

taty LVL-monitorynhu v nase-
lenykh punktakh Ukrainy, yaki
zaznaly radioaktyvnoho
zabrudnennia pislia
Chornobylskoi katastrofy.
Dani za 2011 rik. 14-y zbirnyk
danykh [General dozimetric
certification and results of
LVL-monitoring in settle-
ments of Ukraine that were
exposed to radioactive
contamination after the
Chornobyl disaster.
2011 year data. 14-h
collection data]. Ministry
of Emergencies of Ukraine,
State Agency of Ukraine
on Exclusion Zone
Management, National Re-
search Center for Radiation
Medicine of NAMS of
Ukraine, Research Institute
of Radiation Protection of
Ukraine. Kyiv; 2012. 99 p.
Ukrainian.

5. Bandazhevskiy YI,
Dubova NF. Forest fires in the
Chernobyl exclusion zone
and children's health.
Ivankiv: PI Coordination and
Analytical Center «Ecology
and Health»; Kyiv: Aliant LLC;
2021. 44 p.

6. Bandazhevskiy YI,
Dubova NF. Participation of
homocysteine in the regula-
tion of thyroid hormone me-
tabolism in children living
near the Chornobyl nuclear
power plant. *Dovkillia ta
zdorovia [Environment and
Health]*. 2024;113(4):31-37.
<https://doi.org/10.32402/dovkil2024.04.031>.

7. Bandazhevskiy YI,
Dubova NF. Regulatory con-
nections of the folate cycle
and pituitary-thyroid hor-
mones in children from areas
affected by the accident at
the Chornobyl nuclear power
plant. *Dovkillia ta zdorovia
[Environment and Health]*.
2024;110(1):39-43.
<https://doi.org/10.32402/dovkil2024.01.039>.

8. Bandazhevskiy YI,
Dubova NF. Hyperhomocys-
teinemia and folic acid me-
tabolism in children living
near the Chornobyl exclusion
zone. In: *Modern Medical
Science and Education in*

*Ukraine and EU Countries:
Imperatives, Transformation,
Development Vectors*. Riga
(Latvia): Baltija Publishing;
2022 : 1-14.

<https://doi.org/10.30525/978-9934-26-240-1-1>.

9. Tripathi P, Saxena N,
Verma MK, Singh AN. Asso-
ciation of Vitamin B12, Folate
and Ferritin with Thyroid Hor-
mones in Hypothyroidism.
*Annals of International
Medical and Dental
Research*. 2019
Jan;5(1):1-6.

10. Bamashmoos SA, Al-
Nuzaily MA, Al-Meer AM, Ali
FH. Relationship between
total homocysteine, total
cholesterol and creatinine
levels in overt hypothyroid
patients. *SpringerPlus*. 2013
Aug 30;2:423.
<https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-423>.

11. Demirbas B, Ozkaya M,
Cakal E, Culha C, Gulcelik N,
Koc G, Serter R, Aral Y.
Plasma homocysteine levels
in hyperthyroid patients.
Endocrine Journal. 2004
Feb;51(1):121-5.
<https://doi.org/10.1507/endocrj.51.121>.

12. Bandazhevskiy YI.
Chronic Cs-137 incorpora-
tion in children's organs.
Swiss Medical Weekly.
2003;133:488-490.
<https://doi.org/10.4414/sm-w.2003.10226>.

Contributions of authors:

Bandazhevskiy Yu.I. – con-
ceptualization, data curation,
analysis, research, method-
ology, visualization, writing –
original project;

Dubova N.F. – data cura-
tion, analysis, research,
methodology, software, visu-
alization, writing – original
project.

Financing. The research
has no external sources of
funding.

Conflict of interest. The
authors declare no conflict of
interest.

Надійшла до редакції
28.02.2025.

