

В.М. Янчук

**ПРОБЛЕМА КОМП'ЮТЕРНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ КАТАСТРОФИ НА ЧАЕС
НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ ЛЮДИНИ***(Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент Колодницький М.М.)*

Розглядається проблема комп'ютерної оцінки впливу Чорнобильської катастрофи на захворюваність людини. Аналізуються сучасні методи та системи аналізу становища, що склалося.

Для вирішення питання комп'ютерної оцінки впливу Чорнобильської катастрофи на захворюваність людини необхідно проаналізувати всі можливі методи, а можливо розробити нові, та вибрати з цієї множини методів ті, які, з одного боку, забезпечують в конкретних умовах найбільш адекватні оцінки, а, з іншого боку, можуть бути реалізовані в рамках доступної інформації. Для такої оцінки може бути використана інформація [1, 7, 8]:

- результати спеціального обстеження населення;
- дані прямих інструментальних вимірювань вмісту радіонуклідів в організмі;
- дані про опади довгоживучих радіонуклідів на місцевість;
 - вміст радіонуклідів у ґрунтах;
 - вміст аерозольних частинок у повітрі;
 - вміст нуклідів у воді;
- результати вимірювання динаміки потужності експоненційної дози в йодний період аварії;
- результати вимірювання вмісту ^{137}Cs в організмі населення в йодний період аварії;
- дані про вміст радіонуклідів у гірських породах, будівельних матеріалах.

При використанні ряду методів необхідно проводити детальні опитування населення з використанням анкет, за допомогою яких можна встановити, якою діяльністю люди займалися перед обстеженням, і як це могло вплинути на результати обстеження. Ряд методів вимагає з'ясування того, якою діяльністю до обстеження та в період його проведення пацієнти займалися, з якими хімічними елементами вони мають справу і який вміст йоду у вживаних препаратах, чи вживалась зелень, інші свіжі продукти, молоко, де воно було куплене – в торговельній мережі чи в приватному секторі. Враховується також кількість виїздів та перебувань поза зоною забруднення.

Найпоширенішими є методи визначення доз та впливу на окремі органи. До таких методів відносяться методи визначення доз опромінення щитовидної залози, шкіри та кришталика ока, дентину емалі зубів, легневих тканин, системи кровотворення тощо.

Для цих методів характерні спільні методологічні підходи [1]:

1. Оцінка доз на основі даних прямих інструментальних досліджень вмісту в критичному органі радіоактивного елемента із залученням модельних уявлень про динаміку надходження радіонукліда в організм чи результати дослідження критичних органів у населення.

2. Розрахунок доз на основі інформації про вміст радіонуклідів у продуктах харчування, воді та атмосферному повітрі з використанням усереднених даних про раціон та режим життєдіяльності людей.

3. Композиція двох попередніх підходів: перенесення оцінок з груп населення, відносно яких велись розрахунки за допомогою перших двох методів.

Перші два підходи дають в більшості випадків оцінки індивідуальних доз, а третій – групові дозові оцінки.

Перший підхід використовується для індивідуальних та групових дозових оцінок мешканців регіонів, що прилягають до Чорнобильської АЕС та охоплені прямими дослідженнями (більше 150 000 чоловік) [10].

Другий було реалізовано для розрахунку доз мешканців м. Києва [1, 5, 6]. Це пов'язано з тим, що аналізувалась доступна достовірна інформація про вміст ^{131}I в молоці, воді, атмосферному повітрі. У разі відсутності інформації про вміст радіонукліда в об'єктах навколишнього середовища та продуктах харчування, яка ґрунтується на прямих інструментальних

дослідженнях, для її отримання можна використовувати такі посередні дані, як густина опадів ^{129}J , ^{137}Cs чи динаміка потужності експоненційної дози.

Такі розрахунки дуже складні, вимагають багато додаткової інформації, побудови спеціальних екологічних моделей міграції нуклідів, і, як наслідок, дають менш достовірні оцінки.

В рамках реалізації третього підходу можна отримати залежність дози від вікової категорії та проводити дозову оцінку на її основі. При цьому можна скористатися корелятивним зв'язком дози опромінення критичного органа з:

- режимом життєдіяльності людини (за даними опитування та анкетування);
- густиною опадів ^{137}Cs та інших радіонуклідів на місцевості;
- дозою зовнішнього чи внутрішнього опромінення від довгоживучих радіонуклідів (в основному для евакуйованого населення).

