

Illichivsk (Ukraine) ; 2015 : 30-34 (in Ukrainian).

2. Svita V. *Profilaktychna medytsyna*. 2005 ; 3 : 48-50 (in Ukrainian).

3. Rukovodstvo po kontroliu kachestva pitevoi vody : rekomendatsii Vsemirnoi organizatsii zdavoohraneniia [Manual Control of Drinking Water Quality : WHO Recommendations]. Geneva : WHO ; 2004 : 121 p. (in Russian).

4. West L. World Water Day: A Billion People Worldwide Lack Safe Drinking Water. URL : <http://environment.about.com/od/environmentalevents/a/waterdayqa>.

5. US EPA The National Water Quality Inventory: Report to Congress for the 2002 Reporting Cycle – A Profile. Washington ; 2007. Mode of access: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2007_10_15_305b_2002report_report_2002305b.pdf – Title from screen.

6. Nemtseva N.V. and Bukharin O.V. *Gigiena i sanitariia*. 2003 ; 3 : 9-11 (in Russian).

7. Hrebniak M.P. (ed.). *Medychna ekolohiia : navchalnyi posibnyk* [Medical Ecology : the Textbook]. Dnipropetrovsk : Aktsent ; 2016 : 484 p. (in Ukrainian).

8. Goncharuk V.V., Rudenko A.V. and Koval E.Z. *Khimiia i tekhnologiia vody*. 2004 ; 26 (2) : 120-144 (in Russian).

9. Alleron L., Khemiri A., Koubar M. et al. *Water Research*. 2013 ; 47 (17) : 6606-6617.

10. Rakhmanin Yu.A., Mihailova R.I. *Gigiena i sanitariia*. 2014 ; 93 (5) : 5-10 (in Russian).

11. Kakareka S.V., Kukharichik T.I., Khomich V.S. *Stoikiie organicheskiie zagriazniteli : istochniki i otsenka vybrosov* [Persistent Organic Pollutants: Sources and Emission Estimation]. Minsk ; 2003 : 220 p. (in Russian).

12. Gu A., Ji G., Zhu P. et al. *Fertil Steril*. 2010 ; 94 (7) : 2620-2625.

13. Han X., Zhou N., Cui Z. et al. *Environ. Health. Perspect*. 2011 ; 119 (5) : 652-657.

14. Meeker J. D., Maity A., Missmer S. A. et al. *Environ. Health Perspect*. 2011 ; 119 (7) : 1010-1016.

15. Goncharov A., Pavuk M., Foushee H. R. et al. *Environ. Health Perspect*. 2011 ; 119 (3) : 319-325.

Надійшла до редакції 12.04.2017

ОЦІНКА ДЕПОНУВАННЯ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ НА ПОВЕРХНЮ ҐРУНТУ В ОКОЛИЦЯХ ТРИПІЛЬСЬКОЇ ТЕС

Бузинний М., Михайлова Л.

ESTIMATION OF THE NATURAL RADIONUCLIDES DEPOSITION ON THE LAND SURFACE IN THE VICINITY OF TRYPILSKA THERMAL POWER PLANT

BUZYNNYI M., MYKHAILOVA L.

SI "O.M. Marzeiev Institute for Public Health, NAMS of Ukraine", Kiev

UDK 504.055 : 614 : 620.267

Keywords: Trypilska Thermal Power Plant, fossil fuel, coal, natural radionuclides, radioactive releases, radioactive deposition.

