

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ РОБІТ

Девіз **КУРЧАТОВ**

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХОДІВ З РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ
У м. ХАРКОВІ ПРИ РУЙНУВАННІ РЕАКТОРА РБМК - 1000
НА КУРСЬКІЙ АЕС**

2020

ЗМІСТ

Список скорочень	3
Анотація.....	4
Вступ	5
1. Аналіз розміщення АЕС в світі	7
2. Загальна характеристика Курської АЕС.....	10
3. Загальна характеристика клімату м. Харків та Харківської області	13
4. Виявлення та оцінка радіаційної обстановки методом прогнозування	16
4.1. Визначення розмірів зон радіоактивного забруднення.....	17
4.2. Визначення розмірів зон опромінення щитовидної залози.....	21
Висновки.....	24
Література.....	25
Додаток А Довідкові данні.....	26

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- АЕС - атомна електростанція
ВВЕР - воудо-водяний ядерний реактор
КуАЕС - Курська атомна електростанція
ПРУ - протирадіаційне укриття
РБМК - реактор великої потужності канальний
РР - радіоактивна речовина

АНОТАЦІЯ

Проведення заходів з радіаційної безпеки при аварії на АЕС в значній мірі визначається результатами оцінки радіаційної обстановки. Це обумовлює необхідність організації та здійснення великого обсягу досить складних вимірювань з використанням різних методів. Результати цих вимірів надзвичайно важливі, оскільки вони є основою для прийняття рішень з організації та проведення широкомасштабних санітарно - гігієнічних і лікувально - профілактичних заходів.

Великі аварії відбуваються на атомних установках порівняно рідко. Проте їх психологічну дію на населення важко переоцінити.

У роботі проведені аналіз розміщення атомних електростанцій в світі та оцінка радіаційної безпеки на території м. Харків (Україна) у разі руйнування Курської АЕС (Росія).

Головний фактор розміщення АЕС - споживчий. Оптимальними є найбільш віддалені місця від концентрації споживачів з дефіцитом паливних ресурсів. Курська АЕС знаходиться на віддалені близько 146 км від кордону Харківської області та 200 км від м. Харків. Це визначило мету роботи – оцінити радіаційну небезпеку Курської АЕС для м. Харків і визначити перелік необхідних заходів щодо забезпечення мінімізації негативного впливу небезпечних та шкідливих факторів можливої радіаційної аварії.

Представлена наукова робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку літератури. Робота виконана на 31 сторінках, містить 4 рисунків, 2 таблиць, 1 додаток.

Ключові слова: атомні електростанції, аварії, прогнозування, радіаційна обстановка, Курська атомна електростанція, Харків.

ВСТУП

До теперішнього часу існує протиріччя, яке досить складно подолати. З одного боку, в силу традиційно великої уваги вітчизняних і зарубіжних вчених і фахівців до проблем радіаційної безпеки, ці питання можна віднести до досить вивчених. З іншого боку, - у розумінні населення (особливо після аварії на Чорнобильській АЕС), загроза ("ризик") радіаційного фактора вважається пріоритетним в порівнянні з більшістю шкідливих для здоров'я чинників, що мають місце в сучасному житті. Таке розуміння можна змінити, якщо у суспільства з'явиться впевненість у надійності та безпеці технічних рішень, правильному виборі місць розміщення радіаційно-небезпечних об'єктів, правильній і своєчасній організації та проведенні протиаварійних заходів.

Проведення таких заходів при радіаційній аварії в значній мірі визначається результатами оцінки радіаційної обстановки. Це обумовлює необхідність організації та здійснення великого обсягу досить складних вимірювань з використанням різних методів. Результати цих вимірів надзвичайно важливі, оскільки вони є основою для прийняття рішень з організації та проведення широкомасштабних санітарно - гігієнічних і лікувально - профілактичних заходів.

Крім цього, адекватна оцінка наслідків радіаційної аварії вимагає використання складних розрахункових методів прогнозу розвитку радіаційної обстановки, оцінки радіоактивних навантажень на населення та їх наслідків для його здоров'я. Зазначені заходи, як правило, необхідно здійснювати в стислі терміни і на великих територіях, що висуває особливі вимоги до їх організації. Необхідною умовою є проведення роз'яснювальної роботи серед населення, що в ряді випадків (низький загальноосвітній рівень, відсутність знань або, що частіше - наявність хибних уявлень з такого складного питання як вплив радіаційного фактора на здоров'я) може поставити цю проблему в число важко розв'язуваних.

В умовах широкомасштабної радіаційної аварії, пов'язаної з викидом у навколишнє середовище великої кількості радіоактивних речовин і потенційною загрозою для здоров'я населення, основними принципами організації та проведення захисних заходів є недопущення гострих (детермінованих) ефектів опромінення і максимальне зниження віддалених стохастичних (злоякісні захворювання, успадкована патологія) ефектів. У зв'язку з цим захисні заходи, включаючи санітарно - гігієнічні та лікувально – профілактичні, носять екстрений характер. Неправильна оцінка радіаційної обстановки, невдала та несвоєчасна організація комплексу першочергових заходів можуть привести надалі до значних негативних наслідків для здоров'я населення.

Метою роботи є аналіз розміщення атомних електростанцій в світі та оцінка радіаційної безпеки на території м. Харків (Україна) у разі руйнування Курської АЕС (Росія).

Наукова новизна роботи полягає в проведенні загального аналізу розміщення атомних електростанцій в світі та цільової оцінки радіаційної безпеки на території м. Харкова (Україна) у разі виникнення надзвичайної ситуації при руйнуванні Курської АЕС на території Росії – держави з якою Україна має спільний кордон на сході.

Практична значимість роботи полягає у прогнозуванні радіаційної обстановки у м. Харків, яка може виникнути у разі руйнуванні Курської АЕС, що дає можливість розробити систему заходів захисту та евакуації населення.

