

*significant radiation risk factors. During may – september, 2013 we carried out comparative integrated assessment covered subjective perception of their health status among citizens of Zhovti Vody and Vilnogrisk. Analysis of special literature has been shown absence of common scale for radiational assessing.*

*Purpose of research. Recommend the rating scale for radiational assessing in order to carry out radiation risks perception on the town – dwellers, as well as an applicable radiation hazard.*

*Material and methods. In our study, carried out in december, 2014 were participated Kirovograd city employed residents, which should be taken in a random sample. Totally 181 respondents, i.e. men – 104 (57.5%), women – 77 (42.5%) were covered with sociological survey. Average age of respondents ( $M \pm m$ ) –  $39.5 \pm 0.9$  years.*

*In our study we used methodology, applied by Ch. Spilberger on the modification of Yu. Hanin. Rating scale was based on the questionnaire, recommended by "Institute of hygiene and medical ecology, named after A.N. Marzeev NAMS of Ukraine", which supplemented with an original questionnaire. Sociological poll should reveal the respondent's relation to a specific problem, in a case of mining or processing uranium influence to the local population, living closer to a nuclear power plant.*

*Results of research and discussion. Radiational assessing majority of respondents (114 persons, i.e. 63.0%) corresponds to an average level. There for, people concerned about radiation contamination of the territory, population, food, water, air, soil couldn't see a power plant operations harm and should support their construction. High level of radiational assessing, which is characterized not only by irradiation of the persons, food products, but also confidence dangers of nuclear power plants, according to results of our survey, as well as considered every four respondents – 43 (23.8%).*

*In addition, degree of radiational assessing severity was higher in women than in men –  $24,31 \pm 0,48$  against  $23,02 \pm 0,42$  points ( $p < 0.05$ ) and shouldn't depend on the respondents' age.*

*Finally, you shouldn't neglect the radiational assessing problem, because this issue ought to be acute problem as considered 86.8% of participants in the survey, which indicates about a high radiological suspicion of the population. Recommendations focused on the radiational assessing prevention measures among city – dwellers of Kirovograd and Zhovti Vody were carried out.*

УДК: 614.7:543.2:549.8

## РОЗПОДІЛ РАДІОВУГЛЕЦЮ В ТРАВІ ПОБЛИЗУ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ

*Бужинний М.Г., Гуленко С.В., Романченко М.О., Чирков В.С., Михайлова Л.Л., Сахно В.І.  
ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ*

**Актуальність.** Традиційний метод досліджень  $^{14}\text{C}$ , що широко використовується для хронологічних досліджень в археології та геології, можна застосований з успіхом і для проведення екологічних досліджень. Природний баланс  $^{14}\text{C}$  останнім часом суттєво змінювався за рахунок антропогенного впливу:

1. «Зюсс-ефект». Спалювання великої кількості викопного палива, яке не містить  $^{14}\text{C}$ , збільшилося з початком промислової революції у 18 ст., що призвело до зниження середньої концентрації атмосферного  $^{14}\text{C}$

майже на 17,3 ‰ за період з 1850 по 1950 рр. [1,2,3,4].

2. Випробування ядерних пристроїв за період 1945-63 рр. збільшили вміст радіовуглецю в повітрі Північної півкулі майже вдвічі. Обіг вуглецю призвів до його перерозподілу в усіх глобальних резервуарах. З моменту обмеження випробувань ядерної зброї питома активність атмосферного  $^{14}\text{C}$  поступово знижується [5].

3. Викиди об'єктів атомної енергетики призводять до локального підвищення кон-

центрації  $^{14}\text{C}$  в атмосфері і, як наслідок, в оточуючих елементах біосфери [6,7,8,9].

Ці три основні фактори дали значущий внесок у зміни рівня  $^{14}\text{C}$  в атмосфері і хоча з 1968 року його концентрація поступово скорочується, на сьогодні концентрація атмосферного  $^{14}\text{C}$  досі перевищує природний фон на декілька відсотків.