Fossil fuel (coal) includes natural radionuclides, in particular ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K , ^{210}Pb . Radioactivity is concentrated while coal burning. Emissions of smoke and exhaust air bring solid particles and aerosols in the environment, causing deposition on the land surface over time. Cumulative deposition on land surface corresponds to long time operation impact. We have focused our efforts on selecting of most suitable sites for sampling of deposition and determine corresponding natural radionuclides. We had used forest vertical profiles that include forest litter (top layer) and two soil layers

ОЦІНКА ДЕПОНУВАННЯ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ НА ПОВЕРХНЮ ҐРУНТУ В ОКОЛИЦЯХ ТРИПІЛЬСЬКОЇ ТЕС

Бузинний М., Михайлова Л.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Мета досліджень. Оцінка величини випадіння природних радіонуклідів внаслідок викидів протягом довгострокової експлуатації Трипільської ТЕС. **Матеріали і методи досліджень.** Трипільська ТЕС розташована за 40 км на південь від м. Києва. Для вивчення величини радіоактивних випадіннь, зумовлених діяльністю Трипільської ТЕС, було обрано три ділянки соснового лісу за 1,5 км, 1,8 км на північ та 3,0 км на північний захід-північ від станції, що відповідають переважаючим напрямкам вітру. Досліджувані лісові профілі поверхні включали шар лісового настилу та два шари ґрунту завтовшки 5 см кожен. Для забезпечення статистичної достовірності результатів на кожній з ділянок було відібрано від 5 до 8 профілів. Для порівняння ми дослідили лісові профілі за межами впливу теплоенергетичних об'єктів поблизу с. Ясногородка Вишгородського району, на відстані близько 60 км на північ від м. Києва, або понад 100 км від станції. Зразки лісового настилу спалювали до компактної форми, а ґрунти висушували на повітрі за кімнатної температури протягом двох тижнів до досягнення стабільної маси зразка. Для вимірювання вмісту радіонуклідів використовували гамма-спектрометричну систему виробництва фірми ORTEC, яка містить 3 детектори з особливо чистого германію та багатоканального буфера моделі 919.

Результати досліджень. Результати вимірювань показали, що величина середнього сукупного рівня осадження природних радіонуклідів на поверхню, зумовлених штатними викидами Трипільської ТЕС, на відстані 1,5-3 км становить 34 ± 50 ; 37 ± 73 ; 48 ± 66 ; 447 ± 1216 Бк \cdot м² для ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U та ^{40}K . Відповідні максимальні значення принаймні удвічі більші: 63 ± 125 ; 84 ± 169 ; 103 ± 180 ; 725 ± 2430 Бк \cdot м² для ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U та ^{40}K . Переважаюча кількість (80-95%) активності радіонуклідів депонована у верхньому 5 см шарі ґрунту, решта – у лісовому настилі. Переважна більшість висадження ^{210}Pb – природного походження, де 55-95% належать до верхнього шару ґрунту.

Висновки. Результатом штатних викидів Трипільської ТЕС є збагачена природними радіонуклідами поверхня ґрунту навколо станції. Максимальна кількість депонованих радіонуклідів зосереджена у верхньому 5 см шарі ґрунту, решта – у лісовому настилі. Дослідження лісових профілів ґрунту у зоні впливу ТЕС дає інформацію щодо інтегральних рівнів природних радіонуклідів, депонованих на поверхню за період її діяльності. Для отримання статистично зважених результатів необхідне дослідження 5-8 профілів.

Ключові слова: Трипільська ТЕС, викопне паливо, вугілля, природні радіонукліди, радіоактивні викиди, радіоактивне осадження.

© Кудиевский Я.В., Кальниш В.В.
СТАТТЯ, 2017.

ОЦЕНКА ДЕПОНИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПОЧВЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ТРИПОЛЬСКОЙ ТЭС

Бузынный М., Михайлова Л.

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев

Цель исследований. Оценка величины выпадения естественных радионуклидов, выброшенных в течение долгосрочной эксплуатации Трипольской ТЭС.

Материалы и методы исследований.

