

УДК 504.06+628.5(477.86)

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБРУДНЕННЯ РАДІОНУКЛІДАМИ
ТЕРИТОРІЙ НАВКОЛО БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС****В. А. Левченко, І. П. Вакалюк, М. М. Карабанович,
І. І. Свистун, А. І. Овчар, Є. Г. Хмурковський***Івано-Франківський національний медичний університет;
76018, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Галицька, 2;
e-mail: awgust@gazeta.pl*

Основним завданням проведеного дослідження була оцінка радіаційної ситуації природньо-техногенної зони навколо Буриштинської ТЕС. Вивчали потужність експозиційної дози, питому активність природних радіонуклідів у ґрунтах навколо ТЕС, золівдвалах і на умовно чистих територіях. У дослідженні використовували дозиметри "Прип'ять" – РКС-20.03, "Терра" – МКС-05 IP20, гамма-спектрометричний комплекс SBS-30. Встановлено, що потужність експозиційної дози в основній досліджуваній зоні у більшості випадків була в межах допустимої норми – $(0,16 \pm 0,01)$ мкЗв/год, хоча достовірно перевищувала результати, отримані на умовно чистій контрольній території – $(0,074 \pm 0,004)$ мкЗв/год. Однак потужність експозиційної дози на двох золівдвалах була значно вищою, відповідно, $(1,18 \pm 0,024)$ мкЗв/год і $(0,48 \pm 0,043)$ мкЗв/год. Поруч із цим у ґрунтах навколо теплоелектростанції відзначалось збільшення питомої активності радіонуклідів із сімейств ^{238}U , ^{232}Th та ^{40}K , особливо на територіях золівдвалів. На контрольній території питома активність була достовірно нижчою і була представлена ^{232}Th та ^{40}K . Тому оцінка рівня радіаційного фону, розподіл продуктів природних радіонуклідів у ґрунтах природно-техногенної зони навколо теплоелектростанцій представляє науково-практичний інтерес для відслідковування можливих ризиків формування різних патологічних станів серед місцевого населення.

Ключові слова: теплові електростанції, зола, радіаційний фон, радіонукліди.

На сучасному розвитку цивілізації проблема забруднення довкілля різноманітними екотоксикантами набуває глобального значення. Одним із потужних джерел забруднення оточуючого середовища є об'єкти вугільної енергетики. При спалюванні великих обсягів вугілля на ТЕС у продуктах згоряння містяться важкі метали, природні радіонуклідами (ПРН) й інші продукти неповного згоряння. У результаті створюється небезпека для нормального існування регіональних, а також глобальних екосистем [3, 6].

Проведеними в останні десятиліття дослідженнями встановлено, що на територіях навколо ТЕС, унаслідок тривалого накопичення шлаків і золи в довкіллі, зростає рівень хімічної агресії для регіональної екосистеми. Незадовільне очищення викидів в атмосферу продуктів згорання – вугілля, утворює багатокілометрові шлейфи забрудненої поверхні землі, через осідання золи-виносу, яка містить високі концентрації токсикантів, у тому числі й радіоактивних [2, 3]. Хмари аерозольних сполук, які містять ПРН, осідаючи на землю, воду, можуть сприяти додатковому опроміненню рослин, тварин і людей та порушенню їх адаптаційних механізмів, формуванню преморбідних станів, зросту рівня захворюваності серед місцевого населення [1, 7].

Встановлено, що під час спалювання вугілля в золі в 5–6 разів зростає концентрація ПРН, при цьому рівень ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{210}Pb і ^{210}Po у летючій золі в кілька разів вищий, ніж у шлаку. Ступінь забруднення золи природними радіоактивними елементами підвищується із збільшенням її дисперсності. З'ясовано, що саме високодисперсні частинки не затримуються очисними системами і викидаються в атмосферу [7]. Дослідженнями J.M. Ondov (2001) доведено, що найбільш небезпечні елементи, які включають важкі метали, радіонукліди, концентруються саме в тій фракції частинок золи, яка не вловлюється електрофільтрами [5, 8]. Так, за даними літератури, за останні 100 років на Землю випало більше 3 млрд тонн золи виносу, мільйони тонн екотоксичних сполук – у тому числі, радіонуклідів [2, 7]. При цьому, нелеткі компоненти радіо та торію залишаються переважно у відходах.