Підвищення вмісту  $^{14}\text{C}$  може становити певну небезпеку для здоров'я населення за рахунок включення  $^{14}\text{C}$  в метаболічні процеси через харчові ланцюжки, що в кінцевому результаті здатне призвести до появи генетичних дефектів та пухлинних захворювань, тобто підвищення рівня онкологічних захворювань в цілому. Не дивлячись на те, що епідеміологічних досліджень з цього приводу в світі майже не проводилося, відкидати цей факт не можна, насамперед, завдяки особливостям метаболізму  $^{14}\text{C}$ . Отже, будь-яке підвищення  $^{14}\text{C}$  у повітрі складає певний ризик для здоров'я [10].

Спалювання викопного палива є найпотужнішим антропогенним джерелом вуглекислого газу [11,12]. Використання викопного вугілля, газу та нафти у промислових або високоурбанізованих регіонах призводить до підвищення рівня  $\text{CO}_2$  в атмосфері. Приріст викопного вуглецю призводить до змін у складі ізотопів вуглецю, зокрема, зниження концентрації  $^{14}\text{C}$  в атмосферному повітрі та інших глобальних резервуарах (океан і біосфера). Факти виявлення спаду концентрації атмосферного  $^{14}\text{C}$  не варто залишати поза увагою, оскільки їх можна з успіхом використовувати при вивченні змін радіовуглецю, які мають інше походження. У таких випадках радіовуглець стає маркером змін, які відбуваються.

У процесі фотосинтезу рослини засвоюють вуглець з повітря, надовго залишаючи сліди змін  $^{14}\text{C}$ . Рослинний матеріал (кілля дерев) відображає річні зміни концентрації  $^{14}\text{C}$  в атмосфері. Однорічні рослини відображають інтегральну величину  $^{14}\text{C}$  атмосферного повітря протягом вегетаційного періоду і дозволяють оцінювати загальну емісію викопного вуглецю як  $\text{CO}_2$  у промислових або урбанізованих районах. Концентрацію  $\text{CO}_2$ , пов'язану з його викидами в атмосферу за рахунок спалювання викопного палива, можна розрахувати шляхом обчис-

лення різниці між концентраціями  $^{14}\text{C}$  в чистих та навантажених районах.

**Метою** даного дослідження було виявлення особливостей просторового розподілу  $\text{CO}_2$  викопного палива, зумовленого викидами автотранспорту, в однорічній рослинності поблизу великих транспортних магістралей м. Києва, в залежності від рельєфу місцевості та аналіз можливості використання  $^{14}\text{C}$  як маркера для оцінки стану забруднення навколишнього природного середовища.

**Матеріали і методи.** У травні-червні 2014 року були відібрані зразки однорічних рослини (трави), характерні для географічного поясу, у Печерському та Дніпровському районах м. Києва поблизу автомобільних шляхів з пропускну здатністю 10-15 тисяч автомобілів за годину з різним рельєфом (поблизу бульвару Дружби Народів та Броварського проспекту). При цьому враховували віддаленість від проїжджої частини, висоту над дорожнім покриттям та наявність застійних зон, що сприяють тривалому впливу надлишкового  $\text{CO}_2$ , спричиненого викидами. За попередніми даними, повітря в цих місцях завжди відрізняється перевищенням допустимого вмісту  $\text{CO}$  та  $\text{CO}_2$ . Також в якості контрольних зразків було відібрано проби трави в умовно чистих, віддалених від автомагістралей районах м. Києва (Голосіївський район) та за межами міста (с. Глеваха Київської області). Вид рослин не враховувався, оскільки основним завданням було вивчення особливостей накопичення викопного вуглецю, проте набір трав у відібраних зразках був приблизно однаковим. Кожну пробу відбирали на певній відстані від автомагістралі і в маркуванні вказували особливості рельєфу в місці відбору.

З метою запобігання впливу зовнішнього забруднення зразків проводили їх попередню підготовку – промивання гарячою водою. Трав'янисту масу ретельно подрібнювали, висушували при кімнатній температурі ( $20^\circ\text{C}$ ), а після цього остаточно висушували в сушильній шафі при температурі  $150^\circ\text{C}$ . Наступна підготовка проб до вимірювань включала ланцюжок перетворень (вуглець-карбід-ацетилен-бензол) для отримання бензолу.