УДК 613.84-
026.63:546.249]:614.876

SMOKING AND RADIATION

Kostenetsky M.,
Nurieva O.F.,
Volschukova K.V.,
Kutsak A.V.,
Fedorchenko R.A.

КУРІННЯ І РАДІАЦІЯ

¹КОСТЕНЕЦЬКИЙ М.І.,
¹НУРІЄВА О.Ф.,
¹ВОЛЩУКОВА К.В.,
²КУЦАК А.В.,
²ФЕДОРЧЕНКО Р.А.

¹ДУ «Запорізький
обласний центр контролю
та профілактики хвороб
МОЗ України», Запоріжжя,
Україна
²Запорізький державний
медико-фармацевтичний
університет,
Запоріжжя, Україна,
alla758@ukr.net

УДК 613.84-
026.63:546.249]:614.876

КУРІННЯ І РАДІАЦІЯ

¹Костенецький М.І.,
¹Нурієва О.Ф.,
¹Волщуківа К.В.,
¹Куцак А.В.,
²Федорченко Р.А.

¹ДУ «Запорізький
обласний центр контролю
та профілактики хвороб
МОЗ України»,
Запоріжжя, Україна
²Запорізький державний
медико-фармацевтичний
університет,
Запоріжжя, Україна

Мета. Визначення вмісту
полонію-210 у тютюні ци-
гарок, які присутні на віт-
чизняному ринку, і
розрахунок дози опромі-
нення курців від паління
протягом одного року.
Матеріали та методи.
Для дослідження були ви-
бірково відібрані по 20

Роботу проведено з метою визначення вмісту полонію-210 у тютюні цигарок, які присутні на вітчизняному ринку, і розрахунку дози опромінення курців від паління протягом одного року. У результаті досліджень встановлено, що питома альфа-активність полонію-210 у тютюні цигарок становить $0,058 \text{ Бк} \cdot \text{г}^{-1}$, активність полонію-210 у тютюні однієї цигарки – $0,047 \text{ Бк}$, при цьому фільтр у цигарках у процесі паління затримує близько $0,01 \text{ Бк}$, тобто близько 20% активності.

Розрахована доза опромінення курців протягом одного року за умови паління однієї пачки цигарок на день становить $0,88 \text{ мЗв}$ на рік.

Про те, що куріння небезпечне та спричиняє онкологічні захворювання, а також підвищує ризик виникнення серцево-судинних захво-

рювань, захворювань дихальної системи та інших хвороб, знає практично кожна людина.

Але про те, що цигарки – джерело радіоактивного випромінювання, і разом з тютюновим димом до організму потрапляють радіонукліди, що створюють певні дози опромінення, багато курців навіть і не здогадуються.

У вітчизняному нормуванні [1] присутнє нормування радіоактивних речовин у тютюні, а саме: цезію-137 і стронцію-90.

Натомість найбільш вагомий радіонуклід, присутній у тютюні, є полоній-210 (^{210}Po). Полоній-210 є останнім елементом у ланцюжку розпаду урану-238 (^{238}U) що міститься в апатитах – корисних копалинах – сировині, з якої виготовляються фосфатні добрива для вирощування тютюну.

Полоній-210 є високотоксичним альфа-випромінювачем ($T_{1/2} = 138,4$ доби) і належить до групи А високої радіаційної небезпеки

згідно з ОСП РБУ [2]. До речі, вважається, що саме полонієм-210 було отруєно у Лондоні офіцера КДБ Росії О. Литвиненка агентами ФСБ 2006 року [3].

Вперше дослідження про радіаційну небезпеку паління цигарок здійснили американські науковці Редфорд Е. і Хант В. 1964 року [4]. Результати їхніх досліджень показали, що у цигарках міститься альфа-випромінювач полоній-210, вміст якого становить $3,9\text{--}4,8 \cdot 10^{-13} \text{ Кюри} \cdot \text{г}^{-1}$ ($0,014\text{--}0,017 \text{ Бк} \cdot \text{г}^{-1}$). Автори вважають, що альфа-частинки, що містяться у тютюні, з'єднуються зі смолою та разом з нею осідають у бронхах людини. Внутрішнє альфа-опромінення найбільш шкідливе саме по собі та у поєднанні з іншими канцерогенами і сприяє злякисному переродженню клітин.

