

ПРО РАДІОВУГЛЕЦЬ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ В УКРАЇНІ

Бузинний М.Г.

ABOUT RADIOCARBON IN ENVIRONMENTAL RESEARCHES IN UKRAINE

BUZYNNY M.G.
SI «O.M. Marzieiev
Institute
for Public Health,
NAMS Ukraine»,
Kyiv,
Ukraine

The using of radiocarbon for environmental research in Ukraine was started by scientific team headed by E.V. Sobotovich [1]. In 1989, they drew attention to the excess of radiocarbon in the 1986 tree rings of pine tree, collected near the Chernobyl NPP, as related to nuclear accident. The main methodical aspects of sample preparation for radiocarbon research in environmental studies were assumed by Kovalukh and Skripkin [2].

The research results of the joint team of Institute of Environmental Geochemistry (IGNS) and the Scientific Center for Radiation Medicine (SCRM) showed significant spatial contrast of the determined radiocarbon accidental component [3] in the wood of 1986 annual tree rings, collected in different locations around Chernobyl NPP. It allows to illustrate the Chernobyl NPP's significant accidental gas emissions of ^{14}C along with operational releases, and also gave an estimate of the maximum concentration of ^{14}C among samples of graphite of the destroyed reactor of the Chernobyl NPP by the value of $2.5 \cdot 10^7$ Bq/kg. The article also analyzes the possibility of

using the 1986 herbarium collection for retrospective studies of radiocarbon, emphasizing that these herbarium can have two components of ^{14}C pollution: structural, due to the absorption of CO_2 , and surface due to the deposition of radioactive graphite dust. At that time, according to research of the SCRM team, a hypothesis was proposed for the possible correlation of Chernobyl disaster radioactive components: ^{14}C and ^{131}I , and the idea of using it to retrospectively determine the spatial distribution of ^{131}I in the air and in the thyroid gland of residents [4], which were relevant at the time. The ideas for the further development of ^{14}C studies in Chernobyl NPP's vicinity were published in 1994 [5].

To estimate the ^{14}C emissions of the Zaporizhzhya NPP in the form of CO_2 , corresponding annual tree rings were sampled along with one-off CO_2 samples from a gas-aerosol discharge in ventilation pipe trapped in an alkaline. The agreed results were published in 1994 [6, 7] – showing emissions rate up to 2.2 TBq per year or totaled up to 12 TBq during the observed period of 1985 to 1993. For those estimations were used empirical modeling approaches based on data published by M. McCartney et al. [8].

At the 15th International Radiocarbon Conference in 1994, corresponding scientific papers were submitted by an international team of authors, which included SCRM and IGNS staff on the distribution of ^{14}C in annual pine wood in the impact zone during the operation of the Toms spent fuel processing plant and about the evaluation of the relevant ^{14}C releases [9, 10]. According to the estimates, the ^{14}C emissions in the form of CO_2 was up to 30-45 TBq per year in 1985-1988 or up to 450-620 TBq during the operation of the plant in 1959-1993.

ПРО РАДІОВУГЛЕЦЬ В ЕКОЛОГІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ В УКРАЇНІ

Бузинний М.Г.

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

У статті представлено аналіз основних напрямків використання досліджень радіовуглецю в Україні для різноманітних завдань екології: викиди CO_2 АЕС і ТЕС, CO_2 викиди транспорту, радіоактивний графіт і доквілля, баланс викидів CO_2 в атмосферу. Дослідження стосувались штатних та аварійних умов роботи об'єктів енергетики, різних напрямків і застосування відповідних методичних розробок.

Дано коротку інформацію про основні результати, проблеми і перспективи. Приділено увагу деяким теоретичним та методичним питанням.

Ключові слова: екологія, радіовуглець, ^{14}C , АЕС, ТЕС, транспорт, викопне паливо.

© Бузинний М.Г. СТАТТЯ, 2020.

ON RADIOCARBON IN THE ECOLOGICAL RESEARCH IN UKRAINE

Buzynny M.G.

SI «O.M. Marzieiev Institute for Public Health, NAMSU», Kyiv, Ukraine

The article presents the analysis of main directions of the application of radiocarbon studies in Ukraine for various ecological tasks: CO₂ emissions both nuclear power plants and thermal power plants, spatial distribution of CO₂ due to transport emissions, radioactive graphite and environment, balance of carbon

dioxide emissions into the atmosphere. The studies referred to the operation and emergency conditions of nuclear energy facilities, various directions, and the application of appropriate methodological developments. There is a short information on the main results, problems, and prospects. A prominence has been given some theoretical and methodological issues.

Keywords: ecology, radiocarbon, ¹⁴C, NPP, TPP, transport, CO₂ emissions, fossil fuel

Estimates were based on empirical model based on data published by M. McCartney et al. [8]. During the conference, in particular Teflon vials were presented, already developed by Ukrainian researchers as a part of instrumental development for ¹⁴C measurement [10].