Результати конкурсної роботи впроваджені в навчальний процес вищого навчального закладу, а також доповідались на науково-технічних конференціях та оприлюднені в їх матеріалах.

АНАЛІЗ РОЗМІЩЕННЯ АЕС В СВІТІ

За даними МАГАТЕ, на початку 2016 року у світі працював 441 атомний енергоблок, а 157 – вже виводилося з експлуатації [1]. На більшості з них відпрацьоване паливо ще не вивезене, тобто вони перебувають на ранніх стадіях процесу зняття з експлуатації. Найбільше АЕС (99 реакторів) експлуатується в США. На другому місці йде Франція (58 реакторів), на третьому - Японія (43 реактора). Для порівняння: в Росії експлуатується 10 АЕС (35 реакторів), в Україні - 4 АЕС з 15 реакторами.

З цих даних видно, що атомна енергетика відіграє важливу роль у сучасному енерговиробництві - доля вироблення електроенергії на АЕС у світі знаходиться на рівні 16 %. Завдяки АЕС стало можливим скоротити об'єм викидів CO₂ в атмосферу. Наприклад, робота європейських атомних станцій дозволяє щорічно скоротити емісію вуглекислого газу на 700 млн. тонн.

Таблиця 1. Реактори, що експлуатуються, та реактори, що знаходяться у стані зняття з експлуатації за даними МАГАТЕ за 2016 рік [1]

Країна	Кількість реакторів, що експлуатується	Кількість реакторів, знятих з експлуатації
Аргентина	3	-
Вірменія	1	1
Бельгія	7	1
Бразилія	2	-
Канада	19	6
Китай	31	-
Чехія	6	-
Фінляндія	4	-
Франція	58	12
Німеччина	8	28
Угорщина	4	-
Індія	21	-
Ісламська республіка Іран	1	-

Італія	-	4
Японія	43	16
Казахстан	-	1
Республіка Корея	24	-
Литва	-	2
Мехіко	2	-
Іспанія	7	2
Швеція	10	3
Швейцарія	5	1
Нідерланди	1	1
Пакистан	3	-
Румунія	2	-
Росія	35	5
Словаччина	4	3
Словенія	1	-
Південна Африка	2	-
Україна	15	4
Великобританія	15	30
США	99	33
Болгарія	2	4
Тайвань	6	-
Всього:	441	157

В Києві 3 та 4 липня 2019 року відбулася Міжнародна конференція «Український Ядерний Форум-2019: Ядерна енергетика - стан та тенденції розвитку» з нагоди 10-річчя створення Асоціації «Український ядерний форум» [2]. Де було доведено що за прогнозом МАГАТЕ, навіть за песимістичного сценарію розвитку атомної енергетики до 2050 року у світі залишатимуться в експлуатації 356 атомних енергоблоків, загальною встановленою потужністю близько 380 ГВт. За станом на кінець 2017 року у світі функціонувало 392 атомні енергоблоки з встановленою потужністю близько 400 ГВт. За оптимістичним прогнозом МАГАТЕ кількість атомних енергоблоків до 2050 року може сягнути 748, а їхня потужність подвоїтись у порівнянні з 2017 роком, досягнувши позначки у 800 ГВт. «Треба пам'ятати, що атомна енергетика у змозі забезпечувати не лише економічно ефективно виробництво електроенергії, але й бути джерелом небезпеки для населення планети.

Великі аварії відбуваються на атомних установках порівняно рідко. Проте їх психологічну дію на населення важко переоцінити. Найбільш тяжкі аварії на АЕС наведені в таблиці 2, з якої видно масштаби аварій: викиди значної кількості радіоактивних речовин, забруднення великих масивів територій, переселення великої кількості людей. Видно також і те, що такі катастрофи супроводжуються порівняно невеликим числом жертв, загиблих впродовж декількох тижнів після аварії. Отже, головні компоненти збитку таких аварій - соціальні і економічні втрати.

Таблиця 2 - Найбільш тяжкі аварії на АЕС з викидом значної радіоактивності у навколишнє середовище

Місце аварії	Дата	Причина	Викид радіоактивності	Площа забруднення, км ²	Число потерпілих	
					Евакуйованих	Загиблих
Уіндскейл, Англія	10 жовтня 1957 р.	Горіння графіту	750 ТБк йоду-131	500	-	-
Три Майл Айленд, штат Пенсильванія, США	28 березня 1979 р.	Розплавлення активної зони	0,6 ТБк йоду-131	-	Самоевакуація	-
Чорнобиль, СРСР	26 квітня 1986 р.	Розгін реактора	20·10 ⁶ ТБк, у т. ч. 1,8·10 ⁶ йоду-131	25 000	116 000	31
Фукусіма-1, Японія	11 березня 2011 р.	Розплавлення активної зони	7,7·10 ⁵ ТБк, у т. ч. 105 йоду-131	12 000	125 000–140 000	3

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСЬКОЇ АЕС

Курська атомна станція розташована в 40 кілометрах на північний захід від міста Курська, на лівому березі річки Сейм. У трьох кілометрах від станції знаходиться м. Курчатів. Район розміщення Курської АЕС розташований на південно - західному і південному схилах Середньоросійської височини і являє собою пологохвилясту, сильно розчленовану рівнину з поступовим зниженням поверхні на південний захід у бік Придніпровської низовини [3].

Рішення про будівництво Курської атомної станції було прийнято в середині 60-х років. Необхідність будівництва була викликана динамічним розвитком промислово-економічного комплексу Курської магнітної аномалії (Михайлівського гірничо - збагачувального комбінату і інших промислових підприємств регіону).

Початок будівництва - 1971 рік. Енергоблоки здані в експлуатацію: енергоблок № 1 - в 1976 році, № 2 - в 1979 році, № 3 - 1983 року, № 4 - в 1985 році.