Висока зольність трави визначала те, що для підготовки карбиду літію використовували метод вакуумного піролізу [13]. Питому активність  $^{14}\text{C}$  визначали методом рідинно-сцинтиляційного лічення на спектрометрі Quantulus 1220<sup>TM</sup>. Стандартизацію спектрів виконували за нещодавно розробленим методом [14]. Вміст  $^{14}\text{C}$  розраховували за ал-

горитмом, що є загальноприйнятим [15]. Оцінку локального зниження концентрації  $^{14}\text{C}$  внаслідок викидів  $\text{CO}_2$  викопного палива проводили, враховуючи співвідношення між ізотопами вуглецю. Значення  $\Delta^{14}\text{C}$ , що відповідає частині викопного палива, розраховували за формулою:

$$\Delta^{14}\text{C} = \frac{A_s - A_{bg}}{A_{bg}} \cdot 1000\text{‰}$$

де,  $\Delta^{14}\text{C}$  – зміна концентрації радіовуглецю в повітрі;  $A_s$  – концентрація радіовуглецю в досліджуваній пробі;  $A_{bg}$  – концентрація радіовуглецю в фоновій пробі.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Вміст  $^{14}\text{C}$  в досліджуваних пробах трави приведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати досліджень вмісту  $^{14}\text{C}$  зразків однорічної рослинності, відібраних у забруднених та умовно чистих районах м. Києва.

№ пп	Місце відбору	Відстань, м	Вміст $^{14}\text{C}$ , (%) рМС	$\delta^{14}\text{C}$ , ‰
1	Бульвар Дружби Народів,	3	93,24	-106,6
2	профіль 1	5	97,45	-64,5
3	---//---	10	98,41	-54,9
4	---//---	15	99,29	-46,1
5	---//---	30	99,51	-43,9
6	---//---	50	103,50	-4,0
7	Бульвар Дружби Народів,	5	97,15	-67,5
8	профіль 1 (повтор)	15	98,91	-49,9
9	---//---	30	99,75	-41,5
10	Бульвар Дружби Народів,	5	96,1	-78,0
11	профіль 2	17	101,3	-26,4
12	---//---	35	101,9	-20,2
13	Броварський проспект	1	103,0	-9,0
14	(перетин вул. Попудренка	20	103,6	-6,3
15	та вул. Магнітогорської)	50	103,9	0,0
16	м. Лівобережна трикутник (I)	2	99,7	-42,0
17	м. Лівобережна, ярк (II)	4-5	97,0	-69,0
18	м. Лівобережна, ярк 2 (III)	4-5	98,9	-50,0
19	ВДНХ озеро		103,5	-4,0
20	с. Глеваха, Києво-	поле	103,9	0,0
21	Святошинський р-н	ліс	103,4	5,0

Аналіз даних показує (проби 1-6) наявність виражених змін вмісту  $^{14}\text{C}$  вздовж досліджуваного профілю з відстанню від дороги (рисунок 1). Для підтвердження результатів проведено повторний відбір проб для то-

го ж профілю через місяць, а також, одночасно, для іншого профілю поблизу – на відстані 25-30 метрів, там, де схил узбіччя мав іншу форму, без вираженої горизонтальної ділянки. Результати досліджень проб повто-

рного відбору для першого профілю добре узгодилися з попередніми, а для другого профілю показали, що горизонтальне плато

на схилі призводить до формування складного розподілу  $^{14}\text{C}$ .