Слід відмітити можливість здійснення "географічної інтерполяції" дозових оцінок, особливо в регіонах з великим охопленням території прямими інструментальними вимірюваннями.

Серед вказаних факторів радіаційного впливу на населення після Чорнобильської аварії є зовнішнє гамма-випромінювання від радіаційно забрудненої поверхні ґрунту. На основній території населених пунктів (крім огорodів) радіонукліди цезію утримуються, в основному, у поверхневому 5-сантиметровому шарі ґрунту. На сьогодні відомо, що доза зовнішнього опромінення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС зумовлена, в основному, радіонуклідами ^{134}Cs та ^{137}Cs [1, 9].

Проблему оцінки дози опромінення від цього фактора можна поділити на чотири основні задачі [1, 7, 8].

1. Опис часової динаміки потужності експозиційної дози від радіоактивно забрудненої поверхні на відкритій місцевості.

2. Визначення типів та значень основних модифікуючих факторів, що впливають на часову динаміку та зумовлені як проведеними дезактиваційними заходами (асфальтування, перекопування), так і архітектурно-планувальною специфікою населеного пункту.

3. Визначення величини максимально можливої "дози на відкритій місцевості", яку міг би отримати деякий мешканець населеного пункту при перебуванні в цьому пункті впродовж доби.

4. Виділення в населеному пункті ряду професійно-вікових груп, що відрізняються режимом поведінки (часом перебування в основних місцях накопичення дози зовнішнього опромінення), а також оцінка величини так званого "режимного фактора", що модифікує значення дози окремо для кожної групи населення.

Останнім часом лікарями було виявлено, що саме у дітей відмічається зростання випадків гіперплазії щитовидної залози, хронічних захворювань міндалин, залозодефіцитних анемії, хронічних захворювань печінки та жовчечивідних шляхів. У дорослого населення реєструється статистичний ріст онкологічних захворювань різної локалізації в Народицькому, гортані – в Овруцькому районах у порівнянні з попередніми роками.

Щодо стану здоров'я жіночого населення на даній території (протікання вагітності та пологів) – збільшилась кількість патологічних пологів, анемії, токсикозів другої половини вагітності, кровотеча при пологах та післяпологовому періоді.

Нерівномірність радіоактивних опадів після аварійного викиду (в силу його тривалості), з одного боку, а також захоплення великих територій, з іншого боку, є, на наш погляд, основною причиною неможливості використання суто фізичного та математичного підходу до досить традиційної задачі зовнішньої дозиметрії. Альтернативним і, як здається, найможливішим у даному випадку виходом є побудова феноменологічної моделі, основні параметри якої визначаються, виходячи з масивів доступної інформації, яка є результатом вимірювань [7]. Цей підхід був використаний при побудові математичної моделі, що описує динаміку формування дози зовнішнього опромінення в різних професійно-вікових групах населення України після Чорнобильської катастрофи.

Для сучасних дозиметричних моделей характерні високий ступінь деталізації та значна кількість змінних з часом параметрів. Необхідність розрахунку не лише дози, яку людина отримує впродовж свого життя, а й динаміки потужності дози, а також функції накопичення дози істотно затруднює, іноді робить неможливим використання традиційних методів визначення дозових оцінок.

Одними з важливих питань, що вимагають уточнення, – питання максимуму отримуваної дози, максимуму потужності дози та залежність цих показників від вікової категорії.

Співвідношення радіаційних факторів – джерел та видів випромінювання, шляхів надходження радіонуклідів в організм, впливу окремих нуклідів – виявилось досить різним для вказаних категорій осіб, які потрапили під вплив випромінювання. Ця різниця, в першу чергу, зумовлена їх перебуванням у різних зонах радіоактивного забруднення та в різні періоди часу після аварії, що означає різний ізотопний склад нуклідів та спектральний склад їх випромінювання, а також різний рівень опромінення. По-друге, досить значна різниця у застосованих заходах щодо радіаційного захисту від відсутності небезпеки до повної евакуації.

З урахуванням цього в табл. 1 наведено основні радіаційні фактори, що впливають на окремі категорії людей в різні періоди після Чорнобильської катастрофи. У клітинках таблиці вказано основні нукліди чи групи нуклідів, що відповідають за певний радіаційний фактор [1]. У випадку малої залежності в клітині поставлено прочерк. У зв'язку з обмеженістю реальних даних у ранній період аварії не проведено розподіл на опромінення від факела чи радіаційної хмари та від радіонуклідів, що випали. У випадку надходження радіонуклідів через харчування показані лише ті радіонукліди, які поглинаються шлунково-кишковим трактом.