Останніми роками інтерес до радіоактивності цигаркового тютюну відновився [5–7].

Нажаль, у вітчизняній літературі наукових статей,

цигарок семи найменувань. Наважка тютюну зважувалась на вагах Adventurer ARC-120 з точністю до $0,01 \text{ г}$. Зважені проби спалювали на електроплиті потім озолювали у муфельній печі за температури 350°C 3–4 години до «сірого попелу». Лічильний зразок зважували на аналітичних вагах ВЛР 200. Оскільки полоній-210 є єдиним альфа-випромінювачем у тютюні, вимірювання сумарної альфа-активності провадили на радіометрі для вимірювання малих активностей УМФ-2020. Мінімальна вимірювана активність в альфа-каналі у лічильному зразку за час вимірювання 3600 с (за радіаційного фону не більше $0,2 \text{ мкЗв/год}$) з $\delta=50\%$, $P=0,95$ становить не більше $0,02 \text{ Бк}$. Усе вимірювальне обладнання, використане у дослідженні, має калібрування та відповідає вимогам методики. Для кожного дослідження було розраховано розширену невизначеність вимірювання об'ємної активності.

Результати дослідження. У результаті досліджень встановлено, що питома альфа-активність тютюну визначається у

межах $0,029\text{--}0,099 \text{ Бк} \cdot \text{г}^{-1}$ (у середньому $0,058 \text{ Бк} \cdot \text{г}^{-1}$), альфа-активність тютюну однієї цигарки $0,023\text{--}0,081 \text{ Бк}$ (у середньому $0,045 \text{ Бк}$). Оскільки інших альфа-випромінювачів у тютюні немає, прийнято, що ця альфа-активність пояснюється наявністю полонію-210. Для визначення кількості полонію-210, що затримується фільтром у процесі паління, було досліджено альфа-активність 20 фільтрів після паління 20 цигарок. У результаті досліджень встановлено, що фільтр затримує близько $0,01 \text{ Бк}$ полонію-210, тобто близько 20% активності. Таким чином, якщо припустити, що курці випалюють по одній пачці цигарок на день, то за рік (365 днів) до легень надходить 292 Бк полонію-210. Доза опромінення, розрахунок якої здійснювався з урахуванням дозового коефіцієнта для $^{210}\text{Po} - 3 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/Бк}$, склала $0,88 \text{ мЗв}$ на рік.

Ключові слова: радіоактивність тютюну, полоній-210, доза опромінення.

присвячених цій проблемі, не виявлено.

Мета роботи: визначення вмісту полонію-210 у тютюні цигарок, які присутні на вітчизняному ринку, і розрахунок дози опромінення курців від паління протягом одного року.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження нами були вибірково відібрані по 20 цигарок семи найменувань. Наважка тютюну зважувалась на вагах Adventurer ARC-120 з точністю до 0,01 г. Зважені проби спалювали на електроплиті, потім озолювали у муфельній печі за температури 350°C 3-4 години до «сірого попелу». Лічильний зразок зважували на аналітичних вагах ВЛР 200.

Оскільки полоній-210 є єдиним альфа-випромінювачем у тютюні, провадили вимірювання альфа-активності на радіометрі для вимірювання малих активностей УМФ-2020. Мінімальна вимірювана активність в альфа-каналі у лічильному зразку за час вимірювання 3600 с (за радіаційного фону не більше 0,2 мкЗв/год.) з $\delta = 50\%$, $P = 0,95$ становить не більше 0,02 Бк. Все вимірювальне обладнання, використане у дослідженні, має калібрування та відповідає вимогам методики.