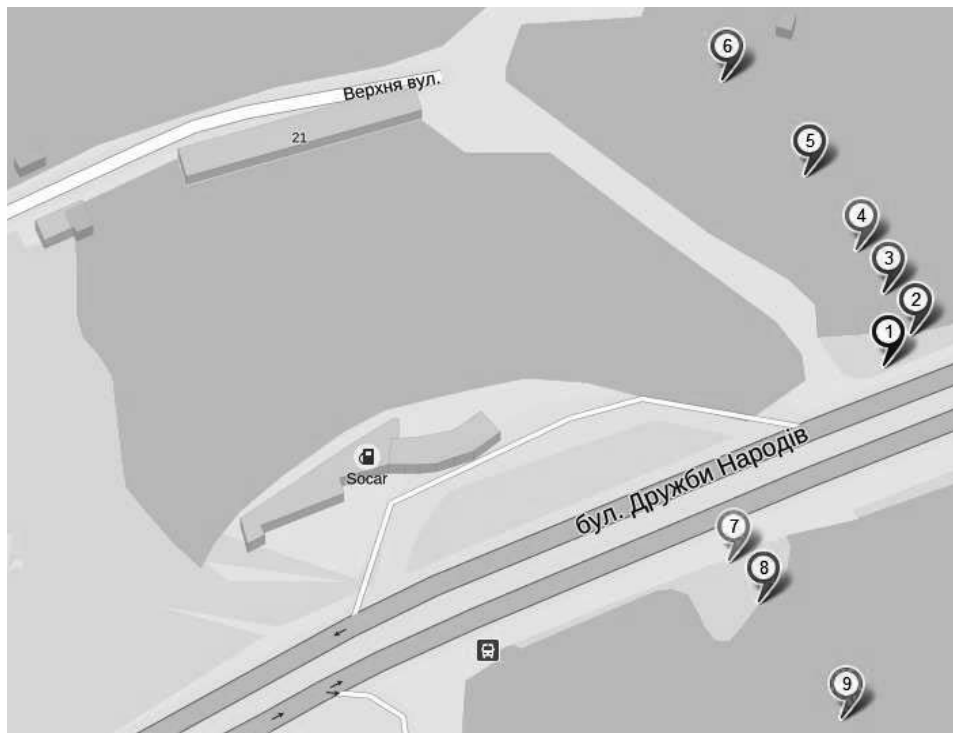


Рисунок 1. Схема відбору зразків трави по бульвару Дружби Народів.

Отримані результати щодо просторового розподілу  $^{14}\text{C}$  в траві поблизу бульвару Дружби Народів представлені на рисунках 2 та 3, із яких видно, що придорожня однорічна рослинність містить відчутно меншу кіль-

кість  $^{14}\text{C}$ : відповідно від 93,24 до 103,5 рМС. Дефіцит  $^{14}\text{C}$  в однорічних травах, що ростуть поблизу автошляхів, пояснюється засвоєнням  $\text{CO}_2$  вичерпаного палива в процесі фотосинтезу.

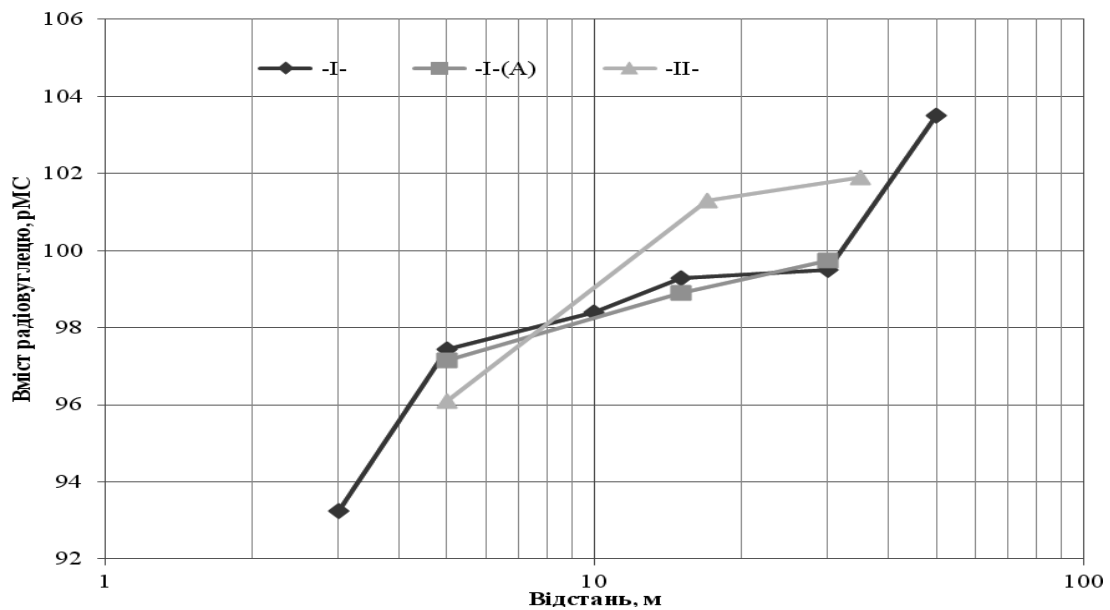


Рисунок 2. Вміст  $^{14}\text{C}$  у зразках трав (% рМС), відібраних у Печерському районі м. Києва (бульв. Дружби Народів, профіль I з повтором та профіль II).

