

*Otwarta Spółka Akcyjna „Kijowski Instytut Naukowo-Badawczy Projektowania i Inżynierii
ENERGOPROEKT”*

PRZEDSIĘBIORSTWO PAŃSTWOWE
„PAŃSTWOWA SPÓŁKA ENERGII JĄDROWEJ
»ENERGOATOM«- OP »ATOMPROEKTENGINEERING«”

BUDOWA BLOKÓW ENERGETYCZNYCH NR 3,4 CHMIELNICKIEJ ELEKTROWNI JĄDROWEJ

STUDIUM WYKONALNOŚCI

TOM 13, 14

Ocena oddziaływania na środowisko (OOŚ)

**Ocena konsekwencji rozprzestrzeniania
transgranicznego w warunkach normalnych
i podczas zdarzeń radiacyjnych**

Główny inżynier

Chernavskiy V.N.

Zastępca głównego inżyniera

Bajbuzenko T.J.

Główny projektant

Bakhanovich A.L.

2016

Spis treści

Wstęp.....	3
1 ROZPRZESTRZENIANIE TRANSGRANICZNE PODCZAS NORMALNEJ EKSPLOATACJI CEJ .5	
2 TRANSPORT TRANSGRANICZNY PODCZAS AWARII	7
2.1 Uzasadnienie wyboru modelu matematycznego rozprzestrzeniania radionuklidów w powietrzu	7
2.2 Wybór typowych scenariuszy meteorologicznych rozprzestrzeniania wyrzutu substancji promieniotwórczych przez powietrze.....	8
2.3 Metodologia szacowania dawki promieniowania dla populacji	10
2.4 Kryteria oceny skażenia promieniotwórczego	11
2.5 Wyniki modelowania rozprzestrzeniania emisji na skutek zdarzeń radiacyjnych w CEJ	11
2.5.1 Maksymalna awaria projektowa.....	12
2.5.2 Awaria ponadprojektowa.....	17
2.6 Ocena konsekwencji awarii na terytorium państw sąsiednich	19
Wnioski	22
Skróty	23
Normy referencyjne i literatura	24
Załącznik A (obowiązkowy) Wyniki obliczeń dla rozprzestrzeniania transgranicznego radionuklidów podczas awarii	25

Wstęp

Studium wykonalności budowy bloków nr 3 i 4 Chmielniczej Elektrowni Jądrowej zostało zatwierdzone rozporządzeniem Gabinetu Ministrów Ukrainy z dnia 4 lipca 2012 r. nr 498-r.

Korekta studium wykonalności została wykonana zgodnie z Zadaniem na projektowanie do umowy nr 431603 z dnia 28 stycznia 2016 r. między OP „Atomproektengineering” i NAEK „Energoatom” i PAO KIEP.

Zgodnie z Zadaniem na projektowanie korekta studium wykonalności została wykonana w związku z:

- wymianą typu instalacji reaktorowej WWER-1000/W-392 na WWER-1000 produkcji „SKODA JS a.s.” zgodnie z rozwiązaniem koncepcyjnym nr KR.46.001-14 z dnia 20.20.2014 (już w oryginale błąd w dacie- przypis tłumacza) „Budowa bloków energetycznych nr 3 i 4 Chmielniczej Elektrowni Jądrowej. Techniczne rozwiązania koncepcyjne” i Wymaganiami technicznymi dla instalacji reaktorowej WWER-1000 „Skoda JS a.s.” NR TT.46.003-15;

- koniecznością realizacji działań w celu poprawy bezpieczeństwa, przewidzianych w „Kompleksowym programie poprawy bezpieczeństwa i niezawodności istniejących elektrowni jądrowych Ukrainy” i „Dodatkowymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa do projektów nowych bloków energetycznych elektrowni jądrowych” (załącznik nr 15 do TT.46.003-15);

- koniecznością realizacji postanowień aktów prawnych i dokumentów normatywnych, zmienionych lub wprowadzonych w życie po zatwierdzeniu studium wykonalności.

Rozwiązania techniczne, które nie są związane z określonymi zmianami, pozostają zgodne z zatwierdzonym studium wykonalności dla wszystkich obiektów i budowli kompleksu bloków energetycznych nr 3 i 4 Chmielniczej Elektrowni Jądrowej.

Korekta studium wykonalności zgodnie z „Procedurą opracowania dokumentacji projektowej na budowę obiektów” została wykonana poprzez wprowadzenie zmian do materiałów zatwierdzonego studium wykonalności.

Niniejsza część 14 tomu 13 „Sprawozdanie z oceny oddziaływania na środowisko” (OOŚ) opracowano zgodnie z wymogami sekcji 2.8, 2.26 i 2.34 dokumentu „Ocena oddziaływania planowanej działalności na środowisko człowieka” DBN (Państwowe Normy Budowlane) A.2.2-1-2003 [1] oraz zgodnie z konwencją międzynarodową [2].

Część 14 zawiera:

- ocenę rozprzestrzeniania transgranicznego wyrzutu gazów i aerozoli promieniotwórczych z elektrowni podczas normalnej eksploatacji;
- ocenę rozprzestrzeniania transgranicznego wyrzutu substancji promieniotwórczych z elektrowni podczas awarii.

Dokumenty zawarte w niniejszej części opracowano na podstawie wyników modelowania przenoszenia zanieczyszczeń drogą powietrzną i obliczeń indywidualnej dawki promieniowania dla referencyjnej grupy mieszkańców.

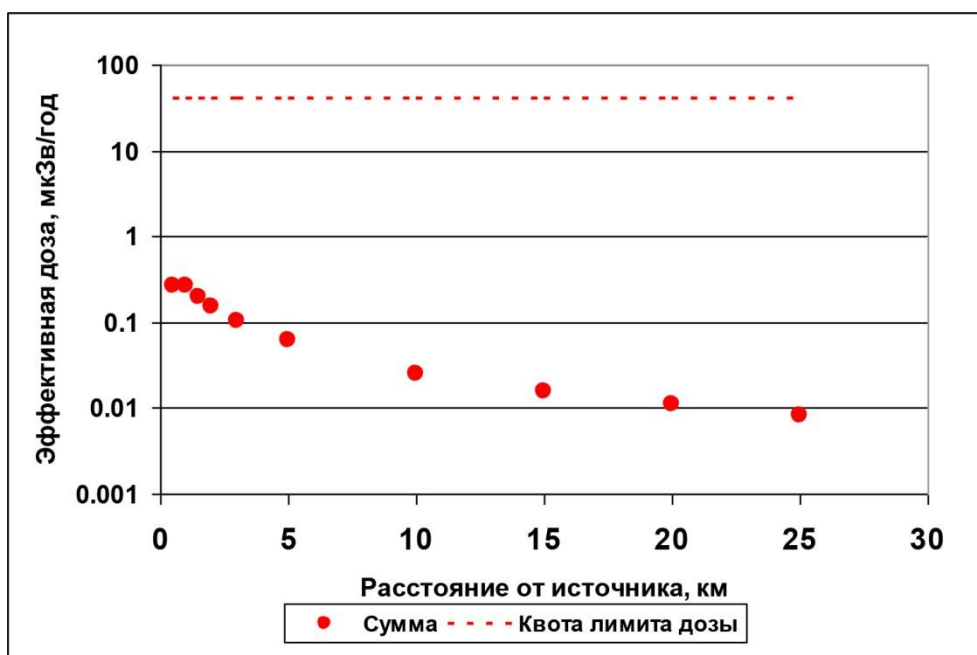
Awaria elektrowni jądrowej w Czarnobylu w 1986 r. pokazała, że w warunkach awarii z zagrożeniem poza obiektem substancje promieniotwórcze w powietrzu mogą rozprzestrzenić się na odległość setek i tysięcy kilometrów, powodując skażenie promieniotwórcze powietrza i gruntu w dużej odległości od źródła emisji. Według standardów bezpieczeństwa radiologicznego na Ukrainie – 97 (NRBU-97) [3] awarie z zagrożeniem poza obiektem dzieli się na lokalne, regionalne i globalne. Szczególnym rodzajem globalnych awarii radiacyjnych są awarie transgraniczne, których strefa oddziaływania wykracza poza granice państwa. Chmielnicza Elektrownia Jądrowa i Elektrownia Jądrowa Równe położone są najbliżej granicy państwowej Ukrainy, i z tego powodu stanowią największe zagrożenie, jeżeli chodzi o możliwość skażenia promieniotwórczego sąsiednich krajów – przede wszystkim Białorusi i Polski.