Трипольская ТЭС расположена в 40 км к югу от г. Киева. Для изучения величины радиоактивных выпадений, обусловленных деятельностью Трипольской ТЭС, было выбрано три участка соснового леса в 1,5 км и 1,8 км к северу и 3,0 км северо-западнее — на севере станции, соответствующие преобладающим направлениям ветра. Исследовали лесные профили поверхности: слой лесной подстилки и два слоя почвы толщиной 5 см каждый. Для обеспечения статистической достоверности результатов на каждом из участков были отобраны от 5 до 8 профилей. Для сравнения мы исследовали лесные профили за пределами влияния энергетических объектов неподалеку с. Ясногородка Вышгородского района, на расстоянии около 60 км к северу от г. Киева, или более 100 км от станции. Образцы лесной подстилки сжигали до компактной формы, а почвы высушивали на воздухе при комнатной температуре в течение двух недель до достижения стабильной массы образца. Для измерения содержания радионуклидов использовали гамма-спектрометрическую систему производства фирмы ORTEC,

которая включает 3 детектора из особо чистого германия и многоканального буфера модели 919.

Результаты исследований. Результаты измерений показали, что величина совокупного осаждения природных радионуклидов на поверхность, обусловленных штатными выбросами Трипольской ТЭС, на расстоянии 1,5–3 км составляет в среднем 34 ± 50 ; 37 ± 73 ; 48 ± 66 ; 447 ± 1216 Бк·м² для ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U и ⁴⁰K. Максимальные соответствующие значения по крайней мере вдвое выше: 63 ± 125 ; 84 ± 169 ; 103 ± 180 ; 725 ± 2430 Бк·м² для ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U и ⁴⁰K. Преобладающее количество (80–95%) активности радионуклидов депонировано в верхнем 5 см слое почвы, остальные — в лесной подстилке.

Подавляющее большинство осадения — ²¹⁰Pb составляет компонента природного происхождения, где 55–95% принадлежит верхнему слою почвы.

Выводы. Результатом штатных выбросов Трипольской ТЭС есть обогащение поверхности почвы естественными радионуклидами в окрестностях. Максимальное количество депонированных радионуклидов сосредоточено в верхнем 5 см слое почвы, остальные — в лесной подстилке.

Исследование лесных профилей почвы в зоне влияния ТЭС дает информацию об уровнях естественных радионуклидов, депонированных на поверхность за период ее деятельности. Для получения статистически взвешенных результатов необходимо исследование 5–8 профилей.

Ключевые слова: Трипольская ТЭС, ископаемое топливо, уголь, природные радионуклиды, радиоактивные выбросы, радиоактивное осаждение.

of 5 cm each underneath. Such an approach, we had used once studying of the spatial distribution of the radioactive graphite widespread in the environment because of Chernobyl nuclear disaster [1].

Trypilska power plant is located in Ukrainka town situated 40 km South direction to Kiev, it is under operation since 1969 with annual production 1.8 GWt(e) [2]. We had selected sampling sites among area of pine forest on territory of Ukrainka town and nearby (situated about 1.5 km and 1.8 km N direction and other, 3 km NNW direction), see Figure 1. For comparison, as the background, we had studied profile samples collected on pine forest area near the village Yasnohorodka of Vyshhorod district, situated about 60 km North to Kiev or about 100 km to Trypilska Power station. To perform statistically weighted study for each site we analyze samples of five to eight profiles (the distance between the nearby profiles sampling sites was 20–50 m).

To study of natural radionuclides fallout caused by the releases of thermal power plant it is necessary to measure the integrated operation trace deposited during of long time. The fate of the land surface layers in the open areas like garden, field, meadow cannot be predicted for years due to digging and turning the top layer. We had

selected the area of the land surface among of pine forest, where, we hope, the top layer is intact.

To assess the amount of integrally deposited radionuclides to the land surface we had used an approach, that is often used in studies of forest ecosystems, namely investigated forest surface profile components: forest litter (top layer), and two layers of soil underneath, 5 cm each [1].

METHODS. We had collected samples of the forest litter with land area of 0.25 m² (50x50 cm) for each profile. Then, within this area, where forest litter was removed, soil samples were taken: two layers of soil one under the other, 5 cm thick and measuring 15x25 cm, i.e. corresponding recesses 0–5 cm and 5–10 cm from the surface. We had dried soil samples for constant weight. As far as forest litter is the top layer, reach of organic matter it has low density. We had ashed samples of forest litter to pre-concentrate material, and comparing excessive radioactivity of mineral components (ash) with soil (samples of similar density).