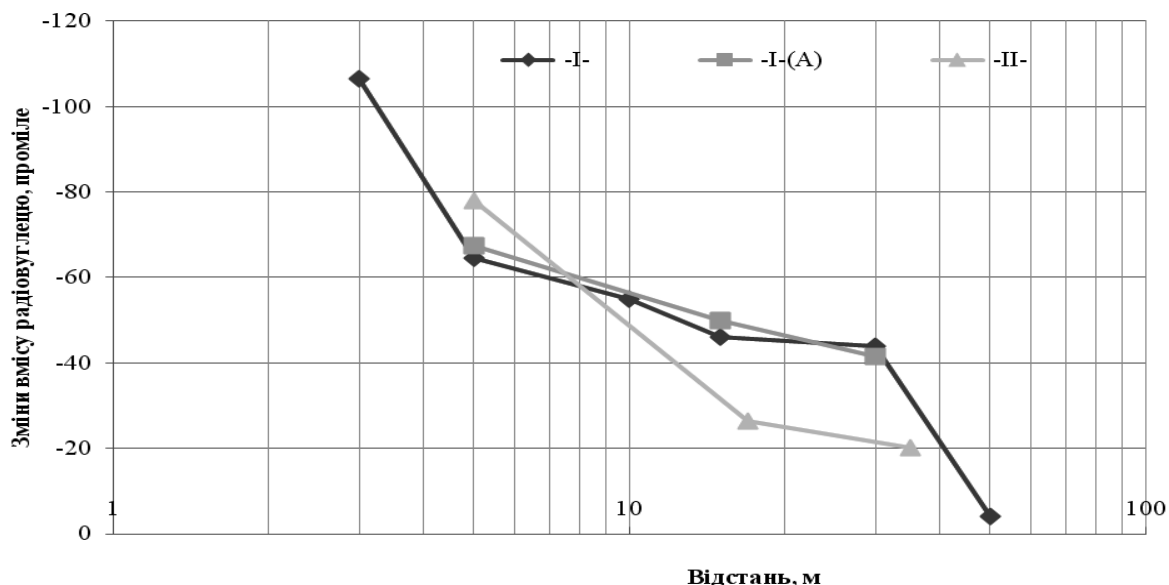


Рисунок 3. Зміни вмісту радіовуглецю у зразках трав ( $\Delta^{14}\text{C}$ , ‰) при віддаленні від автотраси (Бульвар Дружби Народів, профіль I з повтором та профіль II).

Аналіз результатів дослідження вмісту  $^{14}\text{C}$  в придорожній рослинності поблизу автомагістралі з інтенсивним рухом (проби 1-12, просп. Дружби Народів) показав, що рельєф має значний вплив на накопичення  $\text{CO}_2$  однорічними травами (рисунки 2 та 3).

Закономірність просторового розподілу  $^{14}\text{C}$  полягає в тому, що зі збільшенням відстані від автошляху та висоти над дорожнім полотном вміст  $^{14}\text{C}$  у досліджуваній біомасі є більшим (наближеним до фонових значень). Однак наявність так званих «застійних» зон (рельєф у вигляді сходиночок або ярків), що не продуваються вітрами, створюють в такій місцині ефект утримання  $\text{CO}_2$

викидів автомобілів (викопного вуглецю) та його засвоєння рослинами. Навпаки, зразки, відібрані поблизу магістралі на горизонтально рівній поверхні (проби 13-15, Броварський пр-т, м. Лісова) показали майже однакові результати, тобто слабку залежність з відстанню від автодороги.

Вміст  $^{14}\text{C}$  у зразках однорічних трав, відібраних поблизу магістралей в місцях, які мають складну форму ландшафту (проби 16-18, Броварський проспект, м. Лівобережна, рисунок 4) показали порівняно меншу концентрацію  $^{14}\text{C}$ , при цьому інтервал збилення  $\Delta^{14}\text{C}$  перебуває у діапазоні від 42 до 69‰.



Рисунок 4. Схема відбору проб трави в околицях станції метро «Лівобережна» (м. Київ).