Celem następującej części niniejszego dokumentu jest ocena rozprzestrzeniania transgranicznego wyrzutu substancji promieniotwórczych w przypadku awarii radiacyjnej w CEJ. Do przeprowadzenia tych oszacowań wybrano modelowanie matematyczne dyspersji gazów i aerozoli emitowanych podczas normalnej eksploatacji elektrowni jądrowej i podczas awarii, oraz metodę pola wymiarowego skażenia do oszacowania dawki promieniowania dla mieszkańców.

1 ROZPRZESTRZENIANIE TRANSGRANICZNE PODCZAS NORMALNEJ EKSPLOATACJI CEJ

Aby poprawnie obliczyć rozprzestrzenianie transgraniczne radionuklidów wyrzutu AEC potrzebne są średnie roczne informacje meteorologiczne dotyczące całego interesującego terenu (profile temperatury powietrza, prędkości i kierunku wiatru na różnych wysokościach, zmiana tych wskaźników w przestrzeni). Takich informacji nie ma. Nawet w przypadku, gdyby te informacje były samo obliczenie jest dość skomplikowane i pracochłonne.

Do oceny znaczenia radiologicznego rozprzestrzeniania transgranicznego podczas normalnej eksploatacji elektrowni proponujemy wykorzystać wyniki obliczeń rozprzestrzeniania wyrzuconych gazów i aerozoli dla OKR CEJ (zob. część 11 niniejszego SW) otrzymane z modelu dyspersji Gaussa [11]. Obliczenia te prowadzone są z uwzględnieniem rzeczywistych danych meteorologicznych na obszarze lokalizacji elektrowni (częstotliwości zmian kategorii stabilności atmosfery, średnich prędkości wiatru dla tych kategorii oraz zakresu róży wiatrów) i z zachowaniem zapasu. Stopień skażenia terenu radionuklidami szybko spada w miarę oddalania się od źródła, co prowadzi do zmniejszenia dawki promieniowania dla mieszkańców (rys. 1.1). Dawka promieniowania dla mieszkańców nie przekracza limitów nawet w strefie ochrony sanitarnej. Oznacza to, że nawet gdyby elektrownia była położona na samej granicy, limit dawki promieniowania dla mieszkańców sąsiednich państw nie zostałby przekroczony (dla większości państw europejskich jest on wyższy niż na Ukrainie i wynosi 200 $\mu\text{Sv/h}$).



Rysunek 1.1 – Zależność dawki promieniowania dla referencyjnej grupy mieszkańców od wyrzutu gazów i aerozoli ze źródła (normalna eksploatacja)

Текст	Тлумачение
Эффективная доза, мкЗв/год	Dawka efektywna, $\mu\text{Sv/h}$
Расстояние от источника, км	Odległość od źródła, km
Сумма	Razem
Квота лимита дозы	Limit dawki

Spowodowane wyrzutem gazów i aerozoli skażenie promieniotwórcze na dużą odległość, poza obszarem kontroli radiologicznej CEJ, nie może być większe niż skażenie na granicy tego obszaru, z następujących przyczyn natury fizycznej:

- Wyrzut gazów i aerozoli zdarza się regularnie, a wpływ krótkotrwałych warunków pogodowych, które sprzyjają transportowi na duże odległości, w kategoriach średniego rozprzestrzeniania rocznego nie ma znaczenia;

- W naturze nie występuje zjawisko odwrotnej dyfuzji (proces rozcieńczania zanieczyszczeń jest nieodwracalny, dopóki istnieje gradient stężeń);

- Aktywność radionuklidu z czasem spada na skutek rozpadu promieniotwórczego. Najbliższa granica państwowa znajduje się w odległości około 150 km od CEJ i przy założeniu prędkości wiatru 3 m/s i jego liniowej trajektorii (co w naturze nie zachodzi) czas dotarcia chmury do granicy wynosi około 14 godzin. W tym czasie aktywność radionuklidu charakteryzującego się 1,4-godzinnym czasem połowicznego rozpadu spadnie 1000 razy;

- Podczas ruchu chmury radioaktywnej następuje jej zmniejszanie na skutek grawitacyjnego osiadania radionuklidu i jego wymywania poprzez opady.

Biorąc pod uwagę powyższe, można z pewnością stwierdzić, że wpływ promieniowania na państwa sąsiednie podczas normalnej eksploatacji CEJ będzie znacznie mniejszy niż ustalone limity dawek, a zatem mniejszy niż efektywna roczna dawka na mieszkańca wynosząca 1 μ Sv.

2 TRANSPORT TRANSGRANICZNY PODCZAS AWARII

2.1 Uzasadnienie wyboru modelu matematycznego rozprzestrzeniania radionuklidów w powietrzu

Modele matematyczne rozprzestrzeniania radionuklidów podczas przypadkowego wyrzutu do atmosfery można podzielić na dwie główne kategorie [4]:

- a) Skala przestrzenna problemu, definiowana poprzez klasę awarii;
- b) Szczegółowy opis fizycznych procesów rozprzestrzeniania nuklidów i związany z nimi poziom złożoności zastosowanych algorytmów matematycznych.

Do obliczania rozprzestrzeniania się w powietrzu wyrzuconych substancji promieniotwórczych stosuje się szeroki wachlarz metod: od najprostszych, służących do obliczania trajektorii chmury radioaktywnej i umożliwiających ocenę kierunku rozprzestrzeniania się substancji wyrzuconych i półilościowe oszacowanie skutków [5] po numeryczne trójwymiarowe modele dyfuzji burzliwej [6].

W najbliższej strefie, w której znajduje się źródło emisji (na skalę lokalną) oszacowania skażenia powietrza przy powierzchni gruntu oraz gruntu przeprowadza się głównie za pomocą stosowanej przez MAEA metody smugi Gaussa [7]. Należy tu jednak podkreślić, że według rekomendacji MAEA model ten można stosować dla odległości do 10 km od źródła (w zależności od rzeźby terenu). Zakres jego zastosowania jest ograniczony przestrzennie, ponieważ w modelu zakłada się stacjonarność i horyzontalną jednorodność warunków meteorologicznych, stacjonarność źródła emisji (trwanie ciągle lub skończone) oraz horyzontalną jednorodność powierzchni. Określenie dokładnego zakresu stosowalności modelu w tym regionie (dla odległości 20–30 km) wymaga specjalnych badań dodatkowych, które potwierdziłyby taką możliwość, oraz zatwierdzenia przez organy regulacyjne. A zatem w przypadku dużych awarii radiacyjnych, mogących potencjalnie prowadzić do skażenia promieniotwórczego na terytorium leżącym poza obszarem kontroli radiologicznej CEJ, model MAEA nie jest odpowiedni.

Do opisu przenoszenia skażenia na duże odległości (rzędu tysiąca i więcej kilometrów) stosuje się głównie metody uproszczone, za pomocą których można uzyskać uśrednione charakterystyki skażenia powietrza na danym terenie.

W badanym obszarze procesami przejściowymi sprawiającymi największe trudności przy modelowaniu są procesy dyfuzji skażenia na odległości rzędu setek i tysięcy kilometrów, czyli na dystansach, gdzie nie przeprowadza się pomiarów synoptycznych powietrza, ale można jednocześnie zaobserwować wszelkiego rodzaju szczególne zjawiska meteorologiczne.

Związane jest to z faktem, że w modelu mezosiatkowym należy uwzględnić dzienną zmienność turbulencji w warstwie granicznej, niejednorodność orograficzną i termiczną powierzchni leżącej poniżej itp. Problemem jest pogodzenie potrzeby uzyskania szczegółowego i poprawnego opisu najważniejszych procesów fizycznych określających przenoszenie i osiadanie skażeń na takich obszarach z koniecznością osiągnięcia rozsądnego kompromisu związanego z możliwościami obliczeniowymi.