Курська АЕС має сучасні системи ядерної, радіаційної та екологічної безпеки. У 1994-2004 роках проведено модернізацію енергоблоків № 1 та № 2: відновлена проектна потужність, безпека енергоблоків підвищена до міжнародного рівня. Модернізація дозволила збільшити на 15 років експлуатаційний ресурс енергоблоку № 1. В даний час ведеться модернізація енергоблоків № 3 та № 4.

Курська АЕС є містоутворюючим підприємством м. Курчатова. Завдяки будівництву і роботі Курської АЕС створена і розвивається комунально-побутова та соціальна інфраструктура міста, одна з кращих в Курській області.

Кожен енергоблок включає в себе наступне обладнання:

- уран - графітовий реактор РБМК - 1000, з допоміжними системами;
- дві турбіни К-500-65/3000;
- два генератора потужністю 500 МВт кожен.

Всі блоки мають роздільні приміщення для реакторів та їх допоміжного обладнання, систем транспортування палива і пультів управління реакторами. Кожна черга має загальне приміщення для газоочистки і систем спецоочистки води. Всі чотири блоки Курської АЕС мають загальний машинний зал.



Курська АЕС видає електроенергію по 11 лініях електропередачі:

- 2 лінії (110 кВ): для електропостачання власних потреб;
- 6 ліній (330 кВ): 4 лінії для електропостачання області, 2 для півночі України;
- 3 лінії (750 кВ): 1 лінія для Оскольського електрометалургійного комбінату, 1 лінія для північного сходу України, 1 лінія для Брянської області.

В даний час експлуатуються 4 енергоблоки загальною потужністю 4000 МВт, які були підключені до єдиної енергетичної системи країни в 1976, 1979, 1983 і 1985 роках. Сьогодні Курська АЕС - найбільший в Середньоросійській Чернозем'є генерує джерело електроенергії, в складі АТ «Концерн Росенергоатом» входить в дивізіон Держкорпорації «Росатом» «Електроенергетичний». При цьому Курська АЕС забезпечує більше 90% промислового енергоспоживання всієї області. У 2018 році Курська атомна

станція переступила важливий рубіж по виробленню електроенергії - в липні АЕС досягла обсягу сумарної вироблення в 900 млрд кВт • год з початку роботи енергоблоків. Станом на 01 січня 2019 року енергоблоками Курська АЕС вироблено з початку експлуатації вже понад 912 млрд кВт • ч, а в 2018 році - 24,8 млрд кВт • год електроенергії.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КЛІМАТУ М. ХАРКІВ ТА ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Тип клімату [4]	помірно-континентальний.
Середньорічна температура, ° С	8,1.
Різниця температур, ° С	75,4.
Температура:	
максимальна, ° С	39,8 (2010);
мінімальна, ° С	-35,6 (1940).
Опади:	
кількість опадів, мм	515;
сніговий покрив, міс.	3,3.
Вологість повітря, %	75.
Хмарність:	
загальна, балів	6,4;
нижня, балів	4,5.
Вітер:	
середня швидкість вітру, м/с	4,0;
середньорічна швидкість вітру	= 4.0 м/с.

Швидкість вітру (рис. 1) дещо знижується в липні-серпні (3.3 м/с) і підвищується в лютому (4.7 м/с).

У розі вітрів міста (рис. 2) немає яких-небудь істотно домінуючих напрямків вітру. Однак найбільш часто дмуть східні вітри (18% від усіх вітрів) і західні вітри (16%) [4].

Таким чином, швидкість вітру змінюється від 3 до 5 м/с (рис. 1), а 5 % всіх вітрів (рис. 2) дують на м. Харків з напрямку розташування Курської АЕС (м. Курчатів).

При нормальній експлуатації АЕС радіоактивні продукти поділу ядерного палива, що накопичуються в реакторі, практично не потрапляють в навколишнє середовище в кількостях, що перевищують гранично допустимі значення.

Однак існує потенційна небезпека аварійного викиду радіоактивних речовин (РР), у тому числі в результаті руйнування реактора, наслідки якого можуть привести до радіаційних уражень персоналу АЕС і населення.