At the 16th International Radiocarbon Conference in 1997, advanced research results on the environmental impact of the Chernobyl disaster were presented in the form of separate works by two teams of the SCRUM and IGNS staff [11, 12]. The first team examined more than 60 trees in the territory of the 30-km exclusive zone of Chernobyl NPP, and evaluated the integrated spatial distribution of radiocarbon excess by (fig. 1). The simulation based on these data and local weather condition data allowed to estimate the total ¹⁴C emission in CO₂ from by 50 TBq, and the daily emissions value of several initial days of the active phase of the accident (fig. 2) [11]. In this paper, an estimate of the maximum dust-aerosol emission component of 60 TBq was presented [11]. The other team considered some aspects of the environmental behavior of corresponding manmade ¹⁴C components in the forest ecosystem [12]. Methodical developments for the so-called vacuum pyrolysis method along with set of equipment were presented at the conference. Technology approaches were described in the article by Skripkin and Kovaliukh [13]. Nowadays much of modern radiocarbon laboratories are

equipped with such equipment and make extensive use of the vacuum pyrolysis method mentioned above [1].

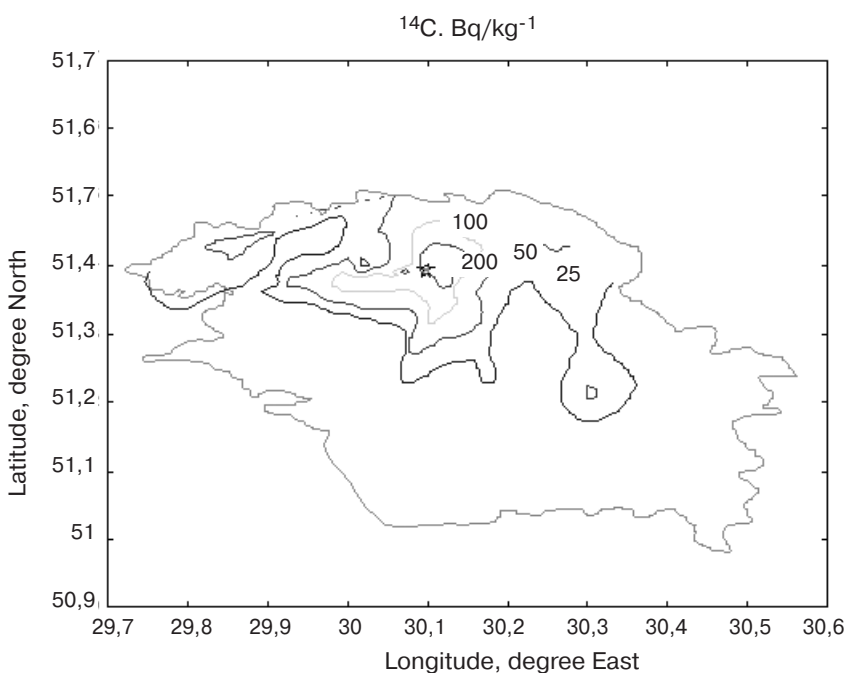
The results of subsequent Chernobyl-related ¹⁴C studies conducted by the SCRUM team were published in [15-17]. They related to the estimation of the CO₂ operational emissions of ¹⁴C of Chernobyl NPP by the content of ¹⁴C in the several annual tree rings of two trees from the Chernobyl suburbs [15], where the estimated maximum value is 3.3 TBq per year, or 20.8 TBq during of operation until 1996. Features of radioactive graphite dispersion in the environment (forest litter and soil, samples taken in 1996-1997) were investigated later during of 1998-2002 [16, 17].

The studies have already been refined by the same staff member in the SE «O.M. Marzieiev Institute of Public Health» in 2018 [18].

A certain summation of radiocarbon data related to ¹⁴C carbon dioxide emissions of different nuclear power facilities at the former USSR under different conditions: operational and accidental was published in article in 2003 [19].

Environmental radiocarbon researches conducted in Ukraine during of 2013 concerned the effect of contrast changes in radiocarbon content in annual wood, which are related to the impact of global bomb effect or local impact of nuclear technology facilities on the secondary formation of

Figure 1
Spatial Distribution of $\Delta^{14}\text{C}$ in Annual Wood Around Chernobyl NPP (Bq/kg⁻¹)



radiocarbon levels in annual tree rings, which already previously formed, due to the «moving fraction» [20]. The results of few yearly and several-year section timber studies show that the content of the ^{14}C «moving fraction» (volatile fraction) release during of the wooddestruction while sample preparation, differs from the coal component in another way, depending on the tendency for the ^{14}C level to change in the air. The contrast of their differences and the magnitude itself depend on the quality (depth) of the leaching of extractives from wood using of solid to liquid phase extraction (Soxhlet apparatus).