Ze względu na to, że CEJ jest położona w odległości 160 km od granicy z Białorusią i około 190 km od granicy polskiej, do obliczenia rozprzestrzeniania transgranicznego substancji promieniotwórczych wyrzuconych z CEJ najlepszym wyborem będzie mezosiatkowy model rozprzestrzeniania atmosferycznego. Przeprowadzono zatem względne oszacowania przy użyciu mezosiatkowego modelu dyfuzji Lagrange'a-Eulera (LEDI) rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w atmosferze [8]. Model ten opracowano w celu obliczania rozprzestrzeniania zanieczyszczeń na odległości do 1000 km z „punktowego” źródła wyrzutu gazów i aerozoli o efektywnej wysokości emisji od 0 do 1500 m. Zastosowano go do rekonstrukcji dynamiki skażenia radioaktywnego na terytorium Ukrainy radionuklidami ^{137}Cs [9] oraz ^{131}I [10] w pierwszym okresie po awarii elektrowni w Czarnobylu.

W ramach modelu uwzględnia się następujące informacje:

- niestacjonarność (jako skutek dziennych zmian charakterystyki warstwy granicznej i zmian pogody);
- niejednorodność przestrzenną charakterystyk meteorologicznych atmosfery;
- różne rodzaje źródeł w zależności od czasu trwania emisji (potok, emisja ograniczona czasowo, emisja ciągła), składu fazowego (gaz, aerozol) i składu izotopowego;
- niejednorodność horyzontalna leżącej poniżej powierzchni.

Wyrzut do powietrza modeluje się jako sekwencję emisji („obłoczków”) z uwzględnieniem zmienności w ilości wyrzucanych substancji oraz ich aktywności. Do opisu rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w warstwie granicznej stosuje się połączenie metod Lagrange'a i Eulera. Sposób ten pozwala na uwzględnienie w sposób poprawny z fizycznego punktu widzenia głównych czynników determinujących transport zanieczyszczeń przy relatywnie niewielkim nakładzie czasu obliczeniowego. Trójwymiarowy problem obliczenia rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w warstwie granicznej atmosfery dzieli się na trzy składowe:

- obliczanie trajektorii horyzontalnej rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia na podstawie metody Lagrange'a, w której rozpatruje się cząstki;
- obliczanie wertykalnego profilu stężenia zanieczyszczenia w punktach węzłowych trajektorii horyzontalnej za pomocą jednowymiarowego półempirycznego równania dyfuzji burzliwej;
- przyjmuje się, że zanieczyszczenia zazwyczaj rozprzestrzeniają się w kierunku przeciwnym, a ich dyspersję przedstawia się w postaci funkcji sparametryzowanej, będącej sumą wkładów horyzontalnej dyfuzji burzliwej oraz ekspansji strumienia zanieczyszczenia, z uwzględnieniem oddziaływania zmian kierunku wiatru na skutek turbulencji w warstwie granicznej.

Model ten umożliwia obliczenie rozprzestrzeniania i osiadania zanieczyszczenia radioaktywnego dla poziomej powierzchni poniżej, jak również w warunkach niejednorodności tej powierzchni, w szczególności przy uwzględnieniu średnio zróżnicowanej rzeźby terenu i niejednorodnej pokrywy roślinnej na tym terenie.

W modelu tym oblicza się zależność chwilowego stężenia zanieczyszczenia w powietrzu od czasu, całkę po czasie tych stężeń oraz gęstość osiadania zanieczyszczenia na powierzchni podczas przechodzenia chmury lub śladu radioaktywnego nad danym punktem.

2.2 Wybór typowych scenariuszy meteorologicznych rozprzestrzeniania wyrzutu substancji promieniotwórczych przez powietrze

Decydującą rolę w tworzeniu się obszarów skażenia radioaktywnego w powietrzu i na powierzchni poniżej pełnią warunki meteorologiczne dla rozprzestrzeniania w powietrzu substancji wyrzuconych. Ponieważ czas dotarcia substancji emitowanych z CEJ do granic Polski i Białorusi wynosi około pół dnia, ważną rolę gra dynamika czasowa parametrów meteorologicznych dla takiego właśnie okresu, warunkowana dzienną charakterystyką granicznej warstwy atmosfery oraz

zmianą pogody w skali synoptycznej. A zatem najbardziej sensownym sposobem wyboru scenariuszy meteorologicznego rozprzestrzeniania emisji substancji promieniotwórczych w powietrzu nie jest rozpatrywanie sztucznych scenariuszy „skrajnie zachowawczych” (na przykład tym bardziej nierealistycznego założenia o stałości wiatru podczas całego okresu rozprzestrzeniania), lecz wykorzystanie rzeczywistych danych pochodzących z pomiarów charakterystyk atmosfery. Ponieważ do modelowania rozprzestrzeniania na odległościach w mezoskali potrzebne są informacje na temat charakterystyki atmosfery w warstwie do wysokości 2–3 km, wykorzystano dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym, prowadzonego przez Służbę Hydrometeorologiczną Ukrainy. Wybrano trzy typowe sytuacje meteorologiczne, w których może zajść znaczne przeniesienie radioaktywności przez granicę w kierunku Polski i Białorusi.

Scenariusz meteorologiczny nr 1. Wykorzystano dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym (pionowe profile prędkości i kierunku wiatru oraz temperatura powietrza w warstwie do 3 km) przeprowadzonego w dniach 10–12 lutego 1984 r. przez najbliższą stację aerologiczną w Szepetówce (położoną w odległości 35 km na południowy wschód od CEJ). W tym czasie zaobserwowano wiatr ze wschodu wiejący z prędkością od 5 do 6 m/s na wysokości 1 km, będący efektem działania skraju cyklonu południowego. W tym scenariuszu nie przewiduje się opadów atmosferycznych na całym terytorium rozprzestrzeniania się emisji.

Scenariusz meteorologiczny nr 1A. Wykorzystano te same dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym, co w scenariuszu nr 1. Tutaj jednak założono możliwość wystąpienia opadu (śniegu) o intensywności 0,5 mm/h. Opady o takiej intensywności faktycznie zaobserwowano w podanym okresie w wielu stacjach meteorologicznych na badanym terenie. W tym scenariuszu meteorologicznym założono, że obszar opadów atmosferycznych o takiej intensywności rozciąga się na terytorium Białorusi bezpośrednio przy granicy ukraińskiej w okresie, w którym trafia tam emisja radioaktywna z CEJ, tzn. w okresie, w którym substancje promieniotwórcze docierają na terytorium Białorusi. Wybrano taki scenariusz meteorologiczny, biorąc pod uwagę znaczącą rolę substancji promieniotwórczych wymywanych z atmosfery przez opady atmosferyczne oraz w konsekwencji ich wkład do gęstości opadów promieniotwórczych. W scenariuszu tym brak opadów atmosferycznych na całym terytorium Ukrainy, co gwarantuje w ramach tego scenariusza emisji najwyższą gęstość opadów na terytorium Białorusi.

Scenariusz meteorologiczny nr 2. Wykorzystano dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym z 26–27 listopada 1982 r. Warunki pogodowe uformowały się pod wpływem antycyklonu mającego centrum na wschodzie, który spowodował powstanie południowego wiatru o prędkości 3–5 m/s w pobliżu powierzchni gruntu i 7–9 m/s na wysokości 1 km. Brak opadów atmosferycznych na całym obszarze rozprzestrzeniania się substancji emitowanych.

Scenariusz meteorologiczny nr 2A. Wykorzystano te same dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym, co w scenariuszu nr 2. W niniejszym scenariuszu założono, że w okresie, w którym emitowane substancje promieniotwórcze dotrą na terytorium Polski, zacznie padać śnieg z intensywnością 0,5 mm/h.