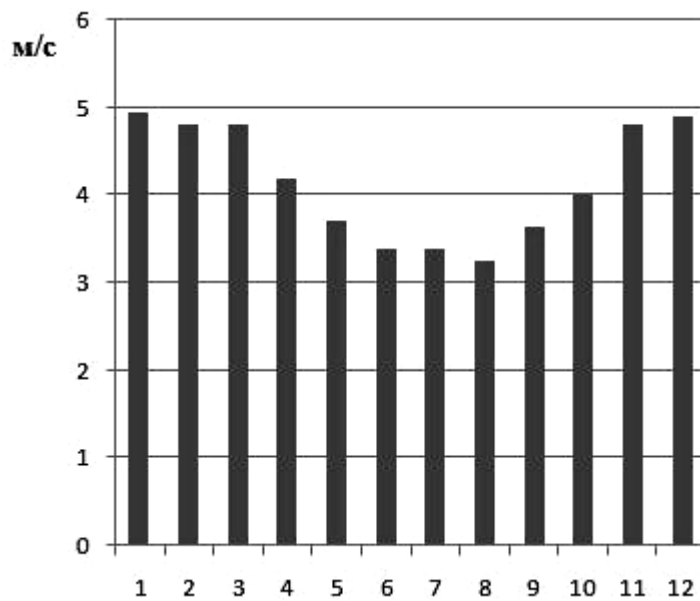


Рисунок 1 - Середні швидкості вітру по місяцях

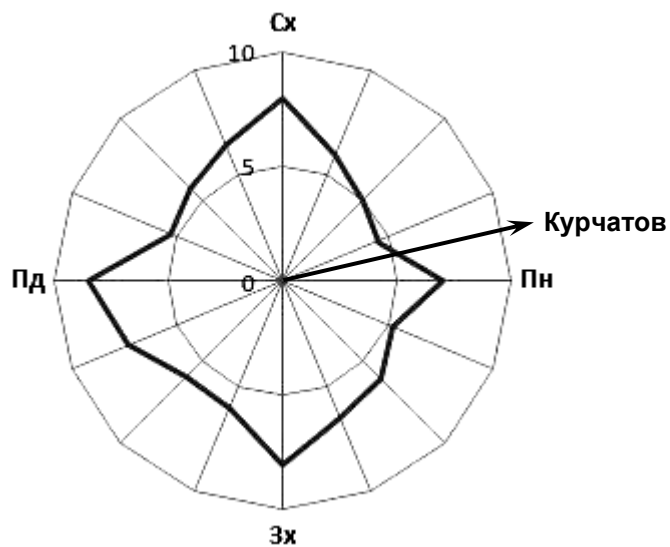


Рисунок 2 - Повторюваності напрямку вітру по румбам у %

Викинуті з пошкодженого реактора РР у вигляді газів, парів і аерозолів утворюють, як правило, хмару, яка поширюється за напрямком вітру і викликає радіоактивне забруднення навколишнього середовища.

Вражаючий вплив на населення при цьому відбувається за рахунок в основному зовнішнього гамма-опромінення від хмари, забрудненої радіоактивними опадами місцевості та внутрішнього опромінення в результаті інгаляційного надходження РР в організм людини.

Масштаби радіаційних наслідків при руйнуванні реактора, що визначають радіаційну обстановку, залежать від типу реактора, характеру аварії або руйнування, а також метеорологічних умов.

ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ МЕТОДОМ ПРОГНОЗУВАННЯ

Виявлення та оцінка радіаційної обстановки проводиться з метою визначення впливу радіоактивного забруднення місцевості і приземного шару атмосфери на життєдіяльність населення та умови проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (АРИНР) на забруднених територіях.

Виявлення та оцінка можливої радіаційної обстановки при руйнуванні ядерного реактора методом прогнозування проводяться як завчасно, при плануванні заходів захисту населення на випадок виникнення аварій на АЕС, так і в початковий період розвитку аварії, коли дані радіаційної розвідки відсутні або надходять в недостатньому обсязі.

Для завчасного виявлення радіаційної обстановки використовують метод прогнозування, при якому в якості вихідних даних використовують найбільш ймовірні середні метеорологічні умови.

При прогнозуванні вирішуються такі завдання:

- визначення розмірів зон радіоактивного забруднення місцевості і відображення їх на картах (планах, схемах);
- визначення розмірів зон опромінення щитовидної залози дітей та дорослого населення за час проходження радіоактивної хмари і відображення їх на картах (планах, схемах);
- визначення потужності дози зовнішнього гамма-випромінювання на сліді радіоактивної хмари.

Вихідними даними для виявлення радіаційної обстановки методом прогнозування є:

- інформація про АЕС; тип реактора (РБМК, ВВЕР); електрична потужність ядерного реактора W_e , МВт; координати АЕС (X_e , Y_e), км; астрономічний час руйнування реактора T_r (дата і час);

- метеорологічні характеристики: швидкість вітру на висоті 10 м V_0 , м/с; напрямок вітру на висоті 10 м, ψ град; хмарність (ясно, мінлива, суцільна);
- при необхідності додаткова інформація приводиться окремо при розгляді кожного конкретного завдання.

У подальшому розглядається радіаційна обстановка при найбільш небезпечних аваріях, віднесених до 7 класу за шкалою МАГАТЕ.

Визначення розмірів зон радіоактивного забруднення

Ця методика наведена в [5].

Зони радіоактивного забруднення являють собою ділянки місцевості, обмежені ізолініями доз зовнішнього опромінення, які може отримати незахищене населення при відкритому розташуванні на місцевості за проміжки часу, які визначаються з моменту початку викиду РР (час формування заданої дози опромінення). Фактичний час формування дози опромінення менше на час підходу хмари t_n .

Додаткова інформація:

- задана доза зовнішнього гамма - опромінення при відкритому розташуванні, D_0 , мЗв; значення доз зовнішнього опромінення D_0 вибираються, як правило, відповідно до критеріїв для прийняття рішення (Додаток 4, табл. 1);
- час формування заданої дози зовнішнього опромінення t_ϕ (в інтервалі від 1 години до 1 року з моменту початку викиду РР в атмосферу).

Порядок вирішення завдання

1. Визначається ступінь вертикальної стійкості атмосфери, відповідна до погодних умов і часу доби.
2. На карті (плані) позначається положення аварійного реактора і відповідно до заданого напрямку вітру білим кольором наноситься вісь сліду радіоактивної хмари.
3. За табл. 20 (в додатках немає такої таблиці?) Додатка 1 (Додаток А) визначається глибина прогнозованої зони радіоактивного забруднення L_x ,

відповідна заданим значенням дози зовнішнього опромінення D_0 і часу її формування t_ϕ , погодних умов, типу реактора.

У разі відсутності в таблиці заданих значень D_0 і t_ϕ прогнозована глибина зони визначається методом лінійної інтерполяції.

4. Максимальна ширина зони (на середині глибини) визначається за формулою:

$$L_y = a \times L_x, \text{ км}, \quad (1)$$

де: a - коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості атмосфери (табл. 1 додатка 1 (Додаток А)).

5. Площа зони радіоактивного забруднення визначається за формулою:

$$S = 0,8 \times L_x \times L_y, \text{ км}. \quad (2)$$

6. Використовуючи знайдені розміри, зони в масштабі карти відображаються у вигляді правильних еліпсів червоним кольором для ранньої фази аварії та жовтим - для середньої фази аварії.

Постановка задачі.