Така висока частка викопного вуглецю зумовлена тим, що джерела його викиду оточують досліджувані рослини і знаходяться навколо них з усіх сторін та/або тим, що проби відбирали на схилі чи у ярку, де накопичується CO<sub>2</sub>. Слід зауважити, що картина розподілу у цьому випадку могла бути і більш контрастною, проте вона згладжена умовами обміну повітря дворівневої шляхової розв'язки, де під мостом більш інтенсивні повітряні потоки і вони видувають накопичений CO<sub>2</sub>.

Отримані результати показали, що зміни концентрації <sup>14</sup>C в атмосфері можуть носити виражений локальний характер поблизу джерела викиду відпрацьованого викопного палива і залежать від природних факторів, які його зумовлюють. Тому при плануванні подібних досліджень з вивчення викидів викопного CO<sub>2</sub> у повітря за вмістом <sup>14</sup>C

слід враховувати різноманітні чинники, що впливають на механізми розподілу та переміщення повітряних мас у досліджуваних районах.

Результати проведеного дослідження свідчать про перспективність використання однорічних рослин (трави) як маркера для вивчення накопичення та розподілу <sup>14</sup>C рослинами поблизу джерел викидів CO<sub>2</sub> викопного палива, зокрема, від автомобільного транспорту. Для кращого розуміння ефектів, що при цьому відбуваються, необхідно продовжувати вивчати локальні процеси на прикладі однорічних та багаторічних рослин, створюючи для їх опису моделі локального вуглецевого циклу на основі постійного моніторингу для певних територій та поблизу об'єктів, що є джерелами викидів викопного вуглецю.

### Висновки

1. Концентрація радіовуглецю у зразках однорічної рослинності поблизу автошляхів з інтенсивним рухом транспорту помітно нижча від такої у травах, зібраних в умовно чистих районах, що пов'язано з емісією CO<sub>2</sub> викопного палива, пов'язаною з автомобільними викидами.

2. Зниження вмісту <sup>14</sup>C залежить від величини викидів CO<sub>2</sub> при використанні викопного палива, збільшення відстані та висоти над дорогою, рози вітрів і рельєфу місцевості.

3. Результати вимірювання концентрації <sup>14</sup>C в пробах трави можна використати для розрахунку компонентного складу викопного палива.

4. Вивчення накопичення <sup>14</sup>C однорічною рослинністю є перспективним напрямком для оцінки забруднення атмосферного повітря викидами CO<sub>2</sub> від об'єктів, що працюють на викопних видах палива, у великих містах, промислових центрах, поблизу автомобільних шляхів та інших урбанізованих територіях.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Suess H.E. Radiocarbon concentration in modern wood. / Suess H.E. // Science 122: 1955. – P. 415-417, DOI 10.1126/science.122.3166.415-a.
2. Levin, I. The effect of anthropogenic CO<sub>2</sub> and <sup>14</sup>C sources on the distribution of <sup>14</sup>C in the atmosphere. / I. Levin, K. Munnich, W. Weiss, M. Stuiver // Kra R.S. eds., Proceedings of the 10th International 14C Conference. Radiocarbon. – #22(2). 1980. – P. 379-391.
3. Levin, I. The continental European Suess effect. / I. Levin, J. Schuchard, B. Kromer, K.O. Munnich, In Long, A. // Kra R.S. and Srdoč, D. eds., Proceedings of the 13th International 14C Conference. Radiocarbon. – #31 (3). 1989. – P. 431-440.
4. Stuiver M. "Atmospheric C-14 changes resulting from fossil-fuel CO<sub>2</sub> release and cosmic-ray flux variability." / M. Stuiver, P.D. Quay // Earth and Planetary Science Letters. – #53(3). 1981. – P. 349-362.
5. Nydal, R. A survey of radiocarbon variation in nature since the Test Ban Treaty. In Berger, R. and Suess, H., eds., / R. Nydal, K. Lovseth, S. Gulliksen // Radiocarbon Dating. Proceedings of