Scenariusz meteorologiczny nr 3. W przeciwieństwie do poprzednich scenariuszy, typowych dla pory chłodnej, w scenariuszu meteorologicznym nr 3 warunki pogodowe charakteryzują się dużymi turbulencjami w granicznej warstwie atmosfery w ciągu dnia (dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym w dniach 6–9 maja 1986 r.). Wschodni lekki wiatr (o prędkości 2–5 m/s w warstwie do 1 km) zmienia kierunek podczas rozprzestrzeniania się hipotetycznego wyrzutu na południowo-wschodni, a następnie na północno-wschodni. Brak opadów atmosferycznych na całym obszarze rozprzestrzeniania się substancji emitowanych.

Scenariusz meteorologiczny nr 3A. Wykorzystano te same dane z sondowania atmosfery w paśmie radiowym, co w scenariuszu nr 3. W niniejszym scenariuszu założono, że w okresie, w którym wyrzucone substancje promieniotwórcze dotrą na terytorium Polski, zacznie padać deszcz z intensywnością 0,5 mm/h. Czas trwania opadów założono na 4 godziny.

2.3 Metodologia szacowania dawki promieniowania dla populacji

Szacowanie indywidualnych dawek promieniowania dla mieszkańców jest istotną częścią systemu ochrony radiologicznej. Informacja o dawkach jest kryterium podejmowania decyzji dotyczących stosowania pewnych środków ochronnych. W niniejszym raporcie szacowane są roczne indywidualne dawki efektywne, pochłonięte różnymi drogami: drogą oddechową, na skutek promieniowania chmury radioaktywnej, z promieniowania radionuklidów osiadłych na powierzchni i z promieniowania radionuklidów znajdujących się w żywności. Grupę referencyjną populacji wybrano spośród mieszkańców obszarów wiejskich spożywających głównie żywność własnej produkcji (rolników). Oszacowanie dawki przeprowadzono dla dwóch grup wiekowych – dorosłych oraz dzieci w wieku od roku do dwóch lat. Obliczenia przeprowadzono za pomocą oprogramowania RadEnvir3.1 opracowanego wspólnie przez MAEA i Instytut Naukowo-Badawczy Ochrony Radiologicznej Akademii Nauk Technicznych Ukrainy. Do obliczeń zastosowano metody opisane w publikacjach [11, 12]. Drogę, którą radionuklid dostaje się do ciała ludzkiego, oszacowano na podstawie średniego dziennego spożycia żywności przez mieszkańców Polski [15] i Białorusi [16]. Spożycie przez dzieci otrzymano korzystając z zaleceń podanych w dokumencie [12]. Wzięto pod uwagę tylko te rodzaje żywności, które niosą ze sobą największe dawki. Spożycie podano w tabeli 2.1 poniżej.

Tabela 2.1– Pożywienie do oszacowania dawki promieniowania dla grupy referencyjnej mieszkańców

Rodzaj żywności	Polska (2007 r.)		Białoruś (2005 r.)	
	Dorośli, kg/h	Dzieci (1 rok – 2 lata), kg/h	Dorośli, kg/h	Dzieci (1 rok – 2 lata), kg/h
Mleko	73 ¹⁾	95	192 ²⁾	250
Ziemniaki	121	36	182	55
Wołowina	4	0,8	21	4,2
Wieprzowina	43,6	4,4	26	2,6
Drób	24	2,4	13	1,3

Oszacowania rozprzestrzeniania substancji promieniotwórczych w niniejszym raporcie przeprowadzono dla rzeczywistych warunków meteorologicznych. Warunki meteorologiczne opisane w scenariuszach nr 1 i 2 wystąpiły w zimie.

¹⁾ Obejmuje napoje, których podstawą jest mleko.

²⁾ Obejmuje wszystkie produkty mleczne z wyjątkiem masła

Ponieważ w tym okresie na gruntach nie prowadzi się produkcji rolnej, radionuklidy mogą dostać się do spożywanej przez mieszkańców żywności tylko w kolejnym okresie wegetacji, kiedy wnikną do roślin poprzez korzenie. Konieczność przejścia przez korzenie stanowi sama w sobie dodatkową barierę dla wnikania radionuklidu do pożywienia mieszkańców. Z punktu widzenia bezpieczeństwa radiologicznego zatem scenariusze te są preferowane. Trzeci scenariusz ma miejsce w porze wiosennej, i radionuklidy penetrują produkty rolne przede wszystkim poprzez skażenie roślin z zewnątrz drogą powietrzną podczas opadów. Powyższe szczególne warunki zostały uwzględnione przy obliczaniu dawki promieniowania dla wybranej grupy referencyjnej mieszkańców.

Do obliczenia dawki promieniowania pochodzącej od radionuklidów, które dostały się do ciała za pośrednictwem żywności, przyjęto zachowawcze założenie, że skażenie zachodzi na początku zbierania plonów, a żywność konsumowana jest natychmiast.

Przy obliczaniu dawki promieniowania pochłoniętej drogą oddechową i napromieniowania pochodzącego od chmury radioaktywnej oraz powierzchni gruntu nie zakładano żadnego okresu pobytu członków grupy referencyjnej w pomieszczeniach, lecz poczyniono zachowawcze założenie, że przebywali oni przez 24 godziny na wolnym powietrzu.

2.4 Kryteria oceny skażenia promieniotwórczego

Zasadniczym kryterium limitu promieniowania ze źródeł wytworzonych przez człowieka dla mieszkańców Europy jest indywidualna efektywna dawka graniczna (pochłonięta łącznie wszystkimi możliwymi drogami) ustalona[13] na poziomie 1 mikroSiwerta-na godzinę. Jest to również dawka graniczna dla mieszkańców obowiązująca na Ukrainie. Istnieją także dopuszczalne roczne poziomy wnikania radionuklidów do ciała ludzkiego różnymi drogami (przez powietrze, wodę, żywność). Pochodzą one od dawki granicznej.

W niniejszym sprawozdaniu szacowane są indywidualne dawki efektywne i będą one stanowić główne kryteria bezpieczeństwa dla mieszkańców podczas awarii.

2.5 Wyniki modelowania rozprzestrzeniania emisji na skutek zdarzeń radiacyjnych w CEJ

Za pomocą modelu LEDI przeprowadzono obliczenia rozprzestrzeniania atmosferycznego potencjalnej emisji substancji promieniotwórczych na skutek zdarzenia radiacyjnego w przypadku hipotetycznej awarii w CEJ, dla typowych warunków meteorologicznych. Przyjęto zachowawczo, że czas trwania emisji dla wszystkich awarii wynosi 1 godzinę. W przypadku emisji trwającej dłużej, dyspersja zanieczyszczeń będzie większa i dłużej będą one podróżować do punktu detekcji, a zatem skażenie promieniotwórcze terenu oraz dawki promieniowania będą mniejsze.

Do dalszych obliczeń wybrano następujące scenariusze typowych awarii jednego z bloków energetycznych CEJ:

- Scenariuszem maksymalnej awarii projektowej (MAP) został scenariusz obustronnego pęknięcia głównego rurociągu obiegu;
- Scenariusz awarii nadprojektowej obejmował nagłe przerwanie głównego obwodu cyrkulacji wraz z awarią systemów aktywnego chłodzenia rdzenia w nagłych wypadkach oraz systemu zraszaczy.

Dane referencyjne dotyczące aktywności wyemitowanych radionuklidów wybrano na podstawie Części nr 3 niniejszego dokumentu.

2.5.1 Maksymalna awaria projektowa

Podczas maksymalnej awarii projektowej (MAP) źródłem wyrzutu substancji radioaktywnych jest przeciek z obudowy bezpieczeństwa. Przyjęto efektywną wysokość wyrzutu równą 0 m.