In 2014 have been published the results of studies of ^{14}C content in annual timber over a long period of intense industrial impact since the late 1950s. Several number of wood samples were investigated from the vicinity of a heavysource of ^{14}C industrial release [21], this time for tree located at a shorter distance (5 km) and at a different azimuth from the site. It is noteworthy that the overall course of the change over time is reminiscent of the previous results, although more contrasting, with an excess of ^{14}C in the annual tree averaging 2.3 (fig. 3). Some details of the differences are supposed to be due to the «wind rose» – fluctuations in the wind direction near the site.

Investigated wood of the «background» tree showed acceptable quality of pre-treatment of wood for the interval of annual rings corresponding to the «bomb effect», i.e. after 1955. Obviously, for pre-1955 annual timber, a deeper pre-treatment is required. Another paper published in 2014 [22] outlined an updated range of current applications of radiocarbon research for environmental purposes, such as the already known annual wood, annual and crop production studies, for assessments of local pollution of urban areas, estimates of renewable fuel components.

Investigation of peculiarities of formation of local anomalies of

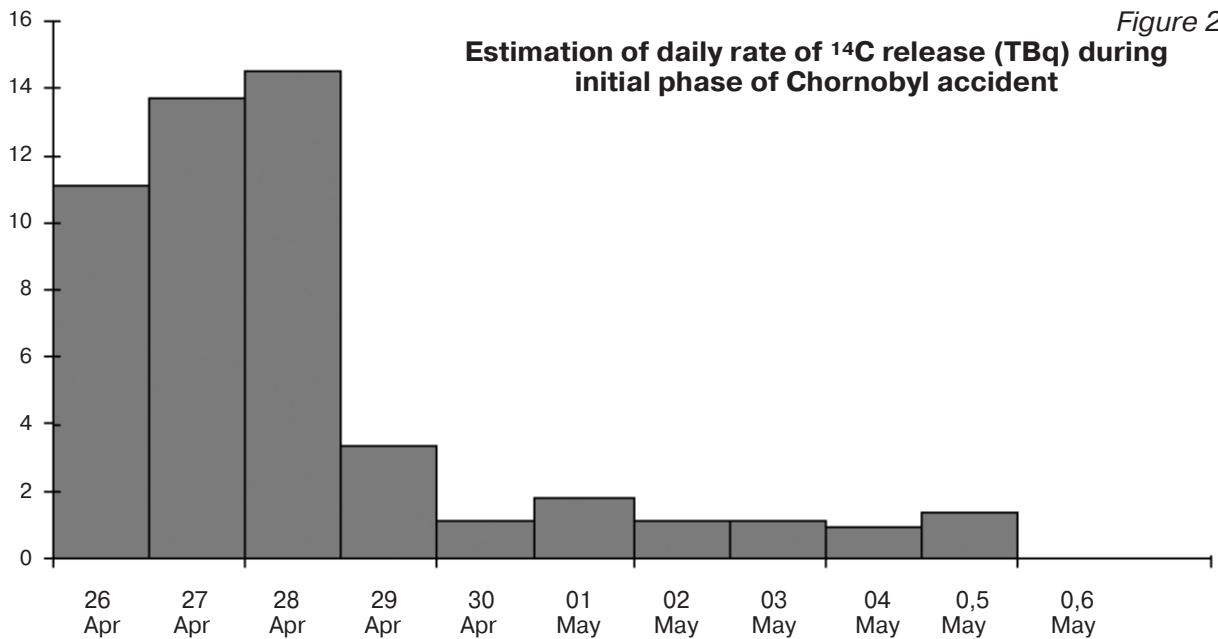
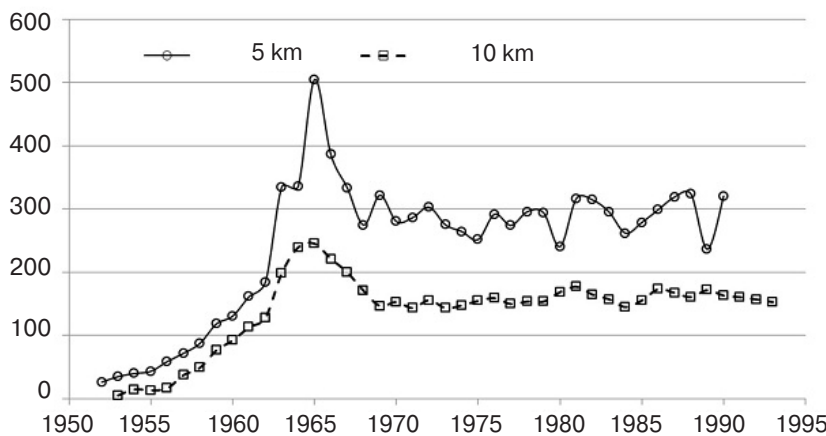


Figure 2

Figure 3
Excessive ^{14}C (Bq/kg) in annual wood of pinetree, collected around intensive industrial source (distances: 5 km upper and 10 km lower)



different scale of CO_2 distribution in the area of influence of power plants and transport based on fossil fuel combustion are devoted to articles published in 2015 (fig. 4) [23, 24].