We had measured sample radioactivity by gamma spectroscopy system based on equipment of ORTEC Inc.: MCB mod. 919, and HPG detectors: mod. GEM-40220 and mod. 50250 GEM, each placed in stainless steel shield of 20 cm wide. We had

used Amersham CO-570 source for calibration. ²¹⁰Pb measurements were carried using HPG detector of GLP-36360/13 planar type connected to the same MCB mod. 919. We had tested quality of the measurements obtained by this system participation of IAEA intercomparison tests since 1990 [4]. Recent intercomparison test samples [5] were used as for crosscheck of our measurements of natural radionuclides.

RESULTS AND DISCUSSION.

Data on natural radionuclide concentration (one forest soil profile per site) had being presented in table 1, i.e. only 4 profiles of total 26. Thus, we label L0 – forest litter (ash), L1 – top layer soil, L2 – bottom layer of soil. As it was estab-

Figure 1
Sampling scheme for Trypilska Power Plant



lished, radionuclide concentrations between the same layers of soil of individual profiles differ significantly. Two component of ^{210}Pb (natural deposition generated in atmosphere origin and Trypilska Power Station releases) and variation of individual mass of forest litter layer sample between sites cause significant variation of ^{210}Pb specific activity.

Activity concentration of soil samples (average, standard deviation and median) for each studied site were present in table 2. On this

base, we had calculated the activity ratio of the natural radionuclides in soil of two layers (layer 1 to the layer 2). Mean values are given in table 3 and on figure 2. According to this data, the average specific activity of natural radionuclides in the top layer of soil of background site (Yasnohorodka) is the same (as for ^{226}Ra and ^{238}U) or lower (12% for ^{232}Th and 8% for ^{40}K) comparing to the lower layer, and several times higher for ^{210}Pb . It is quite consistent with the results of comprehensive research of forest soil

profiles [3], which gave us certainty in applicability of our approach. For future calculation of deposited activity, we had used individual data for each sample: activity concentration and total material amount in corresponding layer.

Estimation of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U and ^{40}K deposition.

To assess activity of natural radionuclides deposited on the land surface we considered the following components: radioactivity deposited in the forest litter, and the radioactivity deposited in the top layer of soil. At the first component, for ash of forest litter (A1) – we calculate deposited activity as corresponding to the difference between activity concentration of ash and one of corresponding bottom soil layer (5-10 cm). At second, we calculate deposited activity for upper soil layer (S1) as the excess of specific activity components. Thus, it is the excess above 100% of the specific activity of the second layer for ^{226}Ra and ^{238}U , when it is excess above 88% of specific activity for ^{232}Th in second layer and 92% – for ^{40}K respectively, i.e. we consider all this in terms of background site, see table 3. We had calculated deposition level for each site using excess and total

Table 1
Radionuclide activity concentration in soil profile (Bq/kg), one profile per site

Site	Point	Layer	^{210}Pb	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U	^{40}K	Ms
Yasnohorodka (Background)	T1	L0	795	8,7	7,4	9,8	120	0,12
	T1	L1	28,9	5,7	5,7	6,2	96	1,30
	T1	L2	9,5	5,9	5,7	5,9	105	1,30
Ukrainka 1	T1	L0	2630	68,6	41,3	68,2	804	0,012
	T1	L1	24,8	6,1	6,8	7,1	134	0,976
	T1	L2	13,9	4,6	5,6	5,6	105	1,235
Ukrainka 2	U22	L0	80	8,6	7,5	8,5	142	0,10
	U22	L1	24,1	4,9	5,3	4,5	135	1,00
	U22	L2	12,9	4,8	5,1	4,3	119	1,30
Ukrainka 3	T1	L0	620	27,5	20,6	25,2	412	0,057
	T1	L1	118	8,9	9,3	9,8	155	0,527
	T1	L2	29,3	7,2	8,1	7,1	159	1,021

Table 2
Radioactivity concentration (Bq/kg) in soil layers for each site, N – number of profiles examined