Також здатні створювати загрозу забруднення повітряного та водного басейнів і змін хіміко-мінерального складу ґрунту золівдвали, які є вогнищами накопичення важких металів і підвищеної радіоактивності, які негативно впливають на стан довкілля і здоров'я людей [1, 9]. Так сильні вітри можуть переміщувати значні маси золи в повітрі на значні відстані від золівдвалу [2]. Також небезпечним є проникнення стоків із золівдвалів у ґрунт, що призводить до забруднення підземних вод важкими металами, радіоактивними елементами, а далі – річок та водойм, і в кінцевому результаті, ураженню людей [2, 8].

Загальновідомо, що роль вугільної енергетики в створенні природного радіаційного фону не є значною, але працюючі ТЕС забруднюють оточуюче довкілля в 12 разів більше, ніж АЕС у безаварійному режимі [2]. За даними П. Рихванова (2009), одна ТЕС середньої потужності при сучасних засобах пілозатримання може викидати в атмосферу до 3-4 т урану щорічно [6]. До найбільш відомих екотоксикантів вугільної енергетики належать радіонукліди з сімейств ^{238}U , ^{232}Th та ^{40}K [3, 7].

Помилковими є твердження про безпечність малоінтенсивного опромінення довкілля об'єктами вугільної енергетики. У даний час відомо, що тривалий вплив малих доз може бути також небезпечним для оточуючих [1, 10]. Встановлено, що саме від подібного характеру опро-

мінення страждають процеси адаптації, репарації. Тривалий вплив радіонуклідів, які проникають в організм, сприяє змінам процесів метаболізму, стану клітинних мембран, депонуванню їх в органах-мішенях, формуванню патологічних змін, які “заявляють” про себе через десятки років. Постійне низькоінтенсивне опромінення підвищує чутливість організму до дії самих різних факторів, окрім радіації [1]. Так, встановлено, що саме на таких опромінених територіях більше не тільки лейкозів, але й інфарктів, інсультів тощо.

Увагу природоохоронних організацій, закладів охорони здоров'я повинні привертати об'єкти вугільної енергетики, які створюють техногенну загрозу для довкілля та населення регіону.

Бурштинська ТЕС (БуТЕС) є одним із потужних техногенних джерел забруднення довкілля Івано-Франківської області, Прикарпатського регіону [5]. Грунт є найбільш ємкою й інерційною ланкою в ланцюгу переносу радіонуклідів у біологічні об'єкти. Повинна приділятися велика увага контролюючих служб можливостям міграції ПРН у ґрунтах, у районах діяльності потужних техногенних об'єктів вугільної промисловості [1].

Метою дослідження є вивчення екологічних аспектів забруднення радіонуклідами територій навколо Бурштинської ТЕС.

Об'єкт і методи дослідження. Об'єктом дослідження стала радіаційна обстановка в природно-техногенній зоні рівнин на відстані від 1 до 10 км від БуТЕС з урахуванням показників “рози вітрів” (основна зона №1) і територій двох золовідвалів (основна зона №2). Потужність експозиційної дози (мкЗв/год) вимірювали дозиметрами “Прип'ять” – РКС-20.03, “Терра” – МКС-05 IP20 (Спаринг-Віст Центр, Львів), у кожній точці проводилось 3-5 вимірів на висоті 0,10 м від поверхні землі. Питому активність радіонуклідів (Бк/кг) ґрунтів вимірювали на одноплатному гамма-спектрометричному комплексі SBS-30 із сцинтиляційним детектором БДКГ-01Ф за стандартними методиками [4]. Калібровочними джерелами були – ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{40}K . Активність контрольних джерел складала для ^{137}Cs 500 кБк $\pm 20\%$, ^{60}Co кБк 37 $\pm 20\%$, ^{40}K 15,7 кБк $\pm 20\%$. Час калібровки – 30 хв, енергетичний діапазон роботи по γ -тракту – (0÷3645) кэВ. Для дослідження використовували 39 проб із ґрунту (дерново-підзолистий) основних дослідницьких площ №1, які знаходились від автотраси за 300-500 метрів і раніше не використовувались із сільськогосподарською метою та на золовідвалах: золовідвал-2 – 12 проб, золовідвал-3 – 15 проб. Проби відбиралися з верхнього ґрунтового горизонту глибиною 10-20 см, методом “конверта” з майданчика розміром 10×10 м – брали 5 проб: 4 по кутах і 1 у центрі, формуючи таким чином одну пробу масою 1 кг [4]. Тривалість визначення питомої ефективної активності однієї проби становила 30 хв. Отримані результати спектрометрії ґрунтів представлялися з відрахуванням фону кювету.