Radioactivewaste management problem includes issues of their stabilization and transformation for long storage and disposal. It is shown, that spent Chernobyl radioactive graphite is one of the objects which require its proper conversion [25].

To estimate the CO_2 emissions balance into the atmosphere, a component that arises due to combustion of solid recovered fuel generated from household wastes, it is neces-

О РАДИОУГЛЕРОДЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В УКРАИНЕ

Бузынный М.Г.

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

В статье представлен анализ основных направлений использования исследований радиоуглерода в Украине для различных задач экологии: выбросы CO₂ АЭС и ТЭС, выбросы CO₂ транспорта, радиоактивный графит и окружающая среда, баланс

выбросов CO₂ в атмосферу. Исследования касались штатных и аварийных условий работы объектов энергетики, различных направлений и применений соответствующих методических разработок. Дана краткая информация об основных результатах, проблемах и перспективах. Обращается внимание на некоторые теоретические и методические вопросы.

Ключевые слова: экология, радиоуглерод, ¹⁴C, АЭС, ТЭС, транспорт, ископаемое топливо.

sary to determine the fraction of modern Carbon material in the average ¹⁴C samples. Methodic approach of such analyses based on vacuum pyrolysis [13] are well tested and described in [26].

ЛІТЕРАТУРА

1. Соботович Э.В., Ковалюх Н.Н., Чебаненко С.И. Дендрорадиоэкология в зоне влияния Чернобыльской АЭС. *Принципы и методы ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов: сб. тез. Всесоюзн. совещ. М., 1989. С. 125.*

2. Ковалюх Н.Н., Скрипкин В.В. Химическая подготовка образцов для радиоэкологических исследований радиоуглерода. *Радиоизотопы в экологических исследованиях. К. : Наукова думка, 1992. С. 93-101.*

3. Бузынный М.Г., Зеленский А.В., Ковалюх Н.Н., Скрипкин В.В., Санин Е.В. Ретроспективное восстановление уровня аварийного выброса ¹⁴C в атмосферу вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. *Актуальные вопросы ретроспективной, текущей и прогнозной дозиметрии облучения в результате Чернобыльской аварии: матер. науч. конф. К., 1993. С. 118-124.*

4. Бузынный М.Г., Лось И.П., Зеленский А.В., Ковалюх Н.Н., Скрипкин В.В. О возможной корреляции уровней ¹⁴C в растительности с ¹³⁷I в щитовидной железе после аварии на ЧАЭС. *Актуальные проблемы ликвидации медицинских последствий аварии на Чернобыль-*

ской АЭС : тез. докл. укр. науч.-практ. конф. Часть I. Киев, 1993. С. 48-49.

5. Kovalyukh N., Skripkin V., Sobotovich E., Buzinny M., Sanin E. Radiocarbon of accidental release of Chernobyl NPP in annual tree rings. *Geochronometria. 1994. Vol. 10. P. 217-224.*

6. Зеленский А.В., Бузынный М.Г. Энергетическая калибровка жидкостно-сцинтилляционного бета-спектрометра. *Актуальные проблемы ликвидации медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС : тезисы докл. научно-практ. конф. Киев, 1993. Ч. I. С. 126.*

7. Buzinny M., Kovalyukh N., Los I., Skripkin V. *Radiocarbon releases of Zaporozhye NPP. Geochronology and Dendrochronology of Old*

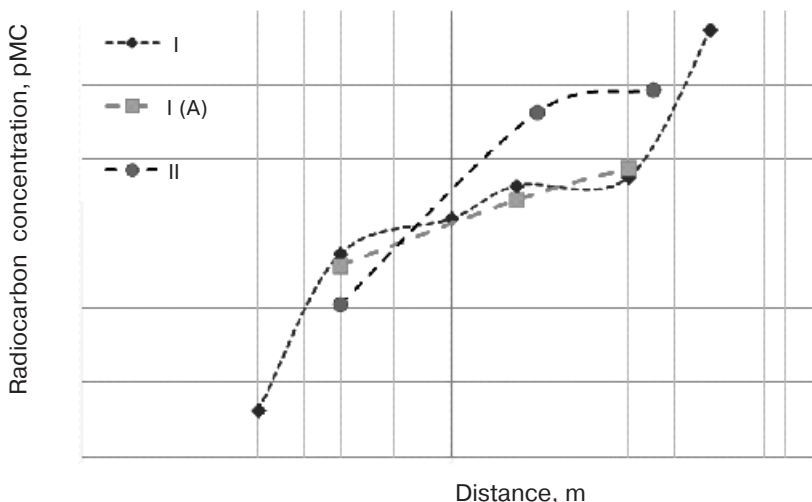
Town's and Radiocarbon Dating of Archaeological Findings: Proc. Conf. Vilnius : Vilnius University Press, 1994. P. 7-12.