Визначити розміри зон можливого радіоактивного забруднення, на території яких необхідно проводити захисні заходи по укриттю і евакуації населення при руйнуванні реактора РБМК - 1000 на Курській АЕС з викидом РР в атмосферу.

Рішення.

За табл. 1 Додатку 4 (Додаток А) визначаємо, що верхні критеріальні значення дози опромінення D_0 , при якій потрібно проводити укриття населення, відповідає 50 мЗв за перші 10 діб, евакуацію дорослого населення - 500 мЗв за перші 10 діб, евакуацію дітей і вагітних жінок - 50 мЗв за перші 10 діб.

Глибини зон радіоактивного забруднення визначаємо за табл. 7 Додатку 1 (Додаток А).

За формулою (1) визначаємо максимальну (на половині довжини) ширину зони. Для цього по табл.1 Додатка 1 (Додаток А) знаходимо відповідні коефіцієнти a .

Отримані результати зводимо в табл. 3.

Таблиця 3 – Розміри зон радіоактивного забруднення

Доза , мГр	Найменування зон	Розміри зон	Конвекція			Ізотермія			Інверсія		
			Швидкість вітру, м/с								
			≤2	3	4	≤2	5	≥7	≤2	3	4
50	Укриття населення, евакуація дітей та вагітних жінок	L_x , км	55	40	35	140	163	160	140	185	220
		L_y , км	11	8	7	8,4	9,78	9,6	4,2	5,4	6,6
500	Евакуація дорослого населення	L_x , км	10	8	6	45	30	25	60	60	50
		L_y , км	2	1,6	1,2	2,7	1,8	1,5	1,8	1,8	1,5

З аналізу даних таблиці 3, робимо висновок, що найбільш негативні результати отримуються для інверсії, та ізотермії при швидкостях вітру 3-5 м/с, які загалом вірогідні для міста Харкова. Для більшої наочності ці зони наведені на карті (рис. 3).

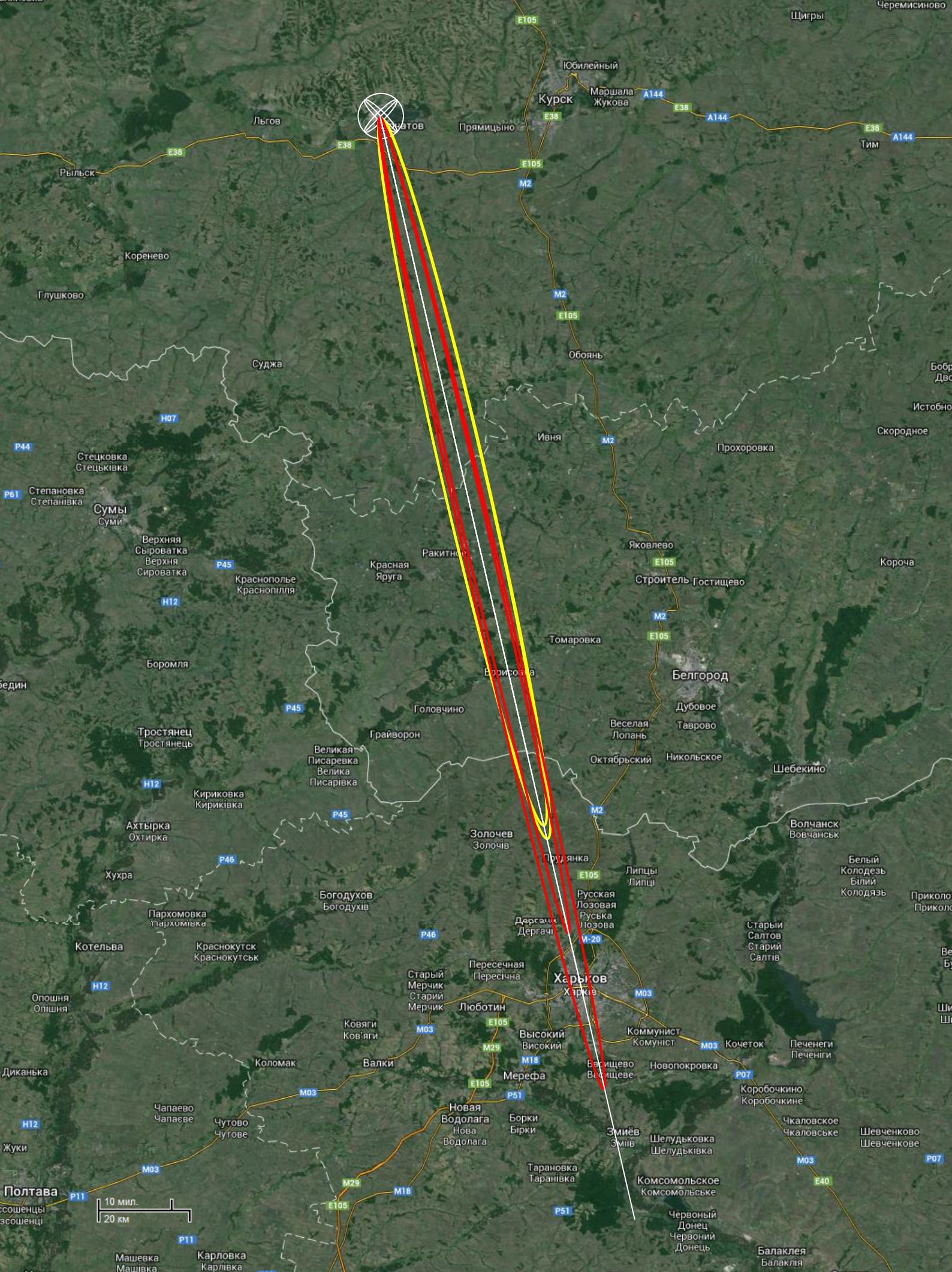


Рисунок 3 – Зони радіоактивного забруднення

Визначення розмірів зон опромінення щитовидної залози

Ця методика наведена в [5].