Для кожного дослідження було розраховано розширену невизначеність вимірювання об'ємної активності.

Результати дослідження. У результаті досліджень встановлено, що питома альфа-активність тютюну визначається у межах 0,029-0,099 Бк·г⁻¹ (усередньому 0,06 Бк·г⁻¹), альфа-активність тютюну однієї цигарки 0,023-0,081 Бк (у середньому 0,045 Бк). Оскільки інших альфа-випромінювачів у тютюні немає [8], прийнято, що ця альфа-активність пояснюється наявністю полонію-210. Результати розрахунків альфа-активності тютюну, наведено у таблиці.

Для визначення кількості полонію-210, що затримується фільтром у процесі паління, було досліджено альфа-активність 20 фільтрів після паління 20 цигарок. У результаті досліджень було встановлено, що фільтр затримує близько 0,01 Бк полонію-210, тобто близько 20% активності.

Таким чином, якщо припустити, що активність полонію-210 однієї цигарки, що потрапляє до організму з димом, становить 80% активності тютюну, і курці випалюють по одній пачці цигарок на день, то за рік (365 днів) до легень надходить: $0,4 \times 20 \times 365 = 292$ Бк полонію-210.

Річна доза опромінення, розрахована з урахуванням дозового коефіцієнта для ²¹⁰Po – 3×10^{-6} Зв/Бк [9], складала 0,88 мЗв на рік. Ця величина близька до ліміту річної дози опромінення населення від індустриальних джерел випромінювання згідно з Нормами радіаційної безпеки України [10], яка становить 1,0 мЗв.

Висновки

1. Питома альфа-активність ²¹⁰Po у тютюні цигарок, які присутні на вітчизняному ринку, становить у середньому 0,06 Бк·г⁻¹, активність полонію-210 у тютюні однієї цигарки – 0,05 Бк.

2. Фільтр у цигарках у процесі паління затримує близько 0,01 Бк, тобто 20% активності.

3. Доза опромінення курців у разі паління однієї пачки цигарок на день протягом одного року становить 0,88 мЗв на рік.

REFERENCES

1. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr u productach charchuvannja ta pitnij vodi. HN 6.6.1.-130-2006. Kyiv.2006.

2. Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennja radiatsiynoyi bezpeky Ukrainiy DSP 6.177-2005-09-02. Kyiv 2005, 74 s. Ukrainian.

3. Vlasov V.K., Petrova T.B., Afinogenov A.M. Kriminalno-radiologich-

Таблиця

Альфа-активність тютюну у вітчизняних цигарках

№ проби	Вага тютюну однієї цигарки, (м), г	Вага попелу однієї цигарки, (м), мг	Питома альфа-активність тютюну з невизначеністю ($A_m \pm U$) Бк·г ⁻¹	Альфа-активність тютюну однієї цигарки (A), Бк
1	0,79	0,16	0,057 ± 0,016	0,05
2	0,66	0,16	0,099 ± 0,085	0,08
3	0,74	0,12	0,029 ± 0,023	0,02
4	0,73	0,16	0,045 ± 0,016	0,03
5	0,72	0,13	0,055 ± 0,019	0,04
6	0,75	0,15	0,041 ± 0,027	0,03
7	0,63	0,11	0,038 ± 0,032	0,02
Середнє	0,71	0,14	0,058 ± 0,035	0,05

The aim: Determination of the content of polonium-210 in tobacco cigarettes, which are present on the domestic market, and calculation of the radiation dose of smokers from smoking during one year.