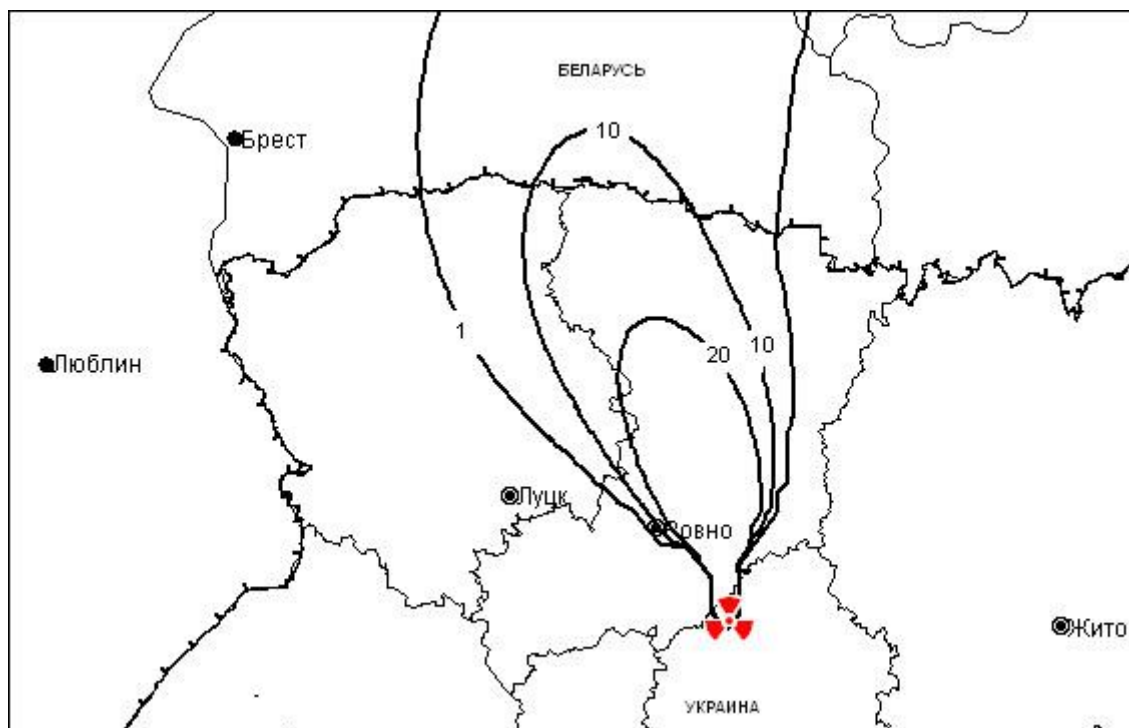
Przyjęto zachowawczo, że czas trwania emisji wynosi 1 godzinę.

W tabeli 2.2. podano użyte w obliczeniach wartości liczbowe aktywności emitowanych radionuklidów. Radionuklidy o krótkim okresie połowicznego rozpadu nie zostały uwzględnione w obliczeniach. Ich wkład do dawki całkowitej jest pomijany, ponieważ czas rozprzestrzeniania na większe odległości wystarcza do ich rozpadu.

Tabela 2.2. – Całkowity wyrzut radionuklidów podczas awarii obejmującej obustronne pęknięcie głównego rurociągu obiegu, Bq

Nuklid	Aktywność substancji wyrzuconych, Bq	Aktywność substancji wyrzuconych dla różnych związków jodu, Bq	
		I ²	Jodek metylu
¹³¹ I	-	1,89·10 ¹¹	8,68·10 ¹¹
¹³² I	-	1,55·10 ¹¹	5,09·10 ¹¹
¹³³ I	-	1,53·10 ¹¹	6,78·10 ¹¹
¹³⁵ I	-	6,1·10 ¹⁰	2,49·10 ¹¹
^{85m} Kr	3,11·10 ¹¹	-	-
⁸⁵ Kr	2,77·10 ¹¹	-	-
⁸⁸ Kr	7,80·10 ¹¹	-	-
¹³³ Xe	2,22·10 ¹³	-	-
¹³⁵ Xe	8,46·10 ¹¹	-	-
⁹⁰ Sr	1,85·10 ¹⁰	-	-
⁹⁵ Zr	4,26·10 ¹¹	-	-
⁹⁵ Nb	7,39·10 ¹¹	-	-
¹⁰³ Ru	1,52·10 ¹¹	-	-
¹⁰⁶ Ru	1,63·10 ¹⁰	-	-
¹³⁴ Cs	3,69·10 ¹⁰	-	-
¹³⁷ Cs	2,29·10 ¹⁰	-	-
¹⁴⁰ Ba	1,86·10 ¹¹	-	-
¹⁴⁰ La	2,53·10 ¹¹	-	-
¹⁴⁴ Ce	2,44·10 ¹¹	-	-

Na rys. 2.1 przedstawiono izolinie gęstości pola wyrzutu ¹³¹I podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ dla scenariusza meteorologicznego nr 1. Maksymalna gęstość opadu tego radionuklidu na terytorium Białorusi wynosiłaby około 13 Bq·m⁻². Gwiazdką przy liczbie oznaczono punkt, dla którego podano w sprawozdaniu wartość całki po czasie aktywności radionuklidu na jednostkę objętości oraz gęstość opadów promieniotwórczych, oraz oszacowano indywidualne dawki efektywne. Łączne indywidualne dawki promieniowania dla referencyjnych grup populacji w tym punkcie (tabela A.1), oszacowane zachowawczo, wynoszą dla dorosłych 0,13 mikrosiwerta na godzinę, a dla dzieci – 0,12 mikrosiwerta na godzinę.

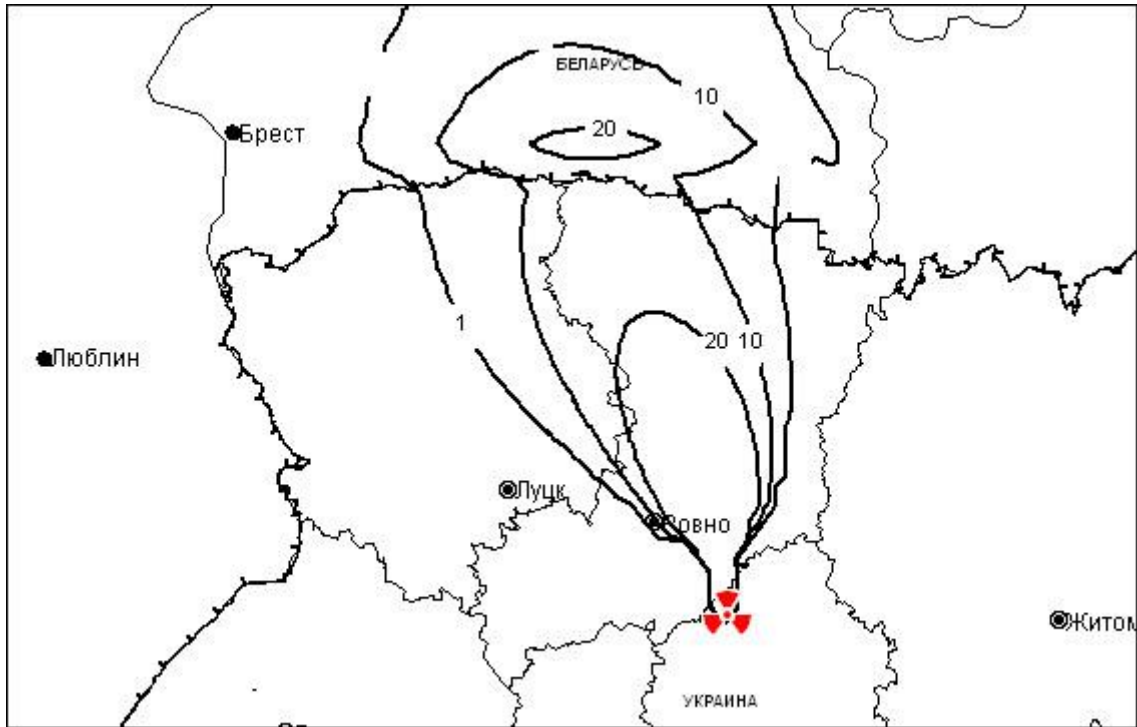


Rysunek 2.1 – Izolinie gęstości pola opadów ^{131}I ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ (scenariusz meteorologiczny nr 1)