Аналогічні дослідження проводились і в умовно чистій зоні (контрольна зона) – на 13 дослідницьких площах, які за своїми ландшафтними та територіально-природними особливостями ґрунтів не відрізнялися від території Бурштинського регіону.

Для оцінки ступеня вірогідності результатів дослідження застосовували варіаційно-статистичний метод аналізу отриманих результатів із використанням пакету статистичних програм Statistica v. 6.1 (США).

Проведене дослідження є фрагментом наукової комплексної роботи “Клініко-епідеміологічне дослідження техногенного впливу Бурштинської ТЕС на рівень захворюваності населення та стан довкілля Галицького району Івано-Франківської області” (0115U001672).

Результати проведених досліджень. Радіометрична зйомка ґрунтів дослідницьких ділянок дала можливість визначити характер розподілу та акумуляції природних радіонуклідів у довкіллі навколо БуТЕС і на умовно чистих територіях. Проведеними дослідженнями було встановлено, що потужність експозиційної дози (ПЕД) на досліджуваних площах Бурштинського регіону (основна зона №1) в середньому становила $(0,16 \pm 0,01)$ мкЗв/год, у контрольній зоні – $(0,074 \pm 0,0042)$ мкЗв/год ($p < 0,05$). При цьому потужність експозиційної дози на досліджуваних площадках залежала від місця їх розташування. Так, на відстані 10 км від БуТЕС на північний захід, цей показник становив $(0,13 \pm 0,011)$ мкЗв/год, від 0,10 до 0,15 мкЗв/год; на відстані 5 км – $(0,16 \pm 0,01)$ мкЗв/год, від 0,14 до 0,17 мкЗв/год; на відстані 3 км на захід – $(0,14 \pm 0,011)$ мкЗв/год, від 0,12 до 0,16 мкЗв/год, а за 3 км на схід – $(0,38 \pm 0,04)$ мкЗв/год, від 0,22 до 0,54 мкЗв/год. ПЕД на відстані 2 км на південний схід становила $(0,14 \pm 0,021)$ мкЗв/год, від 0,11 до 0,16 мкЗв/год, а за 10 км – $(0,12 \pm 0,014)$ мкЗв/год, від 0,10 до 0,13 мкЗв/год.

Таким чином, потужність експозиційної дози в зоні №1 була в більшості випадків у межах допустимої норми, хоча достовірно перевищувала результати отримані в умовно чистій зоні і залежала від місця забору проби – напрямку рози вітрів, відстані від енергетичного об’єкту.

Проведеними дослідженнями встановлено, що потужність експозиційної дози на двох золівідвалах (основна зона №2) становила, відповідно, на другому – $(1,18 \pm 0,24)$ мкЗв/год (від 0,19 до 2,26 мкЗв/год), на третьому – $(0,48 \pm 0,043)$ мкЗв/год (від 0,26 до 0,64 мкЗв/год). Отримані результати достовірно переважали показники ПЕД оточуючої БуТЕС території – основної зони №1 та існуючі нормативи. Тому, території обох золівідвалів потребують особливого контролю і додаткового дослідження.

Таким чином, вивчення вмісту радіонуклідів у ґрунтах досліджуваних площадок навколо БуТЕС, із урахуванням потужності експозиційної дози, відстані від енергетичного об’єкту, є актуальним і представляє значний науково-практичний інтерес.

Нами було встановлено, що у гамма-спектрах досліджуваних проб ґрунту присутні лінії природних радіонуклідів: ^{214}Pb , ^{214}Bi (сімейство ^{238}U); ^{228}Ac , ^{208}Tl (сімейство ^{232}Th) і ^{40}K . При цьому, встановлено, що питома активність ^{214}Pb у ґрунтах двох золівдвалів, достовірно, переважала результати показників отриманих на основній території №1 досліджуваної природно-техногенної зони, відповідно, у 4, 14 і 1,66 рази ($p < 0,05$) (табл. 1). Питома активність іншого представника уранового сімейства Bi-214, на території 2-го і 3-го золівдвалів достовірно переважала, відповідно, у 4,05 і 2,02 рази, показники гама-спектру, отримані на території №1 ($p < 0,05$).

Дослідження ґрунтів обох основних територій виявили також радіонукліди торієвого ряду – ^{208}Tl , ^{228}Ac , ^{232}Th . При цьому їх рівень у пробах з обох золівдвалів у кілька разів достовірно перевищував показники, отримані на основній території №1 (табл. 1). Так, рівень ^{208}Tl у ґрунтах на другому і третьому золівдвалах у 2,96 і 1,72 рази, відповідно, перевищував показники, отримані з ділянок основної зони №1 ($p < 0,05$). Виявлено аналогічне підвищення і рівня ^{228}Ac , ^{232}Th у пробах з обох золівдвалів.