Таблиця 1

Основні радіаційні фактори та нукліди Чорнобильської аварії, що впливають на людину

Категорія осіб, що опромінюються	Час після аварії, діб	Зовнішнє опромінення		Внутрішнє опромінення	
		β	γ	інгаляція	Шляхом харчування
Ліквідатори, персонал АЕС	1–10	¹⁰⁶ Ru/Rh ¹⁴⁴ Ce/Pr ¹³² Te/J	¹³² Te/J ¹³¹ J ІРГ*	^{133,131} J ¹³² Te/J ТУЕ**	–
	11–100	¹⁰⁶ Ru/Pr ¹⁴⁴ Ce/Pr ⁹⁰ Sr/Y	⁹⁵ Zr, Nb ¹⁰⁶ Ru/Rh ^{134,137} Cs	ТУЕ** ¹⁴⁴ Ce/Pr	–
	>100	¹⁰⁶ Ru/Pr ¹⁴⁴ Ce/Pr ¹³² Te/J	^{134,137} Cs ¹⁰⁶ Ru/Rh	ТУЕ** ¹⁴⁴ Ce/Pr	–
Евакуйоване населення	1–11	¹⁰⁶ Ru/Pr ¹⁴⁴ Ce/Pr ⁹⁰ Sr/Y	¹³² Te/J ¹³¹ J	^{133,131} J ¹³² Te/J ТУЕ**	¹³¹ J ¹³² Te/J ^{134,137} Cs
Решта населення	<100	¹⁰⁶ Ru/Pr ¹³² Te/J	¹³² Te/J ¹³¹ J ^{134,137} Cs	¹³¹ J ТУЕ**	¹³¹ J ^{134,137} Cs ⁸⁹ Sr
	>100	–	^{134,137} Cs ¹⁰⁶ Ru/Rh	ТУЕ** ¹⁰⁶ Ru/Rh ¹⁴⁴ Ce/Pr	^{134,137} Cs ⁹⁰ Sr/Y

*ІРГ – інертні радіоактивні гази (Кг, Хе)

**ТУЕ – радіонукліди трансуранових елементів (Pu, Am, Cm)

Ліквідатори на території ЧАЕС потрапили під зовнішнє опромінення β- та γ-випромінювання з пошкодженого реактора, від викинутих вибухом частинок, від факела та від опадів радіонуклідів. Так, разом з γ-випромінюванням важливу роль зіграло зовнішнє β-опромінення шкіри. Інгаляція летючих форм ¹³⁷J вела до опромінення щитовидної залози. Шлях надходження радіонуклідів через харчування не береться до уваги, оскільки продукти завозились із незабруднених районів.

Евакуйоване населення ближчої зони аварії перебувало протягом 1–11 діб після вибуху реактора під зовнішнім β- та γ-випромінюванням від радіонуклідів, що випали на місцевість. Надходження радіонуклідів ¹³¹J, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr з місцевими молокопродуктами могло бути зменшено завдяки оповіщенню населення про аварію та забороні вживання забруднених продуктів.

Населення забрудненої території перебувало протягом багатьох років під впливом радіаційного випромінювання. У зв'язку з довготривалим накопиченням дози внесок в неї опромінення від радіаційної хмари незначний у порівнянні з зовнішнім опроміненням радіонуклідів, що випали. Також незначний внесок інгаляції нуклідів у порівнянні з надходженням ¹³¹J, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr через харчування.

Таким чином, ефективна доза у різних категорій опромінюваних осіб формується як сума дозових складових всіх радіаційних факторів, які властиві розглядуваній категорії та періоду опромінення. Розмір та співвідношення складових суттєво відрізняються та залежать від характеристик місцевих джерел випромінювання, природних особливостей та соціальних умов, від вживання засобів захисту.

Оптимізація системи радіаційного захисту, як і епідеміологічних досліджень щодо виявлення наслідків впливу на стан здоров'я населення аварії на Чорнобильській АЕС, ґрунтується на порівняльній оцінці доз опромінення населення всіма штучними та природними джерелами іонізуючого випромінювання.