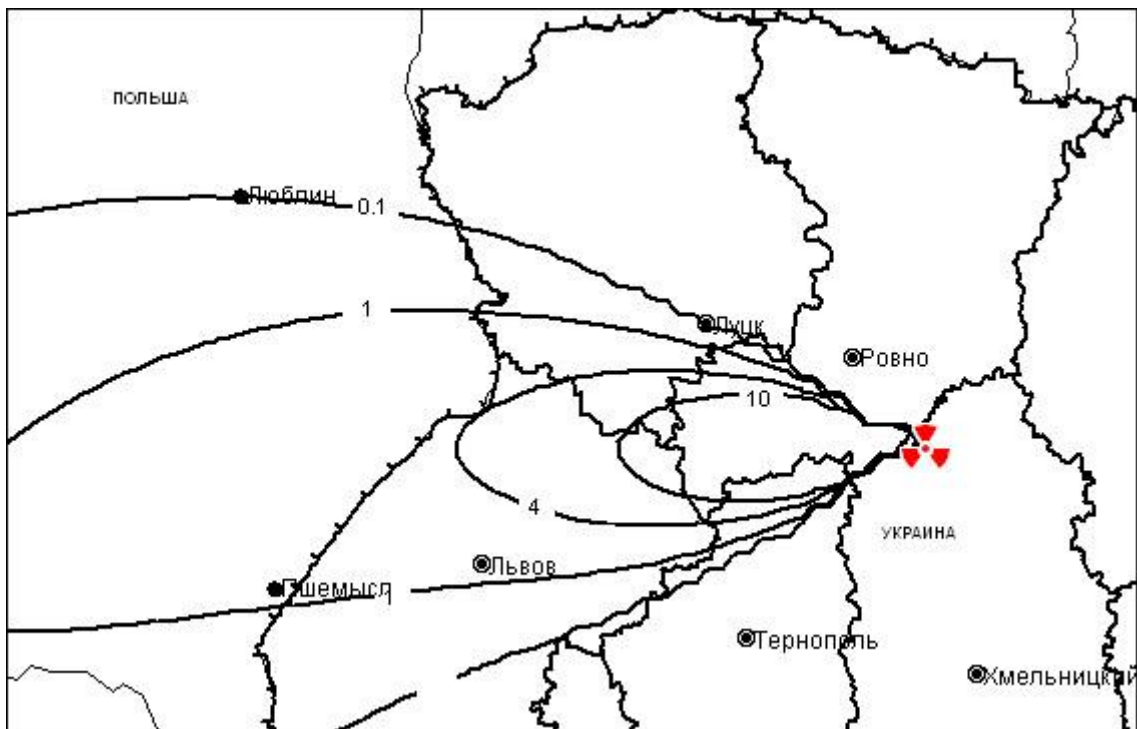
W wybranym scenariuszu meteorologicznym nr 1 czas dotarcia substancji wyemitowanych z CEJ do granicy ukraińsko-białoruskiej to w przybliżeniu 9,5 godziny. Według obliczeń około 45% emisji początkowej dociera do Białorusi (przy uwzględnieniu jej opadania na terytorium Ukrainy oraz rozpadu promieniotwórczego). W przypadku długożyjących nuklidów w formie aerozolu (tu i dalej: wszystkie omawiane radionuklidy z wyjątkiem izotopów jodu oraz gazów szlachetnych) przez granicę transportowane jest ponad 80%.

Podczas opadów na terytorium Białorusi (rys. 2.2) gęstość opadu radioaktywnego znacznie wzrośnie, co doprowadzi do zwiększenia dawek promieniowania dla mieszkańców. Obliczone wartości gęstości opadu radioaktywnego w przypadku izotopów jodu rosą ponad czterokrotnie, dla radionuklidów w formie aerozolu wzrost ten również jest znaczny. Oszacowane dawki efektywne (tab. A.2) dla dorosłych i dzieci wynosiłyby 0,65 mikrosiwert na godzinę.

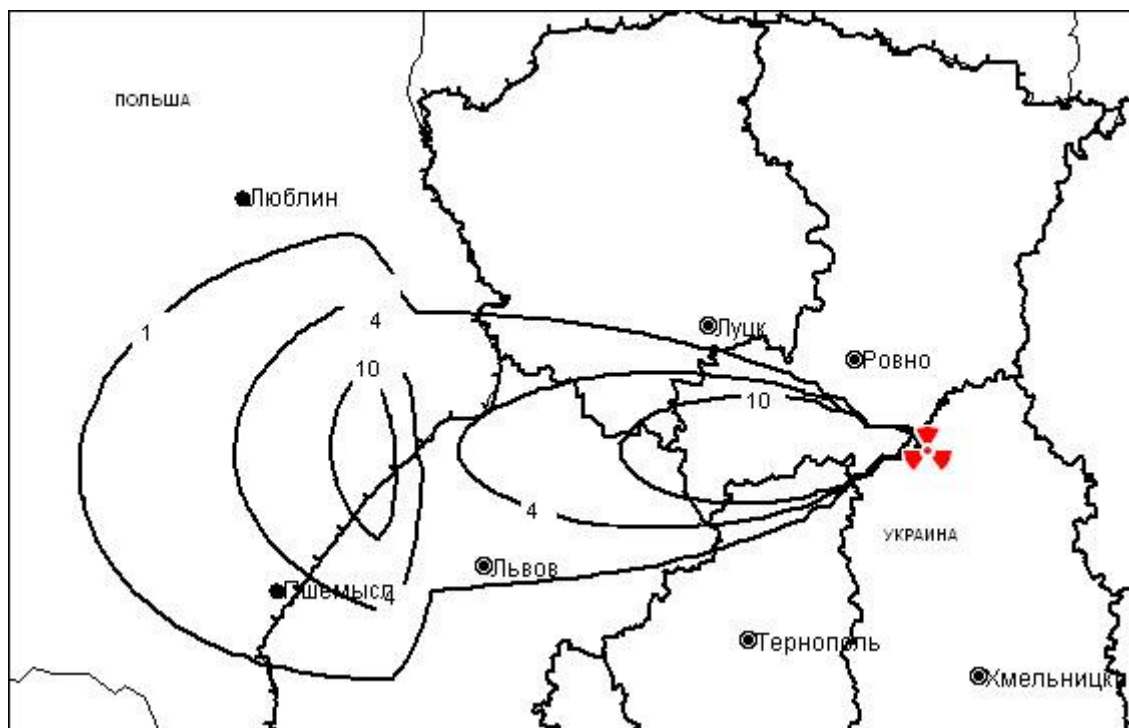
Na rys. 2.3 przedstawiono izolinie gęstości pola opadu ^{131}I podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ dla scenariusza meteorologicznego nr 2. Maksymalna gęstość opadów tego radionuklidu na terytorium Polski wynosiłaby około $3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$. W punkcie detekcji obliczone wartości indywidualnych dawek efektywnych (tabela A.3) będą wynosiły dla obu grup wiekowych około 0,04 mikrosiwerta ·na godzinę.



Rysunek 2.2 – Izolinie gęstości pola opadów ^{131}I ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ (scenariusz meteorologiczny nr 1A)



Rysunek 2.3 – Izolinie gęstości pola opadów ^{131}I ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ (scenariusz meteorologiczny nr 2)