Таблиця 1. Результати показників спектрометрії ґрунтів природно-техногенної зони навколо Бурштинської ТЕС і на умовно чистій території (Бк/кг)

| Місце забору проб і число проб | Питома активність радіонуклідів | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Pb-214 | Tl-208 | Bi-214 | Ac-228 | K-40 | Th-232 |
| Золівдвал-2 (n=12) | 544,83± 26,7 | 103,67± 4,68 | 126,75± 3,60 | 41,25± 2,13 | 49,25± 1,86 | 34,33± 2,31 |
| Золівдвал-3 (n=15) | 218,33± 22,38 | 60,33± 5,20 | 63,40± 4,59 | 29,73± 1,95 | 33,60± 2,19 | 18,40± 1,71 |
| Основна територія №1 (n=39) | 131,69± 10,72 | 35,0± 2,18 | 31,31± 2,98 | 17,10± 1,44 | 21,31± 1,23 | 14,10± 1,17 |
| Контрольна зона (n=13) | Фон кювети | 21,92± 3,62 | Фон кювети | 12,92± 4,54 | 8,54± 1,40 | 10,38± 1,41 |

Крім того, на обох золівдвалах спостерігалось збільшення питомої активності ^{40}K . Її рівень на другому золівдвалі в 2, 3 рази перевищувала результати, отримані в ґрунтах із ділянок основної зони №1 ($p < 0,05$), а третього золівдвалу – в 1,6 рази ($p < 0,05$).

Дослідженнями, проведеними в контрольній зоні, не виявлено радіонуклідів сімейства ^{238}U . Однак, встановлено присутність у ґрунті радіонуклідів торієвого ряду і ^{40}K . При цьому їх питома активність була достовірно меншою від результатів отриманих в основній зоні.

Отже, проведеними дослідженнями встановлено, що в ґрунтах основних територій №1 і №2 величина потужності експозиційної дози обумовлена присутністю природних радіонуклідів із сімейств ^{238}U , ^{232}Th і ^{40}K . Найвищі показники питомої активності виявлених радіонуклідів спостерігалися на ділянках обох золівдвалів, особливо другому. Отримані результати корелювали ($r=0,48$) з вищою потужністю експозиційної дози.

Аналіз ґрунтових зразків контрольної зони показав, що основними фоноутворюючими радіоізотопами на цих територіях є радіонукліди із сімейств ^{232}Th (за даними ^{208}Tl , ^{228}Ac , ^{232}Th), а також ^{40}K . У даному випадку, ПЕД і питома активність радіонуклідів були достовірно нижчими від результатів, отриманих в основних зонах.

За висновками екологів, паливна енергетика на вугіллі відноситься до числа найбільших джерел забруднення довкілля радіонуклідами, проте серйозних кроків щодо обмеження викидів ПРН з продуктами спалювання вугілля не проводиться. Тривале і наростаюче накопичення в ґрунтах радіонуклідів із цих сімейств створює загрозу для рослинного і тваринного світу в умовах тривалої хімічної експансії [6].

Оскільки ґрунти є одним із найбільш інертних природних середовищ у порівнянні з атмосферою або поверхневими водами, а міграція важких металів, радіонуклідів у ґрунтах протікає відносно повільно, що сприяє накопиченню останніх у довкіллі і в значних концентраціях. Це дозволяє стверджувати, що ґрунти можуть виступати як складова частина екологічного моніторингу.

Оцінка рівня радіаційного фону, вивчення характеру розподілу продуктів природних радіонуклідів уранового та торієвого сімейства в ґрунтах природно-техногенної зони навколо ТЕС представляє науково-практичний інтерес для відслідковування можливих ризиків формування різних патологічних станів серед місцевого населення, представників тваринного і рослинного світу.

Для прогнозування впливу радіонуклідів вимірювання окремих параметрів недостатньо, тому для визначення ступеня ушкодження живих організмів потрібно ширше використовувати і методи рослинної біоіндикації. Організація постійного незалежного моніторингу територій навколо ТЕС дозволить отримувати достовірну інформацію про фактичні рівні забруднення важкими металами, радіонуклідами, дозволить прийняти своєчасне рішення про необхідність санітарно-гігієнічного втручання і розробку організаційно-технічних, медико-біологічних попереджувальних заходів.