На рис. 1 наведено результати оцінки колективних доз опромінення населення регіону за рахунок основних дозоутворюючих факторів природного та штучного походження з моменту аварії на ЧАЕС до 2056 року (за 70 років). При цьому було зроблено припущення, що чисельність населення України за цей час (52 млн. чел.), його структура, жилий фонд та інші фактори не зміняться [1]. Дози опромінення визначено щодо кожної області з урахуванням забрудненості території викидами аварійного блоку, чисельності населення та геологічних особливостей території (коефіцієнтів переходу вмісту природних радіонуклідів у ґрунтах та у воді тощо). Крім цього, дози за рахунок аварії та рентгенівських процедур розраховані з урахуванням темпу народження та смертності населення за областями та віковими залежностями частоти рентгенівських процедур (популяційні дози).

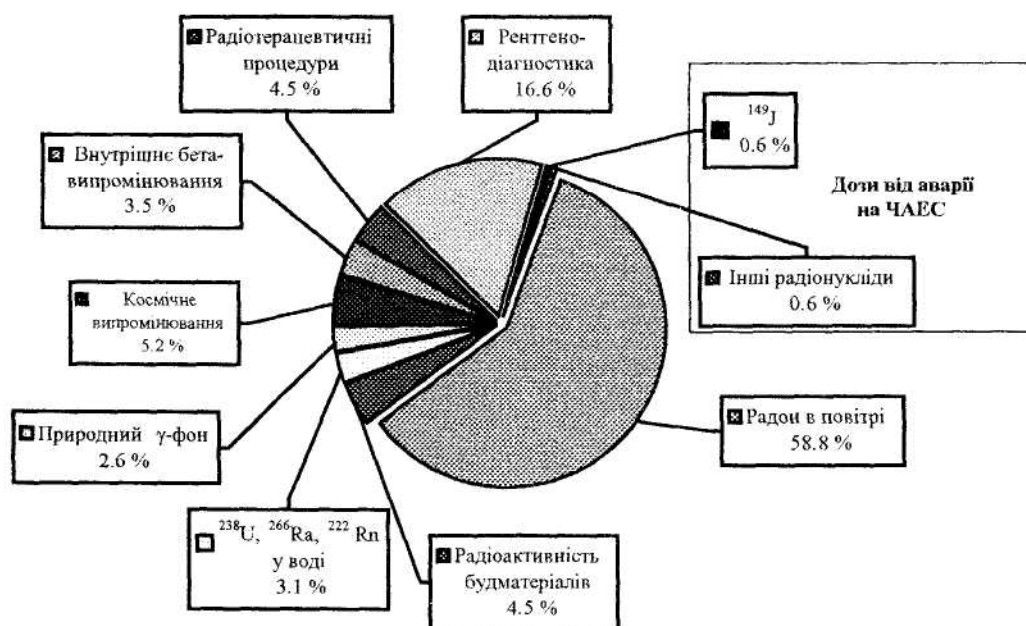


Рис. 1. Результати оцінки колективних доз опромінення населення України за рахунок основних дозоутворюючих факторів природного та штучного походження з моменту аварії на Чорнобильській АЕС до 2056 року (за 70 років)

Видно, що найбільше значення доз визначає радон 58.8 %, а рентгенівські діагностичні процедури – 16,6 %, аварія на ЧАЕС дає внесок не більше, ніж 2 %.

Наведені оцінки підтверджують необхідність обліку основних дозоутворюючих факторів при оцінці впливу наслідків аварії на стан здоров'я людей. У зв'язку з цим необхідно розробляти методи ретроспективного відновлення та врахування доз опромінення за рахунок основних дозоутворюючих джерел природного та штучного походження.

Проаналізувавши стан справ, можна зробити висновок про те, що головними особливостями радіоактивного забруднення територій та формування радіаційної обстановки є:

- плямистість (нерівномірність) забруднення;

- різний спектральний склад опадів у різних напрямках від реактора;
- великі площі забруднення з різними параметрами ґрунтів, що створює різні механізми поведінки радіонуклідів у ланцюзі ґрунт-рослина-людина;
- різні умови життя великої кількості людей, що проживають на забруднених територіях.

