]. Мощността на дозата гама-лъчение във въздух е в границите от 0,10 до 0,18 μSv/h и е в рамките на естествения радиационен гама фон. Обемната активност на радон в почвения газ в третия квартал на полигоните варира от 11,7 до 35,7 kBq/m<sup>3</sup>. Определеният радонов индекс на полигоните (по стойности-

Таблица 1. Резултати на активност на радон в почвен газ, пропускливост на почвата, мощност на дозата гама лъчение и определения радонов индекс по полигони

№ на полигон	Координати	Радон в почвен газ [kBq/m <sup>3</sup> ]	Пропускливост на почвата [m <sup>2</sup> ]	Мощност на дозата гама лъчение [μSv/h]	Радонов индекс
T1	42°38'46.0" 23°18'01.8"	24,1±1,6	1,80E-12	0,13±0,02	среден
		35,7±2,0	1,50E-12	0,12±0,02	
		26,3±1,7	2,05E-12	0,12±0,02	
		24,2±1,6	8,50E-12	0,13±0,02	
		55,0±2,4	8,00E-13	0,12±0,02	
<b>3-ти квантил</b>		<b>35,7±2,0</b>	<b>4,00E-12</b>	N/A	
T2	42°38'45.5" 23°18'00.6"	29,6±1,8	5,00E-12	0,18±0,02	висок
		31,0±1,8	3,00E-12	0,15±0,02	
		35,6±2,0	2,00E-11	0,12±0,02	
		31,2±1,8	2,00E-11	0,11±0,01	
		33,8±1,9	8,00E-12	0,16±0,02	
<b>3-ти квантил</b>		<b>33,8±1,9</b>	<b>2,00E-11</b>	N/A	
T3	42°38'45.0" 23°18'00.6"	9,2±1,0	1,50E-11	0,10±0,01	среден
		14,0±1,2	8,00E-13	0,11±0,01	
		2,6±0,5	7,50E-14	0,13±0,02	
		10,5±1,1	2,00E-11	0,12±0,02	
		11,7±1,1	2,00E-11	0,12±0,02	
<b>3-ти квантил</b>		<b>11,7±1,1</b>	<b>2,00E-11</b>	N/A	

те на третия квантил) е съответно: T1 – среден, T2 – висок и T3 – среден, което е обяснимо с това, че T2 се намира върху разлома, а T1 и T3 са в близост. Резултатите от измерванията са представени в таблица 1.

### Заклучение

Получените резултати, независимо от различната, често ниска, пропускливост на разнообразните делувиялни отложения на Витошките склонове, потвърждават връзката на разломното нарушение с отделянето на радон в почвения слой. По-високи съдържания на радон се установяват непосредствено над самото нарушение, а също така и на север, в зоната на пропадналия блок, но радоновия индекс се описва като „среден“ и за двата полигона извън разлома.

*Благодарности:* Изследването е в изпълнение на проект №НЗ7/22 (Договор № КП-06-НЗ7/22/07.12.2019 г.), финансиран от Фонд „Научни изследвания“.

### Литература

- Appleton J. D., J. C. Miles. 2010. A statistical evaluation of the geogenic controls on indoor radon concentrations and radon risk. – *J. Environ. Radioact.*, 101, 10, 799–803.
- Etiopie, G., G. Martinelli. 2002. Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview. – *Phys. Earth Planet Inter.*, 129, 185–204.
- Regulation № RD-02-20-1 for the Technical Requirements for Radon Protection Buildings. 2019. Sofia, Ministry of Regional Development and Public Works, 31 p. (in Bulgarian).
- Neznal, M., M. Matolín, I. Barnet, M. Jitka. 2004. *The New Method for Assessing the Radon Risk of Building Sites*. CGS Special Papers 16, Prague, Czech Geological Survey, 94 p.
- Porstendorfer, J. 1994. Properties and behaviour of radon and thoron and their decay products in air. – *J. Aerosol Sci.*, 25, 219–263.
- Tsenkov, T., P. Ivanov. 2004. Investigation of landslide processes in the region of the Botanical garden of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. – In: *Proceedings of the International Conference VSU'2004*, IV-1, 39–44 (in Bulgarian with English abstract).
- Zagorchev, I., R. Marinova, D. Chunev, P. Chumachenko, I. Sapunov, S. Yanev. 1994. *Explanatory Note to the Geological Map of Bulgaria on Scale 1:100 000. Pernik Map Sheet*. Sofia, Geology and Mineral Resources Committee, Geology and Geophysical Survey Ltd., 92 p (in Bulgarian with English abstract).