8. McCartney M., Baxter M.S., Scott E.M. Carbon-14 discharges from the nuclear fuel cycle: Local effects. *Journal of Environmental Radioactivity. 1988. Vol. 8. Is. 2. P. 157-171. https://doi.org/10.1016/0265-931X(88)90023-9.*

9. Buzinny M., Kovalyukh N., Likhtarjov I., Los I., Nesvetajlo V., Pazdur M., Sobotovich E. Ecological Chronology of Nuclear Fuel Cycle Sites. *Radiocarbon. 1995. Vol. 37 (2). P. 469-473. doi: 10.1017/S0033822200030940.*

10. Buzinny M., Skripkin V. Newly Designed 0.8-ML Teflon® Vial for Microvolume Radiocarbon Dating.

Spatial distribution of ¹⁴C in grass samples (pMC), collected near high traffic highway (Pechersk district of Kyiv Druzhby Narodiv Boulevard, profile I with repetition and profile II) figure 4



Radiocarbon. 1995. Vol. 37 (2). P. 743-747. doi:10.1017/S0033822200031283.

11. Buzinnyy M., Likhtarev I., Los I., Talerko N., Tsigankov N. ¹⁴C Analysis of Annual Tree Rings from the Vicinity of the Chernobyl NPP. *Radiocarbon*. 1997. Vol. 40 (1). P. 373-379. doi:10.1017/S003382220001825.

12. Kovalyukh N., Skripkin V., Van Der Plicht J. ¹⁴C Cycle in the Hot Zone Around Chernobyl. *Radiocarbon*. 1997. Vol. 40 (1). P. 391-397. doi:10.1017/S0033822200018270.

13. Skripkin V., Kovalyukh N. Recent Developments in the Procedures Used at the Sscer Laboratory for the Routine Preparation of Lithium Carbide. *Radiocarbon*. 1997. Vol. 40 (1). P. 211-214. doi:10.1017/S0033822200018063.

14. Benzene Line. Chemical Equipment for ¹⁴C Dating. URL: <http://benzene-line.com>

15. Бuzинний М.Г., Талерко М.М. Штатні викиди Чорнобильської АЕС. *Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К.*, 2000. Вип. 36 (1). С. 234-242.

16. Бuzинний М.Г., Талерко М.М. Ретроспективні дослідження радіовуглецю Чорнобильського аварійного викиду. *Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К.*, 2000. Вип. 36 (1). С. 246-260.

17. Buzinnyy M. Radioactive Graphite Dispersion in the Environment in the Vicinity of the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Radiocarbon*. 2006. Vol. 48 (3). P. 451-458. doi:10.1017/S003382220003887X.

18. Бuzинний М., Скрипкін В. Дослідження радіоактивного графіту у лісовій підстилці. *Довкілля та здоров'я*. 2018. № 3 (88). С. 71-74. doi:10.32402/dovkiil2018.03.071

19. Бuzинний М.Г. Уровни выбросов радиоуглерода объектов ядерного топливно-энергетического комплекса на территории бывшего СССР. *Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень*. К., 2003. Вип. 1 (9). С. 110-119.

20. Бuzинний М.Г. Особливості розподілу радіовуглецю у фракціях деревини останнього сторіччя. *Гігієна населених місць: зб. наук. пр. К.*, 2013. Вип. 61. С. 254-258. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gnm_2013_61_42

21. Бuzинний М.Г., Михайлова Л.Л., Романченко М.О., Чирков В.С., Сахно В.І. До питання ретроспективного дослідження ¹⁴C в атмосфері. *Довкілля та здоров'я*. 2014. № 3. С. 43-46. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dtz_2014_3_10

22. Бuzинний М.Г., Гуленко С.В., Михайлова Л.Л., Романченко М.О., Сахно В.І. Радіовуглець як маркер сучасних антропогенних змін у довкіллі. *Гігієна населених місць: зб. наук. пр. К.*, 2014. Вип. 63. С. 200-207.

23. Бuzинний М.Г., Гуленко С.В., Романченко М.О., Чирков В.С., Михайлова Л.Л., Сахно В.І. Розподіл радіовуглецю у траві поблизу автомагістралей. *Гігієна населених місць: зб. наук. пр. К.*, 2015. Вип. 66. С. 168-175. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gnm_2015_66_27

24. Skripkin V.V., Buzynny M.G. Teflon Vials For Precise ¹⁴C in Benzene Measurements by LSC. *Technique Biological and Chemical Research*. 2017. Vol. 4 (9). P. 229-233. URL: <http://www.ss-pub.org/wp-content/uploads/2017/09/BCR2017052201.pdf>.