Висновки:

1. Аналіз ґрунтових зразків показав, що основними фоноутворюючими радіоізотопами територій навколо Бурштиської ТЕС є радіонукліди із сімейств U238 , Th232 і K40 .

2. Найвищі показники потужності експозиційної дози та питомої активності радіонуклідів виявлялися на територіях золівдвалів, основній зоні. На контрольних територіях аналогічні показники були достовірно нижчими.

3. Довкілля навколо об'єктів вугільної енергетики потребує постійного незалежного екологічного моніторингу, у тому числі, із проведенням радіохімічного контролю, біоіндикації, паспортизації золівдвалів і регіону в цілому.

Перспектива подальших досліджень. Представляє науковий інтерес вивчення питання розробки способів моніторингу довкілля навколо ТЕС шляхом біоіндикації.

Література

1. Бурлакова Е.Б. Феномен малых доз / Е.Б. Бурлакова // Барьер безопасности. – 2005. – №2. – С. 12-14.
2. Зырянов В.В. Зола-уноса – техногенное сырьё / В.В. Зырянов. – М.: ИИЦ «Маска», 2009. – 319 с.
3. Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность / Л.Я. Кизильштейн // Химия и жизнь. – 2006. – №2. – С. 24-29.
4. Колесников В.В. Методические указания к решению типовых задач по оценке радиационной и химической обстановки по данным разведки на объектах народного хозяйства / В.В. Колесников. – Ростов-на-Дону: из-во РГСУ, 2006. – 64 с.
5. Пандерецький О.В. Екологія Галицького району / О.В. Пандерецький. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2004. – 198 с.
6. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозекологии / Л.П. Рихванов. – Томск: Томский политехнический университет STT, 2009. – 430 с.
7. Сидорова Г.П. Радиоактивные элементы в выбросах ТЭС / Г.П. Сидорова // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Баку: Азербайджан, 2013. – Вып. 63. – С. 224-233.
8. Тихонов М.Н. Радоновая опасность: источники, дозы и нерешенные вопросы / М.Н. Тихонов // Экологическая экспертиза. – 2009. – №5 – С. 2-108.
9. Chadwick K.H. The molecular theory of radiation biology / K.H. Chadwick, H.P. Leenhouts. – Berlin: Heidelberg; N.Y.: Spriger-Verlag, 1991. – 377 p.
10. Spirin D.A. Effects of ionizing radiation on organisms of terrestrial ecosystems in the East Urals radioactive track territory / D.A. Spirin // Radioecology and the Restoration of Radioactive-Contaminated Sites. – Dordrecht: Boston; London, 1996. – P 235-244.

Стаття надійшла до редакційної колегії 12.12.2015 р.

Рекомендовано до друку д.б.н., професором Ерстенюк А.М., д.м.н., професором Волковим К.С. (м. Тернопіль)

**ENVIRONMENTAL ASPECTS CONTAMINATION
AREAS AROUND BURSHTYN TPP**

**V. A. Levchenko, I. P. Vakaluk, M. M. Karabanovych,
I. I. Svystun, A. I. Ovchar, E. G. Hmurcovskij**

Ivano-Frankivsk National Medical University;

76018, m. Ivano-Frankivsk, Galytska str., 2;

e-mail: awgust@gazeta.pl

The main objective of the study was to evaluate the radiation situation of natural and technogenic zone around Burshtyn TPP. Studied exposure dose, specific activity of natural radionuclides in the soil around the TPP ash dump and relatively clean area. The study used dosimeters “Pripyat” – RKS-20.03 “Terra” – MKS-05 IR20, gamma spectrometric complex SBS-30 established that exposure dose in the main area of study in most cases was within the permissible norm – $(0,16 \pm 0,01) \mu\text{Sv/h}$, although significantly higher than the results obtained in relatively clean control area – $(0,074 \pm 0,004) \mu\text{Sv/h}$. However, the exposure dose at two ash dump was significantly higher, in accordance, $(1,18 \pm 0,024) \mu\text{Sv/h}$ $(0,48 \pm 0,043) \mu\text{Sv/h}$. Along with this in the soil around thermal power was noted an increase in specific activity of radionuclides from families ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K , especially in the areas of ash dumps. In the control area specific activity was much lower and only by ^{232}Th and ^{40}K . Therefore, assessment of background radiation, the distribution of natural radionuclides in soil naturally-technological zone around the power plants represents scientific and practical interest to monitor the possible risk of developing various pathological conditions of the local population.

Key words: *Thermal power plant, ash, background radiation, radionuclides*