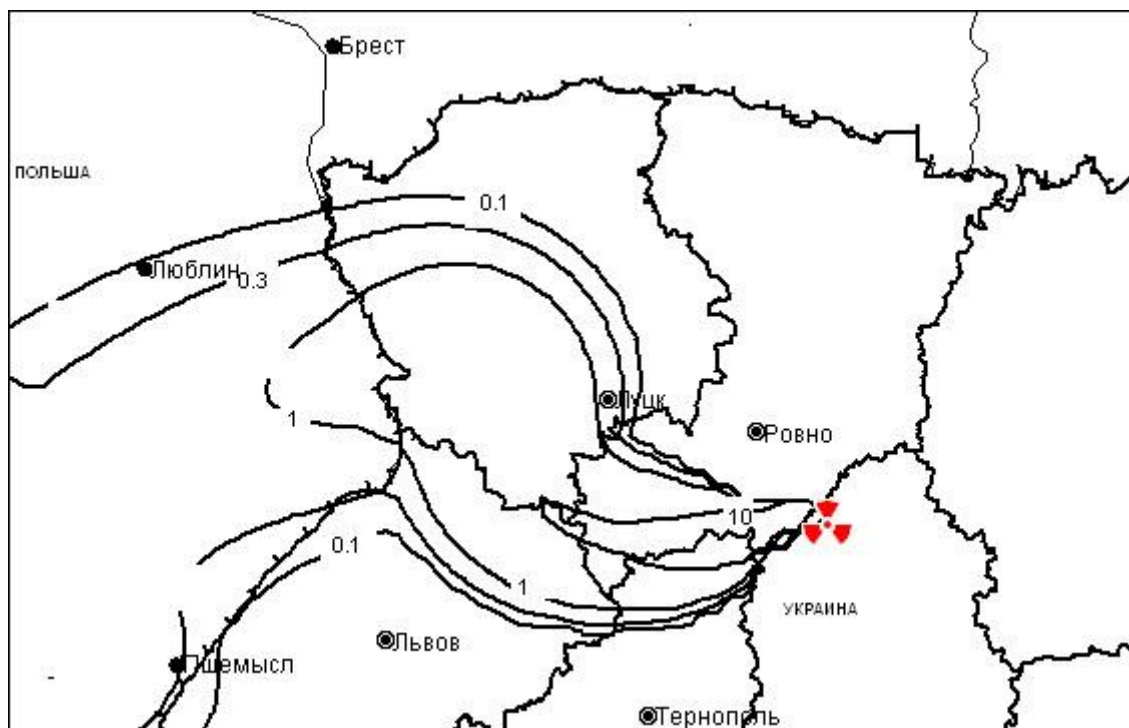
Rysunek 2.4 – Izolinie gęstości pola opadów ^{131}I ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ (scenariusz meteorologiczny nr 2A)

W scenariuszu meteorologicznym nr 2 czas dotarcia substancji wyemitowanych z CEJ do granicy ukraińsko-polskiej to w przybliżeniu 7,5 godziny. Jak wynika z wyliczeń, do Polski dociera około 50% początkowej emisji ^{131}I , niecałe 5% ^{132}I i ponad 80% nuklidów o długim czasie rozpadu w formie aerozolu.

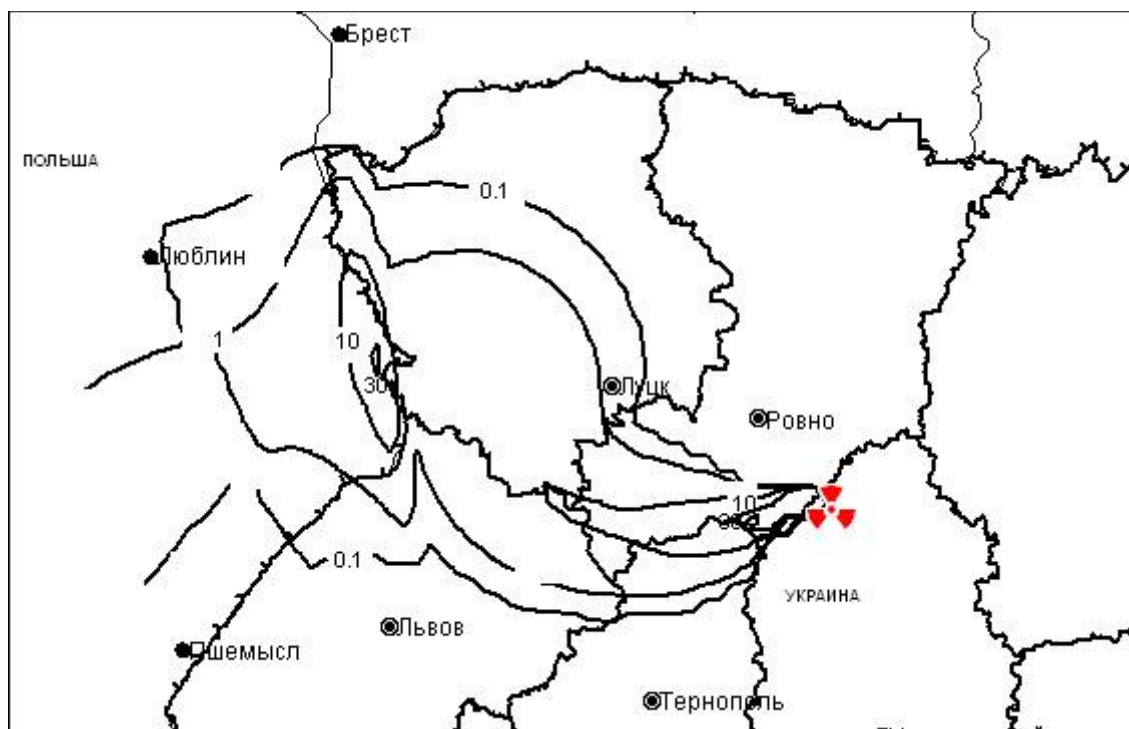
W razie opadu śniegu na terytorium Polski podczas przejścia substancji promieniotwórczych (rys. 2.4) gęstość opadu radionuklidów wzrosnie, a wraz z nią wzrosną również dawki promieniowania dla mieszkańców (tabela A.4). Indywidualne dawki dla dorosłych i dzieci to 0,3 mikrosiwerta na godzinę. Wyliczone wartości gęstości opadów dla jodu wzrosną więcej niż pięciokrotnie, a dla radionuklidów w formie aerozolu – ponad 15 razy.

Na rys. 2.5 przedstawiono izolinie gęstości pola wyrzutu ^{131}I podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ dla scenariusza meteorologicznego nr 3. Maksymalna gęstość opadów tego radionuklidu na terytorium Polski wynosiłaby około $2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$. W punkcie detekcji obliczone wartości indywidualnych dawek efektywnych będą wynosiły około 0,18 mikrosiwerta na godzinę dla dorosłych i 0,43 mikrosiwerta na godzinę w przypadku dzieci (tabela A.5). Różnica dawek promieniowania w porównaniu z poprzednimi scenariuszami wynika z momentu, w którym następują opady promieniotwórcze, a zatem innego podejścia do obliczania dawek pochłoniętych na skutek wniknięcia radionuklidów do organizmu za pośrednictwem żywności (zob. sekcja 2.3).

W scenariuszu meteorologicznym nr 3 czas dotarcia substancji wyemitowanych z CEJ do granicy ukraińsko-polskiej to w przybliżeniu 17,5 godziny. Jak wynika z wyliczeń, do Polski dociera około 30% początkowej emisji ^{131}I (na skutek dużej prędkości suchej depozycji jodu pierwiastkowego), niecałe 2% ^{132}I i ponad 90% nuklidów o długim czasie rozpadu w formie aerozolu.



Rysunek 2.5 – Izolinie gęstości pola opadów ^{131}I ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ (scenariusz meteorologiczny nr 3)



Rysunek 2.6 – Izolinie gęstości pola opadów ^{131}I ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) podczas maksymalnej awarii projektowej w CEJ (scenariusz meteorologiczny nr 3A)

W tabeli A.6 przedstawiono obliczone wartości gęstości emisji substancji promieniotwórczych, całkę po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i dawki promieniowania dla referencyjnej grupy mieszkańców na granicy

między Ukrainą a Polską (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 3A. W razie deszczu na terytorium Polski podczas przejścia substancji promieniotwórczych wyliczone wartości dla opadu radionuklidów wzrosną dla izotopów jodu niemal 30-krotnie, a dla radionuklidów w formie aerozoli – prawie 140-krotnie (rys. 2.6). W punkcie detekcji obliczone wartości indywidualnych dawek efektywnych będą wynosiły około 16,9 mikrosiwerta ·na godzinę dla dorosłych i 29,1 mikrosiwerta na godzinę w przypadku dzieci (tabela A.6).

2.5.2 Awaria ponadprojektowa

Badany jest scenariusz awarii ponadprojektowej obejmujący nagłe przerwanie głównego obwodu cyrkulacji Du 2 x 850 mm wraz z awarią systemów aktywnego chłodzenia rdzenia w nagłych wypadkach oraz systemu zraszaczy.