25. Zlobenko B., Fedorenko Y., Yatsenko V., Shabalin B., Skripkin V. Investigation on Conversion of I-graphite from Decommissioning of Chernobyl NPP into a Stable Waste Form Acceptable for Long Term Storage and Disposal. IAEA-TECDOC-1790: Report. Vienna: IAEA, 2016. 15 p.

26. Бuzинний М.Г. Підхід до оцінки відсоткової частки органічної фракції у паливі з відходів на основі технологій синтезу бензолу та РСЛ радіовуглецю. *Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (XIII марзєвські читання) : зб. тез наук.- пр. конф.* К., 2017. Вип. 17. С. 149-150.

REFERENCES

1. Sobotovich E.V., Kovalyukh N.N. and Chebanenko S.I. Dendroradioekologiya v zone vliyaniya Chernobylskoy AES [Dendroradioecology in a Zone of the Influence of the Chernobyl NPP]. In : *Printsipy i metody landshaftno-geokhimicheskikh issledovaniy migratsii radionuklidov: sb. tez. vsesoyuzn. Soveshch [Principles and Methods of Landscape and Geochemical Studies of Radionuclide Migration: Coll. Thesis. All-Union Conf.]*. Moscow ; 1989 : 125 (in Russian).

2. Kovalyukh N.N. and Skripkin V.V. Khimicheskaya podgotovka obraztsov dlya radioekologicheskikh issledovaniy radiougleroda [Chemical Preparation of Samples for Radioecological Studies of Radiocarbon]. In : *Radioizotopy v ekologicheskikh issledovaniyakh : sb. nauch. tr. [Radioisotopes in the Environmental Studies: Coll. Sci. Works]*. Kiev : Naukova dumka; 1992 : 93-101 (in Russian).

3. Buzynnyy M.G., Zelenskiy A.V., Kovalyukh N.N., Skripkin V.V. and Sanin E.V. Retrospektivnoye vosstanovleniye urovnya avariynogo vsledstviye avarii na Chernobylskoy AES [Retrospective Restoration of the Level of Emergency Emission of ¹⁴C into the Atmosphere Due to the Accident at the Chernobyl NPP]. In : *Aktualnyye voprosy retrospektivnoy tekushchey i prognoznoy dozimetrii oblucheniya v rezultate Chernobylskoy avarii: mater. nauch. konf. [Issues of Retrospective, Current and Forecast Radiation Dosimetry as a Result of the Accident at the Chernobyl NPP : Proc. Sci. Conf.]*. Kiev ; 1993 : 118-124 (in Russian).

4. Buzynnyy M.G., Los I.P., Zelenskiy A.V., Kovalyukh N.N. and Skripkin V.V. O vozmozhnoy korrelyatsii urovnya ¹⁴C v rastitelnosti s ¹³¹I v shchitovidnoy zheleze posle avarii na ChAES [On a Possible

Correlation of ^{14}C Levels in Vegetation with ^{131}I in the Thyroid Gland after the Accident at the ChNPP]. In : *Aktualnyye problemy likvidatsii meditsinskikh posledstviy avarii na Chernobylskoy AES: tez. nauch.-prakt. konf. [Current Problems of the Elimination of the Medical Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP: Thesis of the Sci.-Pract. Conf.]*. Kiev ; 1993 ; 1 : 48-49 (in Russian).

5. Kovalyukh N., Skripkin V., Sobotovych E., Buzinny M. and Sanin E. Radiocarbon of Accidental Release of Chernobyl NPP in Annual Tree Rings. *Geochronometria*. 1994;10 :217-224.

6. Zelenskiy A.V. and Buzynnyy M.G. Energeticheskaya kalibrovka zhidkostno-stsintillyatsionnogo beta-spektrometra [Energy Calibration of a Liquid Scintillation Beta Spectrometer]. In: *Aktualnyye problemy likvidatsii meditsinskikh posledstviy avarii na Chernobylskoy AES : tezisy nauchno-prakt. konf. [Current Problems of the Elimination of the Medical Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP: Thesis of the Sci.-Pract. Conf.]*. Kiev ; 1993 ; 1 : 126 (in Russian).

7. Buzinny M., Kovaliukh N., Los I. and Skripkin V. Radiocarbon Releases of Zaporozhye NPP. *Geochronology and Dendrochronology of Old Town's and Radiocarbon Dating of Archaeological Findings: Proc. Conf.* Vilnius (Lituva): Vilnius University Press ; 1994 : 7-12.

8. McCartney M., Baxter M.S. and Scott E.M. Carbon-14 Discharges from the Nuclear Fuel Cycle: Local Effects. *Journal of Environmental Radioactivity*. 1988 ; 8 (2) : 157-171. [https://doi.org/10.1016/0265-931X\(88\)90023-9](https://doi.org/10.1016/0265-931X(88)90023-9).