Зони опромінення щитовидної залози являють собою ділянки місцевості, обмежені ізолініями доз, які може отримати незахищене населення при інгаляційному надходженні РР за час проходження хмари.

Додаткова інформація: задана доза опромінення щитовидної залози при відкритому розташуванні $D_{жс}$, мЗв.

Порядок вирішення завдання

1. Визначається ступінь вертикальної стійкості атмосфери, відповідна до погодних умов і часу доби.

2. На карті (схемі) позначається положення аварійного реактора і відповідно до заданого напрямку вітру білим кольором наноситься вісь сліду радіоактивної хмари.

3. За табл. 21 Додатка 1 (Додаток А) визначається глибина прогнозованих зон опромінення щитовидної залози $L_{х жс}$, відповідна заданій дозі опромінення $D_{жс}$ з урахуванням погодних умов, типу реактора і характеру його руйнування.

У разі відсутності в таблиці заданих значень $D_{жс}$ глибина зони визначається методом лінійної інтерполяції.

4. Максимальна ширина зони (на середині довжини) визначається за формулою (1), а площа зони за формулою (2).

Постановка задачі

Визначити розміри зон опромінення, на території яких проводиться йодна профілактика дітей та дорослого населення при руйнуванні реактора РБМК - 1000 на Курській АЕС з викидом РР в атмосферу.

Рішення

За табл. 1 Додатку 4 (Додаток А) знаходимо, що верхні критеріальні значення дози опромінення щитовидної залози, при якій потрібно проводити йодну профілактику, складають:

- для дорослих - 500 мЗв;
- для дітей - 250 мЗв.

За табл. 21 Додатку 1 (Додаток А) визначаємо розміри зон опромінення щитовидної залози для дітей та дорослого населення.

Отримані результати зводимо в табл. 4.

Таблиця 4 - Розміри зон радіоактивного опромінення щитовидної залози при руйнуванні реактора РБМК-1000, км

Доза, мГр	Категорія населення	Розміри зон	Конвекція			Ізотермія			Інверсія		
			Швидкість вітру, м/с								
			≤2	3	4	≤2	5	≥7	≤2	3	4
250	Діти	Lx, км	165	140	115	210	240	270	200	235	255
		Ly, км	33	28	25	12,6	14,4	16,2	6	7	7,6
500	Дорослі	Lx, км	50	40	27	130	150	140	135	180	170
		Ly, км	10	8	5,4	7,8	9	8,4	4	5,4	5,1

З аналізу даних таблиці 4, робимо висновок, що найбільш негативні результати отримуються для інверсії, та ізотермії при швидкостях вітру 3-5 м/с, які загалом вірогідні для міста Харкова. Для більшої наочності ці зони наведені на карті (рис. 4).