- the 9<sup>th</sup> International Conference. Berkeley / – Los Angeles, University of California Press. 1979. – P. 313-323.
6. Povinec P. Forty years of atmospheric radiocarbon monitoring around Bohunice nuclear plant, Slovakia. J. Environ. / P. Povinec, M. Chudý, A. Sivo et al. Radioact. 2009. – Vol.100 (2). – P. 125-130.
  7. Loosli, H.H. <sup>14</sup>C in the environment of Swiss nuclear installations. In Long, A., Kra, R.S. and Srdoc, D. eds., Proceedings of the 13<sup>th</sup> International <sup>14</sup>C Conference. / H.H. Loosli, H. Oeschger, Radiocarbon. 1989. – #31 (3). – P. 747-753.
  8. Mc.Cartney M. Global and local effects of <sup>14</sup>C discharges from the nuclear fuel cycle. In Stuiver M. and Kra R.S., eds., Proceedings of the 12<sup>th</sup> International <sup>14</sup>C Conference. / M. Mc.Cartney, M.S. Baxter, K. McKay, E.M. Scott Radiocarbon. 1986. – #28 (2A). – P. 634-643.
  9. Buzinny M., Kovalyukh N. et al. Ecological chronology of nuclear fuel cycle sites. Proceedings of the 15<sup>th</sup> International <sup>14</sup>C Conference, edited by G.T. Cook, D.D. Harkness, B.F. Miller and E.M. Scott. Radiocarbon, 1995, – Vol.37, – No.2, – P. 469-473.
  10. Stenhouse M.J. The uptake of bomb <sup>14</sup>C in humans. In: Berger R, Suess HE, editors. / M.J. Stenhouse, M.S. Baxter. Radiocarbon dating. Berkeley: University of California Press. 1979. – P. 324-341.
  11. Rakowski A.Z. Radiocarbon concentration in urban area. / A.Z. Rakowski, T. Kuc, T. Nakamura, A. Pazdur. Geochronometria. 2005. – #24. – P. 63-68.
  12. Andrzej Z. Rakowski. Radiocarbon method in monitoring of fossil fuel emission. Geochronometria. 2011. – #38 (4). – P. 314-324.
  13. Vadim V Skripkin, Nikolai N Kovaliukh. Recent developments in the procedures used at the SSCER Laboratory for the routine preparation of lithium carbide. / Vadim V Skripkin, Nikolai N Kovaliukh. Radiocarbon. 1998. – Vol.40, – No1.
  14. Minze Stuiver and Henry A. Polach. Discussion: Reporting of <sup>14</sup>C Data. Radiocarbon. 1977, – #19(3), – P. 355-363.
  15. Бузинний М.Г. Аналіз бета-спектрів рідинно-сцинтиляційного спектрометра шляхом їх стандартизації на основі зміщення і обчислення у багатьох вікнах. Гігієна населених місць: зб. наук. праць. – К., 2014. – Вип.64. – С. 222-226.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОУГЛЕРОДА В ТРАВЕ ВБЛИЗИ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ**  
 Бузинний М.Г., Симович С.В., Романченко М.О., Чирков В.С., Михайлова Л.Л., Сахно В.И.

*Цель исследования – обнаружение особенностей пространственного распределения CO<sub>2</sub> ископаемого топлива, обусловленного выбросами автотранспорта, в однолетней растительности вблизи крупных транспортных магистралей г. Киева, в зависимости от рельефа местности и анализ возможности использования <sup>14</sup>C в качестве маркера для оценки состояния загрязнения окружающей природной среды.*

*В работе показано, что исследование накопления <sup>14</sup>C однолетней растительностью является перспективным направлением с точки зрения оценки выбросов CO<sub>2</sub> от объектов, работающих на ископаемых видах топлива, в крупных городах, промышленных центрах, других урбанизированных территориях.*

**DISTRIBUTION OF RADIOCARBON IN THE GRASS NEAR HIGHWAYS**  
 M. Buzinny, S. Symovich, M. Romanchenko, V. Chyrkov, L. Mikhailova, V. Sakhno

*The purpose of research – detection features of the spatial distribution of the CO<sub>2</sub> fossil fuel emissions caused by motor vehicles in the annual vegetation near major highways in Kiev, according to the terrain and to analyze the possibility of using <sup>14</sup>C as a marker for the assessment of environmental pollution.*

*It is shown that the study of the accumulation of  $^{14}\text{C}$  annual vegetation is promising from the point of view of the  $\text{CO}_2$  emissions from facilities using fossil fuels in large cities, industrial centers and other urban areas.*

Куратор розділу – д. біол. наук, проф. Лось І.П.