Отже, метою створення системи комп'ютерної оцінки впливу Чорнобильської катастрофи на стан здоров'я людей є:

- розробка засобу, який на основі одного або декількох методів аналізу давав би можливість приймати рішення щодо покращення стану здоров'я на забруднених територіях;
- надання можливості реально, в динаміці оцінити становище, що склалося, застосувати сучасні та запровадити нові методи оцінки впливу Чорнобильської катастрофи на стан здоров'я людей;
- отримання за допомогою програмного засобу об'єктивної оцінки наслідків Чорнобильської катастрофи.

Виходячи з цього можна зробити висновок, що перед розробником постають задачі:

1. збір та систематизація даних для розробки системи аналізу існуючого становища, враховуючи аспект розвитку теми;
2. реалізація існуючих та розробка нових алгоритмів та методів аналізу та побудови математичних моделей;
3. поєднання аналізу окремих захворювань з метою отримання комплексного підходу до аналізу загрози для організму в цілому;
4. визначення максимуму отримуваної дози та її потужності;
5. "геометрична інтерполяція" дозових оцінок, особливо на великих територіях;
6. виявлення існуючих зв'язків захворюваності з факторами навколишнього середовища.

Спробу реалізувати ці задачі було зроблено в інформаційно-довідниковій системі "ПОЛИНЬ", яка за допомогою сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій дає можливість візуально оцінити становище після аварії. Наступними етапами розробки є нарощення методологічної потужності, яка дозволить отримати різні математичні моделі та ввести "геометричну інтерполяцію".

ЛІТЕРАТУРА:

1. Актуальные вопросы ретроспективной, текущей и прогнозной дозиметрии облучения в результате Чернобыльской аварии. Материалы научной конференции 27-29 октября 1992 г. - К.: УНЦРМ МЗ и АН Украины. - 216 с.
2. Виконання завдань по захисту населення області від наслідків катастрофи на Чорнобильській АЕС. - Житомир, 1992.
3. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сводные данные, июнь 1991 - февраль 1992 г. Сборник 2, март, 1992. - К.: УНЦРМ, 1992. - 50 с.
4. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сводные данные, июнь 1991 - февраль 1993 г. Сборник 3, март, 1993. - К.: УНЦРМ, 1993. - 128 с.
5. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сводные данные, июнь 1991 - февраль 1994 г. Сборник 4, март, 1994. - К.: УНЦРМ, 1994. - 236 с.
6. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сводные данные, июнь 1991 - февраль 1992 г. Сборник 5, июнь, 1995. - К.: УНЦРМ, 1995. - 348 с.
7. Информационный бюллетень "Авария на Чернобыльской АЭС": Радиоактивный мониторинг, клинические проблемы, социально-психологические аспекты, демографическая ситуация, малые дозы ионизирующего излучения. - В 2-х томах. - К.: УНЦРМ, 1992.
8. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. - М.: Энергоиздат, 1987. - 192 с.
9. НРБ-76/87 Н83 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП 72/87. Минздрав СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 160 с.

10. Показатели здоровья населения районов, пострадавших в результате Чернобыльской катастрофы (1985–1991). – Минздрав Украины, отдел здравоохранения облсполкома, областная больница, организационно-методический отдел. – Житомир, 1992. – 348 с.
11. Руководство по оценке доз облучения щитовидной железы при поступлении радиоактивных изотопов иода в организм человека / З.С. Арефьева, В.И. Бадьин, Ю.Г. Гаврилин и др. / Под ред. Л.А. Ильина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 80 с.
12. Романенко А.Е., Лихтарев И.А., Гулько Г.М., Шандала Н.К., Кайро И.А., Чепурной Н.И. Гигиеническая оценка доз облучения щитовидной железы жителей УССР после аварии на Чернобыльской АЭС // Вестник АМН СССР, 1991. – № 8. – С. 44–47.
13. Романенко А.Е., Лихтарев И.А., Шандала Н.К., Гулько Г.М., Кайро И.А., Чепурной Н.И., Чебан А.К., Дегтярева О.С., Копылова О.В. Дозы облучения щитовидной железы и организация эндокринологического мониторинга жителей УССР после аварии на Чернобыльской АЭС // Медицинская радиология, 1991. – № 2. – С. 41–49.
14. Состояние здоровья населения Народичского района Житомирской области и других контролируемых по радиационному фактору районов УССР. Материалы научно-практической конференции (24–25 октября 1989 г. в г. Киеве). – Ж.: Редакционно-издательский отдел облполиграфиздата, 1990. – 146 с.

ЯНЧУК Валентин Миколайович – аспірант Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- програмування та бази даних;
- екологія;
- прогнозування.