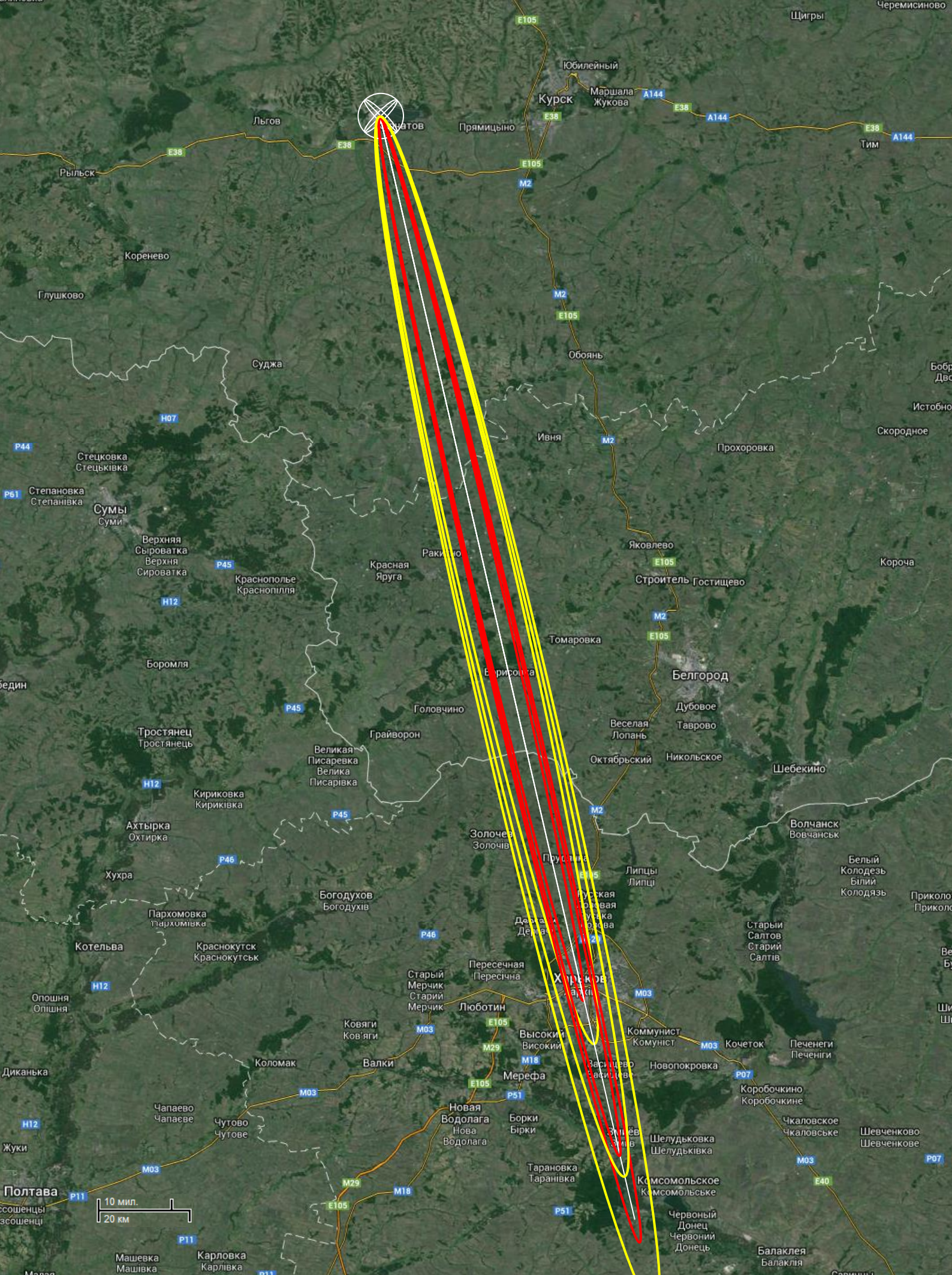


Рисунок 4 – Зони опромінення щитовидної залози

ВИСНОВКИ

Атомна енергетика відіграє важливу роль у сучасному енерговиробництві - доля вироблення електроенергії на АЕС у світі знаходиться на рівні 16 %. Завдяки АЕС стало можливим скоротити об'єм викидів CO₂ в атмосферу. Наприклад, робота європейських атомних станцій дозволяє щорічно скоротити емісію вуглекислого газу на 700 млн. тонн.

За оптимістичним прогнозом МАГАТЕ кількість атомних енергоблоків до 2050 року може сягнути 748, а їхня потужність подвоїться у порівнянні з 2017 роком, досягнувши позначки у 800 ГВт. «Треба пам'ятати, що атомна енергетика у змозі забезпечувати не лише економічно ефективне виробництво електроенергії, але й бути джерелом небезпеки для населення планети.

При нормальній експлуатації АЕС радіоактивні продукти поділу ядерного палива, що накопичуються в реакторі, практично не потрапляють в навколишнє середовище в кількостях, що перевищують гранично допустимі значення.

Однак існує потенційна небезпека аварійного викиду радіоактивних речовин (РР), у тому числі в результаті руйнування реактора, наслідки якого можуть привести до радіаційних уражень персоналу АЕС і населення.

Проведення оцінки радіаційної безпеки у разі виникнення надзвичайної ситуації при руйнуванні Курської АЕС на території Росії (держави з якою Україна має спільний кордон на сході) з викидом радіоактивних речовин в атмосферу дозволяє зробити висновок про те, що в м. Харкові ймовірно доведеться виконувати укриття населення та евакуацію дітей і вагітних жінок, а також проводити йодну профілактику дітей.

Результати конкурсної роботи впроваджені в навчальний процес вищого навчального закладу, а також доповідались на науково-технічних конференціях та оприлюднені в їх матеріалах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ірина Головка Підготовка до зняття з експлуатації діючих АЕС України: прогрес та виклики <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/12/Atom-2018-A4-web-v21.pdf>
2. Асоціація «Український ядерний форум» — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.atomforum.org.ua/activity/2019/reportazh_yaderno_enerhetychna_haluz_harant_staloho_rozvytku_ekonomiky_ta_suspilstva
3. Курская атомная станция. Отчет по экологической безопасности за 2018 год. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/065/065f8cb0fc23dc71beba1c2327a53c91.pdf>
4. <http://kharkiv.meteo.gov.ua/klimat-kharkova/>
5. Радиационная и химическая безопасность населения / Монография / В.А. Владимиров, В.И. Измалков, А.В. Измалков; МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2005. — 544 с.
6. Чернявка В. С., Биценко Д. П. *Забезпечення заходів з радіаційної безпеки у м. Харкові при руйнуванні реактора РБМК - 1000 на Курській АЕС // Збірник статей і тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів молодих вчених «Сучасні методи проектування, випробування і експлуатації будівельних, дорожніх і підйомно-транспортних, машин». (м. Харків 12 листопада 2020 р.) Випуск 7 Харків: ХНАДУ. 2020. -с. 246-250.*

ДОДАТОК А

ДОВІДКОВІ ДАННІ

Наведені таблиці використовуються в [5]. Нумерація таблиць наведена такою, що використовується в [5].

Таблиця 1 Додаток 4 - Критерії для прийняття рішень на ранній фазі після руйнування АЕС, мГр

Захисні заходи	Все тіло		Окремі органи	
	нижній рівень	верхній рівень	нижній рівень	верхній рівень
Укриття, захист органів дихання і шкірних покривів	5	50	50	500
Йодна профілактика:				
дорослі	-	-	50 *	50 *
діти, вагітні жінки	-	-	500 *	250 *
евакуація:				
дорослі	50	500	500	5000
діти, вагітні жінки	10	50	200 *	500 *

* Тільки для щитовидної залози.

Таблиця 1 Додаток 1 - Значення коефіцієнта а для різних ступенів вертикальної стійкості атмосфери

Коефіцієнт	Конвекція	Ізотермія	Інверсія
а	0,20	0,06	0,03

Таблиця 2 Додаток 1 - Значення коефіцієнта α для різних ступенів вертикальної стійкості атмосфери

Коефіцієнт	Конвекція	Ізотермія	Інверсія
α	0,23	0,20	0,09

Таблиця 3 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (конвекція, швидкість вітру $V_0 \leq 2$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	8	19	31	50	80	122	185	240				
10	7	14	25	37	55	85	120	160	270			
50	4	8	11	15	20	30	45	55	90	110	125	230
100	3	6	8	10	13	18	26	32	50	62	72	147
250		3	4	6	7	10	13	16	24	30	35	70
500			3	4	5	6	8	10	14	18	20	40
750				3	4	5	6	7	9	10	12	28
1000					3	4	5	6	8	9	10	22
2000							3	4	5	6	7	13
3000								3	4	4,5	5	10