Site	N	^{210}Pb	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U	^{40}K	^{210}Pb	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U	^{40}K
Average			Top layer of soil (Layer 1)				Bottom layer of soil (Layer 2)				
Background	8	40	5,6	4,8	5,9	89	19	5,7	5,4	6,0	97
Ukrainka 1	5	43	6,9	7,4	7,4	145	20	5,5	6,1	5,4	131
Ukrainka 2	7	44	7,5	8,2	8,1	173	27	6,1	6,8	5,9	148
Ukrainka 3	6	83	8,7	8,8	10,1	164	30	7,1	7,5	7,5	157
STD											
Background	8	10	0,7	1,3	0,7	10	6	0,7	0,6	0,8	10
Ukrainka 1	5	28	1,8	1,8	2,4	15	9	1,8	2,1	1,7	25
Ukrainka 2	7	27	3,1	3,8	5,9	55	16	2,2	2,8	2,9	54
Ukrainka 3	6	18	0,7	1,9	1,9	12	11	1,3	1,4	1,2	22
Median											
Background	8	43	5,8	4,9	5,9	87	20	5,8	5,4	5,9	95
Ukrainka 1	5	29	6,1	6,8	7,1	142	18	4,7	5,3	4,7	127
Ukrainka 2	7	36	6,6	6,7	6,3	150	21	5,7	6,0	5,0	135
Ukrainka 3	6	83	8,9	8,7	10	163	29	6,4	6,9	7,1	159

Table 3
Average specific activity ratio of soil layer 1 to soil layer 2 among sites

Site	N	^{210}Pb	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U	^{40}K
Background	8	2,5±0,8	1,00±0,14	0,88±0,22	1,00±0,15	0,92±0,09
Ukrainka 1	5	2,5±0,9	1,31±0,32	1,26±0,31	1,41±0,41	1,12±0,12
Ukrainka 2	7	2,2±0,9	1,21±0,24	1,20±0,26	1,34±0,48	1,19±0,24
Ukrainka 3	6	3,4±2,1	1,35±0,32	1,29±0,39	1,37±0,32	1,10±0,15

mass of one square meter of corresponding layer, see data enclosed in table 4. According to this data, 80-95% deposited activity belongs to upper soil layer.

Estimation of ^{210}Pb deposition. We consider ^{210}Pb deposition data separately, as natural component of it is several times higher in upper soil layer, and it is exceeding ^{226}Ra

level even in layer 2 of soil. We calculate ^{210}Pb excess the same way as other radionuclides (^{226}Ra and ^{238}U) i.e. above bottom soil layer. And, we enclose those data of ^{210}Pb excess averaged per site for surface soil and forest litter layers

into table 5. Thus, the cumulative average values differ from each other negligibly including site used as background. This indicates a predominance of the natural component of lead deposition.

Conclusion

Figure 2

Averaged activity ratio for soil layer 1 and layer 2 for different sites

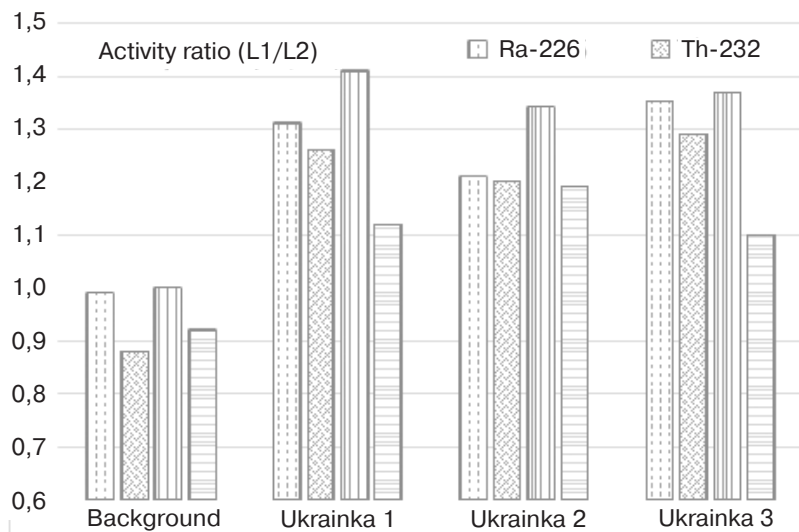


Table 4

Estimation of natural radionuclides (Bq/m²) deposited on ground surface near Trypilska power station