Materials and methods: 20 cigarettes of seven brands were randomly selected for the study. The weight of tobacco was weighed on an Adventurer APC-120 scale with an accuracy of 0.01 g. Weighed samples were burned on an electric stove, then ashed in a muffle furnace at a temperature of 350°C for 3-4 hours to «gray ash». The counting sample was weighed on the VLR 200 analytical balance. Since polonium-210 is the only alpha-emitter in tobacco, measurements of the total alpha activity were carried out on a radiometer for measuring small activities of UMF-2020. The minimum measured activity in the alpha channel in the counting sample during the measurement time of 3600 s

(with a radiation background of no more than 0.2 μSv/h) at δ=50%, P=0.95 is no more than 0.02 Bq. All measuring equipment that was used in the study has calibration and meets the requirements of the methodology.

For each study, the expanded uncertainty of the volumetric activity measurement was calculated.

Results: As a result of research, it was established that the alpha-activity of tobacco is in the range of 0.029-0.099 Bq·g⁻¹ (on average 0.06 Bq·g⁻¹), the alpha-activity of tobacco of one cigarette is 0.023-0.081 Bq (on average 0.045 Bq). Since there are no other alpha-emitters in tobacco, it is assumed that this alpha-activity is explained by the presence of polonium-210.

To determine the amount of polonium-210 retained by the filter during smoking, the alpha-activity of 20 filters after smoking 20 cigarettes was investigated. As a result of research, it was established that the filter retains about 0.01 Bq of polonium-210, that is, about 20% of the activity.

Thus, if we assume that smokers smoke one pack of cigarettes per day, then in a year (365 days) 292 Bq of polonium-210 enters the lungs.

The radiation dose, which was calculated taking into account the dose factor for ²¹⁰Po – 3·10⁻⁶ Sv/Bq, was 0.88 mSv per year.

Keywords: radioactivity of tobacco, polonium-210, radiation dose.

eskoye rassledovaniye
(intident s poloniyem 210)
ANRI. 2007, № 1(48).
48-54.

4. Radford E.Jr., Hunt V.R.
Polonium-210 : A volatile
radioelement in cigarette.
Science 1964, 143, 247-
249.

5. Kovacs T., Somlai J.,
Nagy K., Szeiler G. ²¹⁰Po
and ²¹⁰Pb Concentration of
Cigarettes Traded in
Hungary and their Estimated
Dose Contribution Due to
Smoking. *Radiat. Meas.*,
2007, 42, 1737-1741.

6. Godwin W.S.,
Subha V.R., Feroz K.M. ²¹⁰Po
Radiation Dose Due to
Cigarette Smoking. Current
science. 2010. Vol. 98.
№ 5, 10.

7. Determination of
Polonium-210 in Different
Types of Tobacco

Consumed in Sudan.
A Thesis Supervisor Dr.
Rifaat Kabashi Hassona
January. 2011.

8. Winters T.H., Franza J.R.
Radioactivity in cigarette
smoking. *New England
Journal of Medicine*. 1982.
306(6). 364-365.

9. Il'in L.A., Kirilov V.F., Ko-
renkov I.P. Radiatsionnaya
bezopasnost' i zashchita.
Spravochnik M.: Meditsina,
1996.

10. Normy Radiatsiynoyi
bezpeky Ukrayiny (NRBU-
97). DHN 6.6.1.-6.5.001-98.
Kyiv. 1998.

Внески авторів:

Костенецький М.І. – кон-
цепція та дизайн роботи,
збір та аналіз даних, відпо-
відальність за статистич-
ний аналіз, написання
статті;

Нурієва О.Ф. – концепція
та дизайн роботи, збір та
аналіз даних, написання
статті;

Волщуківа К.В. – кон-
цепція та дизайн роботи,
збір та аналіз даних, напи-
сання статті;

Куцак А.В. – концепція та
дизайн роботи, збір та
аналіз даних, написання
статті;

Федорченко Р.А. – кон-
цепція та дизайн роботи,
збір та аналіз даних, напи-
сання статті.

**Джерело фінансу-
вання:** за власний
рахунок.

Конфлікт інтересів.

Автори заявляють про
відсутність конфлікту
інтересів.

Надійшла до редакції
27.02.2025