9. Buzinny M., Kovalyukh N., Likhtarjov I., Los I., Nesvetajlo V., Pazdur M. and Sobotovych E. Ecological

Chronology of Nuclear Fuel Cycle Sites. *Radiocarbon*. 1995 ; 37(2) : 469-473. doi:10.1017/S0033822200030940.

10. Buzinny M. and Skripkin V. Newly Designed 0.8-ML Teflon® Vial for Microvolume Radiocarbon Dating. *Radiocarbon*. 1995 ; 37(2) : 743-747. doi:10.1017/S0033822200031283.

11. Buzinny M., Likhtarev I., Los I., Talerko N. and Tsigankov N. ^{14}C Analysis of Annual Tree Rings from the Vicinity of the Chornobyl NPP. *Radiocarbon*. 1997 ; 40 (1) : 373-379. doi:10.1017/S003382220001825.

12. Kovaliukh N., Skripkin V. and Van Der Plicht J. ^{14}C Cycle in the Hot Zone Around Chornobyl. *Radiocarbon*. 1997 ; 40 (1) : 391-397. doi:10.1017/S0033822200018270

13. Skripkin V. and Kovaliukh N. Recent Developments in the Procedures Used at the Sscer Laboratory for the Routine Preparation of Lithium Carbide. *Radiocarbon*. 1997 ; 40 (1) : 211-214. doi:10.1017/S0033822200018063.

14. Benzene Line. Chemical Equipment for ^{14}C Dating. URL: <http://benzene-line.com>

15. Buzynnyi M.H. and Talerko M.M. Shtatni vykydy Chornobylskoi AES [Chornobyl NPP Emissions]. In : *Hihiiena naselenykh mists : zb. nayk. pr. [Hygiene of Settlements : Sci. Works Coll.]*. Kyiv ; 2000 ; 36 (1) : 234-242 (in Ukrainian).

16. Buzynny M.H. and Talerko M.M. Retrospektyvni doslidzhennia radiovuhletsu Chornobylskoho avariinoho vykydu [Retrospective Studies of Radiocarbon Emissions of the Chornobyl Accident]. In : *Hihiiena naselenykh mists: zb. nayk. pr. [Hygiene of Settlements : Sci. Works Coll.]*. Kyiv ; 2000 ; 36 (1) : 246-260 (in Ukrainian).

17. Buzinny M. Radioactive Graphite Dispersion in the Environment in the Vicinity of the Chornobyl Nuclear Power Plant. *Radiocarbon*.

2006 ; 48(3) : 451-458. doi:10.1017/S003382220003887X.

18. Buzynny M. and Skrypkin V. Doslidzhennia radioaktyvnoho hrafitu u lisovii pidstyltsi [Investigation of Radioactive Graphite in Forest Floor]. *Dovkillia ta zdorovia (Environment & Health)*. 2018 ; 3 (88) : 71-74. doi:10.32402/dovk-il2018.03.071 (in Ukrainian).

19. Buzynny M.G. Urovni vybrosov radiougleroda obyektov yadernogo toplivno-energeticheskogo kompleksa na territorii byvshego SSSR [Radiocarbon Emission Levels of Nuclear Fuel and Energy Facilities in the Former USSR]. In : *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu yadernykh doslidzhen [Proceedings of the Institute of Nuclear Research]*. Kyiv ; 2003 ; 1(9) : 110-119 (in Russian).

20. Buzynny M.G. Osoblyvosti rozpodilu radiovuhletsu u fraktsiiakh derevyny ostannoho storichchia [Features of Radiocarbon Distribution in Wood Fractions of the Last Century]. In : *Hihiiena naselenykh mists : zb. nauk. pr. [Hygiene of Settlements : Sci. Works Coll.]*. Kyiv ; 2013 ; 61 : 254-258. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gnm_2013_61_42 (in Ukrainian).

21. Buzynny M.G., Mykhailova L.L., Romanchenko M.O., Chyrkov V.S. and Sakhno V.I. До питання ретроспективного дослідження ^{14}C в атмосфері. До питання ретроспективного дослідження ^{14}C в атмосфері [To the Issue of a Retrospective Study of ^{14}C in the Atmosphere]. *Dovkillia ta zdorovia (Environment & Health)*. 2014 ; 3 : 43-46. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dtz_2014_3_10 (in Ukrainian).

22. Buzynnyi M.G., Hulenko S.V., Mykhailova L.L., Romanchenko M.O. and Sakhno V.I. Radiovuhlets yak marker suchasnykh antropohennykh zmin v dovkilli [Radiocarbon as a Marker of Modern Anthropogenic

Changes in the Environment]. In: *Hihiiena naselenykh mists : zb. nauk. pr. [Hygiene of Settlements : Sci. Works Coll.]*. Kyiv ; 2014 ; 63 : 200-207 (in Ukrainian).