Таблиця 4 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (конвекція, швидкість вітру $V_0=3$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	10	20	33	48	70	110	160	200	300			
10	8	16	22	35	50	72	100	123	190	280		
50	4	7	10	13	18	24	33	40	56	80	90	160
100	3	5	6	8	11	14	20	25	34	45	50	95
250			4	5	6	7	10	12	16	22	26	47
500				3	4	5	6	8	10	13	15	26
750					3	4	5	6	7	10	11	19
1000							4	5	6	8	9	15
2000								3	4	5	6	9
3000									3	4	7	10

Таблиця 5 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (конвекція, швидкість вітру $V_0 = 4$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	12	23	32	50	68	95	120	190	300			
10	9	16	22	33	45	60	90	110	180	240		
50	4	6	8	11	15	20	26	35	50	65	100	150
100		4	5	7	9	11	15	20	27	37	57	82
250			3	4	5	6	8	10	13	18	27	40
500					3	4	5	6	8	10	14	21
750							3	4	5	7	11	16
1000								3	4	6	8	12
2000										3	5	7
3000											4	5
5000												3

Таблиця 6 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (ізотермія, швидкість вітру $V_0 \leq 2$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	10	28	55	95	142	200	280					
10	9	26	47	80	120	160	225	270				
50	8	19	30	47	69	90	115	140	200	230	240	
100	6	15	24	35	50	65	85	102	140	160	180	250
250	3	10	16	22	33	42	53	67	92	100	110	170
500		5	10	14	20	27	35	45	60	70	80	110
750			6	10	15	20	28	36	50	60	66	100
1000			3	7	11	16	22	28	40	47	54	85
2000					4	8	13	18	26	32	37	60
3000						3	8	12	18	23	27	47

Таблиця 7 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (ізотермия, швидкість вітру $V_0 = 5$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	21	55	95	150	230	300						
10	19	45	75	118	170	240	300					
50	10	23	35	47	70	95	135	163	240	300		
100	6	14	22	30	45	60	90	105	150	200	220	
250		5	10	15	22	30	46	56	80	100	120	220
500			3	6	10	16	24	30	45	60	70	130
750					6	10	16	21	32	43	50	95
1000							6	12	16	25	40	80
2000							3	7	12	18	21	45
3000									6	10	12	30

Таблиця 8 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (ізотермия, швидкість вітру $V_0 \geq 7$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	26	65	110	170	260							
10	22	50	80	120	180	250						
50	10	20	30	45	65	90	120	160	230	300		
100	5	11	18	26	37	50	80	100	140	180	210	
250		3	7	10	16	23	35	47	65	90	100	200
500				3	6	10	18	25	35	50	60	120
750					3	6	11	16	23	33	40	90
1000						3	8	10	16	24	30	70
2000								3	7	11	15	37
3000									3	6	9	24

Таблиця 9 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (інверсія, швидкість вітру $V_0 \leq 2$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	22	60	95	140	170	190	230	250	290			
10	20	53	85	120	150	170	195	210	242	262	275	
50	14	37	55	70	90	105	125	140	165	180	195	235
100	10	27	40	53	70	80	100	115	137	155	160	200
250	4	14	23	33	45	56	70	85	100	110	120	160
500		4	10	20	29	37	50	60	75	87	93	125
750			5	12	20	28	40	49	63	73	80	110
1000				7	13	21	32	40	53	64	70	100
2000						6	15	22	34	43	47	75
3000							7	13	23	33	37	62

Таблиця 10 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (інверсія, швидкість вітру $V_0 = 3$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	30	80	120	180	235	280						
10	28	70	100	150	190	235	280					
50	18	40	57	77	100	120	150	185	220	250	275	
100	10	27	42	55	72	90	110	140	165	195	215	290
250		12	20	30	43	53	75	95	110	130	140	210
500			6	14	23	31	46	60	77	95	105	160
750				6	13	22	35	45	60	77	88	130
1000					7	14	26	35	48	62	70	115
2000							8	16	26	36	43	80
3000								6	15	24	30	60

Таблиця 11 Додаток 1 - Глибина зони радіоактивного забруднення місцевості при руйнуванні РБМК-1000, км (інверсія, швидкість вітру $V_0 = 4$ м/с)

Доза, мЗв	Час формування заданої дози зовнішнього гамма-опромінення, t_f											
	години					доба				місяці		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	36	95	165	240	300							
10	33	75	120	175	230	290						
50	19	37	55	80	105	125	170	220	260			
100	10	24	35	50	70	90	120	145	180	230	250	
250		6	14	24	36	49	67	85	105	130	150	235
500				7	16	25	38	50	65	90	100	180
750					5	14	24	35	47	65	73	130
1000						5	14	24	35	50	60	100
2000								5	14	24	32	65
3000									3	12	20	47

Таблиця 21 Додаток 1 - Глибина зон радіоактивного опромінення щитовидної залози при руйнуванні реактора РБМК-1000, км

Доза, мГр	Категорія населення	Конвекція			Ізотермія			Інверсія		
		Швидкість вітру, м/с								
		≤2	3	4	≤2	5	≥7	≤2	3	4
50	Дорослі	200	180	160	245	280	>300	230	260	290
	Діти	290	260	230	>300	>300	>300	>260	>300	>300
200	Дорослі	105	88	64	175	195	210	170	200	220
	Діти	185	160	135	230	260	290	210	240	270
250	Дорослі	90	69	51	160	185	195	160	190	205
	Діти	165	140	115	210	240	270	200	235	255
500	Дорослі	50	40	27	130	150	140	135	180	170
	Діти	110	99	66	175	200	220	175	200	210
2500	Дорослі	14	11	9	60	48	40	77	85	87
	Діти	33	25	19	105	115	100	120	135	140
5000	Дорослі	10	8	6	40	30	23	60	57	57
	Діти	19	14	11	75	65	55	90	100	105