Site	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U	^{40}K
Estimate				
Top soil layer				
Ukrainka 1	41±28	62±38	56±33	735±285
Ukrainka 2	37±38	67±45	54±39	1154±841
Ukrainka 3	28±18	33±24	43±36	392±244
Forest litter				
Ukrainka 1	7,8±5,8	5,8±3,6	9,4±8,2	92±61
Ukrainka 2	8,7±7,0	6,1±4,7	6,3±4,2	62±36
Ukrainka 3	6,0±2,6	3,7±1,5	5,2±2,3	55±14
Maximum				
Top soil layer				
Ukrainka 1	80	112	106	999
Ukrainka 2	104	155	170	2325
Ukrainka 3	54	79	95	663
Forest litter				
Ukrainka 1	13	10	21	160
Ukrainka 2	20	14	9,8	102
Ukrainka 3	9,0	5,6	7,9	71

Table 5

Estimation of excess of total ^{210}Pb deposition in upper layer of soil and forest litter over bottom layer of soil (Bq/m²) near Trypilska power station

Site	Upper soil	Forest litter	Total
Background	685±243	276±87	957±301
Ukrainka 1	688±402	137±79	851±458
Ukrainka 2	622±346	116±127	837±476
Ukrainka 3	838±406	214±78	1052±432

Our approach shows applicability using of the vertical forest soil profiles for assessing of the land surface deposition level of natural radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) caused by long-term emissions during of operation of power station.

Studying of soil profiles of forest situated at considerable distance from artificial sources of natural radionuclides emissions shows radionuclide background levels and corresponding radionuclide distribution between ground surface layers applicable for calculation of excess.

Statistical approach used for sampling and testing samples for the examined and for the background areas gives estimation of level and uncertainty for each radionuclide of interest.

We estimate cumulative deposition level of natural radionuclides caused by operation of the Trypilska power station, for areas situated at distance from the source to 1.5-3 km as for ^{226}Ra – $34 \div 50$, ^{232}Th – $37 \div 73$, ^{238}U – $48 \div 66$, ^{40}K – $447 \div 1216$ Bq·m², when corresponding maximum values are ranged of ^{226}Ra – $63 \div 125$, ^{232}Th – $84 \div 169$, ^{238}U – $103 \div 180$; ^{40}K – $725 \div 2430$ Bq·m².

It is seeing that 80-95% of deposited activity of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U and ^{40}K belong to upper 5 cm soil layer, when residual corresponds to forest litter.

^{210}Pb deposition shows that prevailing fraction is component of natural deposition, where 55-95% belongs to upper soil layer.

REFERENCES

1. Buzinny M. Radioactive Graphite Dispersion in the Environment in the Vicinity of the Chernobyl Nuclear Power Plant. Radiocarbon. 2006; 48(3) : 451-458.

2. Trypilska Power Plant. Available at : https://uk.wikipedia.org/wiki/Трипільська_ТЕС or https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%A2%D0%95%D0%A1

3. Schleich N., Degering D. and Unterricker S. *Radiochim. Acta*. 2000. 88 : 803-808.

4. Strachnov V., Valcovich V., Zeisler R. et al. Intercomparison Study IAEA – 312 on the Determination of U, Th and Ra-226 in Soil. IAEA/AL/036 / IAEA Agencies laboratories AQCS. Vienna : IAEA; 1991 : 18 p.

5. IAEA/AL/171: Report on the IAEA-CU-2006-03 World-Wide Proficiency Test on the Determination of Gamma Emitting Radionuclides, May 2007. URL https://nucleus.iaea.org/rpst/Documents/iaea_al_171.pdf.

Надійшла до редакції 06.03.2017