23. Buzynny M.G., Hulenko S.V., Romanchenko M.O., Chyrkov V.S., Mykhailova L.L. and Sakhno V.I. Rozpodil radiouhletsiu v travi poblyzu avtomahistrarei [Radiocarbon Distributin in Grass near Highways]. In: *Hihiiena naselenykh mists : zb. nauk. pr. [Hygiene of Settlements : Sci. Works Coll.]*. Kyiv ; 2015 ; 66 : 168-175. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gnm_2015_66_27 (in Ukrainian).

24. Skripkin V.V. and Buzynny M.G. Teflon Vials For Precise C-14 in Benzene Measurements by LSC. *Technique Biological and Chemical Research*. 2017 ; 4 (9) : 229-233. URL: <http://www.ss-pub.org/wp-content/uploads/2017/09/BCR2017052201.pdf>.

25. Zlobenko B., Fedorenko Y., Yatcenko V., Shabalin B. and Skripkin V. Investigation on Conversion of I-graphite from Decommissioning of Chernobyl NPP into a Stable Waste Form Acceptable for Long Term Storage and Disposal. IAEA-TECDOC-1790: Report. Vienna : IAEA ; 2016 : 15 p.

26. Buzynny M.G. Pidkhyd do otsinky vidstokovoi chastky orhanichnoi fraktsii u palyvi z vidkhodiv na osnovi tekhnolohii syntezy benzolu ta RSL radiouhletsiu [Approach to the Estimation of Percentage of Organic Fraction in Fuel from Waste on the Basis of Technology of Synthesis of Benzene and RSL of Radiocarbon]. In : *Aktualni pytannia hihiieny ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy (XIII marzieievski chytannia) : zb. tez nauk.-pr. konf. [Current Issues of Hygiene and Ecological Safety of Ukraine (The Thirteenth Marzieiev's Reading) : Sci. - Pract. Conf. Thesis Coll.]*. Kyiv ; 2017 ; 17 : 149-150 (in Ukrainian).

Надійшло до редакції 15.03.2020

УДК 371.61 : 727.1 : 613.95

<https://doi.org/10.32402/dovkil2020.03.054>

THE IMPACT OF DIRECT AND INDIRECT INDICATOR PARAMETERS OF ARCHITECTURAL-AND-PLANNING DECISIONS OF THE INSTITUTIONS OF SECONDARY EDUCATION ON PSYCHOEMOTIONAL STATE AND HEALTH OF PRIMARY SCHOOL AGE PUPILS
Pavlenko N.P., Makhniuk V.M., Voloshchuk O.V.

ВПЛИВ ПРЯМИХ ТА ОПОСЕРЕДКОВАНИХ ІНДИКАТОРНИХ ПОКАЗНИКІВ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ НА ПСИХОЕМОЦІЙНИЙ СТАН ТА ЗДОРОВ'Я УЧНІВ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ

3

**ПАВЛЕНКО Н.П.,
МАХНЮК В.М.,
ВОЛОЩУК О.В.**

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

а сучасним містобудівним законодавством, заклади загальної середньої освіти (ЗЗСО) є об'єктами громадського обслуговування населення сельбищної території, за санітарним – об'єктами з високим ризиком санітарно-епідеміологічного неблагополуччя та об'єктами підвищеного епідемічного ризику [1-3].

Період життя, протягом якого учень перебуває у приміщенні школи, є важливим етапом біологічного та психофізіологічного розвитку дитячого організму. Ранній початок систематичного навчання, нові навчальні програми, педагогічні технології без гігієнічного супроводу за відсутності медичного забезпечення є випробовуванням для дитячого організму, його фізичної та соціальної зрілості, особливо для дітей молодшого шкіль-

ВПЛИВ ПРЯМИХ ТА ОПОСЕРЕДКОВАНИХ ІНДИКАТОРНИХ ПОКАЗНИКІВ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ НА ПСИХОЕМОЦІЙНИЙ СТАН ТА ЗДОРОВ'Я УЧНІВ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ

Павленко Н.П., Махнюк В.М., Волощук О.В.

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

Мета роботи. Удосконалення гігієнічних критеріїв забезпечення оптимальних умов перебування, навчання та збереження здоров'я школярів молодших класів, які є спільними для оцінки архітектурно-планувальних рішень міських та сільських ЗЗСО відповідно до сучасного містобудівного та санітарного законодавства.

Матеріали та методи. Бібліосемантичний, аналітичний, санітарно-епідеміологічної експертизи проектів будівництва, соціологічний, інструментальний та медико-статистичний з використанням пакетів прикладних програм StatSoft STATISTICA (v.5.5), Excel.

Результати. Перевищення в 1,8-2,3 рази кількості фактичних досліджень, що не відповідають нормативам щодо природного

© Павленко Н.П., Махнюк В.М., Волощук О.В. СТАТТЯ, 2020.