Ze względu na czas rozprzestrzeniania do granic państw sąsiednich wynoszący, w warunkach wybranych scenariuszy meteorologicznych, od 7,5 do 17,5 godziny nie wzięto pod uwagę przedstawionych w tabeli 2.3 radionuklidów o krótkim czasie połowicznego rozpadu. W przypadku tej awarii moc wyrzutu radionuklidów jest inna niż dla podanych powyżej scenariuszy. Dyspersję obliczono dla tych samych warunków i dokonano oszacowań dla tego samego punktu, co w przypadku maksymalnej awarii projektowej. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w załączniku A (tabele A7-12).

W przypadku awarii ponadprojektowej, dla scenariusza meteorologicznego nr 1, maksymalna gęstość opadu ^{131}I na terytorium Białorusi wynosiłaby około $120 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$). Łączne indywidualne dawki promieniowania dla referencyjnych grup populacji w tym punkcie (tabela A.7) wynoszą dla dorosłych 2,6 mikrosiwerta ·na godzinę, a dla dzieci – 3,9 mikrosiwerta ·na godzinę.

Podczas opadów na terytorium Białorusi gęstość opadu radioaktywnego znacznie wzrośnie, co doprowadzi do zwiększenia dawek promieniowania dla mieszkańców. Obliczone wartości gęstości opadu radioaktywnego w przypadku izotopów jodu rosą ponad 30-krotnie, dla radionuklidów w formie aerozolu wzrost ten również jest znaczny. Oszacowane dawki efektywne promieniowania dla referencyjnych grup populacji (tabela A.8) wynoszą dla dorosłych 7,5 mikrosiwerta ·na godzinę, a dla dzieci – 8,7 mikrosiwerta na · godzinę.

Dla scenariusza meteorologicznego nr 2, maksymalna gęstość opadu jodu-131 na terytorium Polski wyniesie około $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$). W punkcie detekcji obliczone wartości indywidualnych dawek efektywnych będą wynosiły około 0,8 mikrosiwerta ·na godzinę dla dorosłych i 1,2 mikrosiwerta ·na godzinę w przypadku dzieci (tabela A.9).

W razie opadu śniegu na terytorium Polski podczas przejścia substancji promieniotwórczych gęstość opadu radionuklidów wzrośnie, a wraz z nią wzrosną dawki promieniowania dla mieszkańców (tabela A.10). Indywidualne dawki dla obu grup to około 3 mikrosiwertów na godzinę. Wyliczone wartości gęstości opadów dla jodu wzrosną więcej niż pięciokrotnie, a dla radionuklidów w formie aerozolu – ponad 15 razy.

Dla scenariusza meteorologicznego nr 3 maksymalna gęstość opadu ^{131}I na terytorium Polski wynosiłaby około $160 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$). W punkcie detekcji obliczone wartości indywidualnych dawek efektywnych to około 5,8 mikrosiwerta ·na godzinę dla dorosłych i 25,6 mikrosiwerta ·na godzinę w przypadku dzieci (tabela A.11).

W tabeli A.12 przedstawiono obliczone wartości gęstości emisji substancji promieniotwórczych, całkę po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i dawki promieniowania dla referencyjnej grupy mieszkańców na granicy między Ukrainą a Polską (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym 3A. W razie deszczu na terytorium Polski podczas przejścia substancji promieniotwórczych wyliczone wartości dla opadu radionuklidów wzrosną dla izotopów jodu niemal 30-krotnie, a dla radionuklidów w formie aerozoli – prawie 130-krotnie. W punkcie detekcji obliczone wartości indywidualnych dawek efektywnych

to około 177 mikrosiwertów na godzinę dla dorosłych i 683 mikrosiwertów na godzinę w przypadku dzieci (tabela A.12).

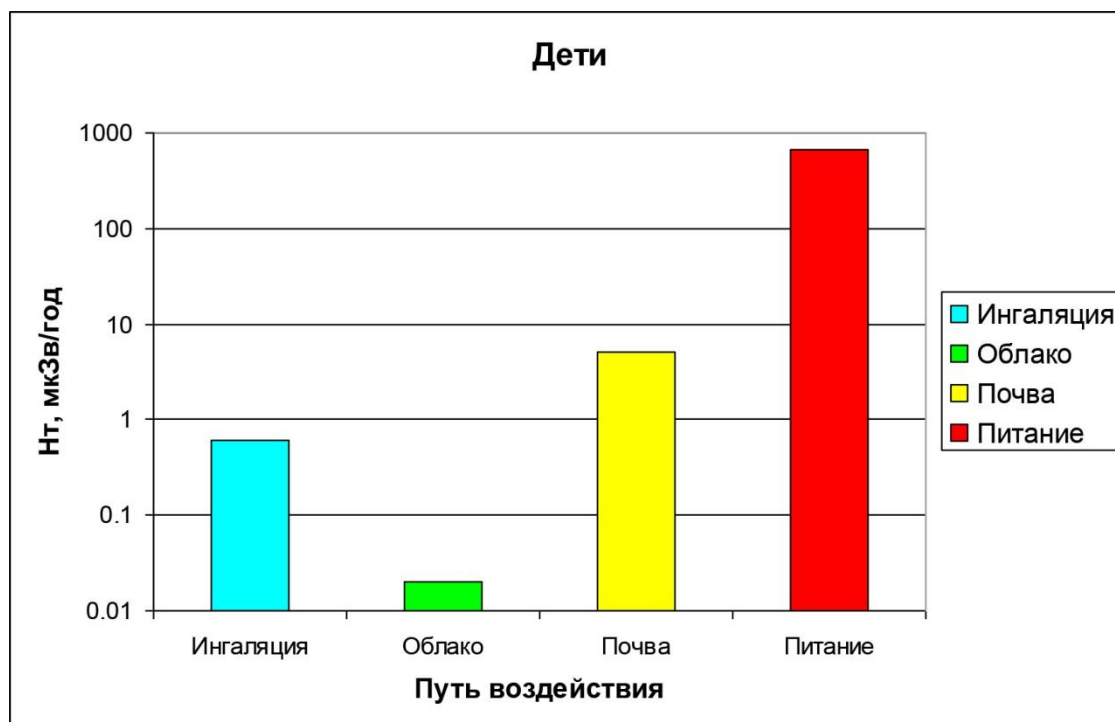
Tabela 2.3 – Łączna emisja radionuklidów podczas awarii ponadprojektowej wzięta pod uwagę przy analizie rozprzestrzeniania transgranicznego

Nuklid	Aktywność substancji wyrzuconych, Bq	Aktywność substancji wyrzuconych dla różnych związków jodu, Bq	
		I ₂	Jodek metylu
¹³¹ I	-	1,805·10 ¹³	6,987·10 ¹³
¹³² I	-	2,219·10 ¹³	5,391·10 ¹³
¹³³ I	-	4,393·10 ¹³	1,613·10 ¹⁴
¹³⁵ I	-	1,027·10 ¹³	3,66·10 ¹³
^{85m} Kr	1,92·10 ¹⁴	-	-
⁸⁵ Kr	1,17·10 ¹³	-	-
¹³³ Xe	2,18·10 ¹⁵	-	-
¹³⁵ Xe	4,67·10 ¹⁴	-	-
⁹⁰ Sr	4,09·10 ¹⁰	-	-
⁹⁵ Zr	2,60·10 ¹⁰	-	-

Nuklid	Aktywność substancji wyrzuconych, Bq	Aktywność substancji wyrzuconych dla różnych związków jodu, Bq	
		I ₂	Jodek metylu
⁹⁵ Nb	$8,88 \cdot 10^{10}$	-	-
¹⁰³ Ru	$8,13 \cdot 10^{11}$	-	-
¹⁰⁶ Ru	$8,04 \cdot 10^{10}$	-	-
¹³⁴ Cs	$7,21 \cdot 10^{11}$	-	-
¹³⁷ Cs	$4,48 \cdot 10^{11}$	-	-
¹⁴⁰ Ba	$8,74 \cdot 10^{11}$	-	-
¹⁴⁴ Ce	$6,12 \cdot 10^{11}$	-	-

2.6 Ocena konsekwencji awarii na terytorium państw sąsiednich

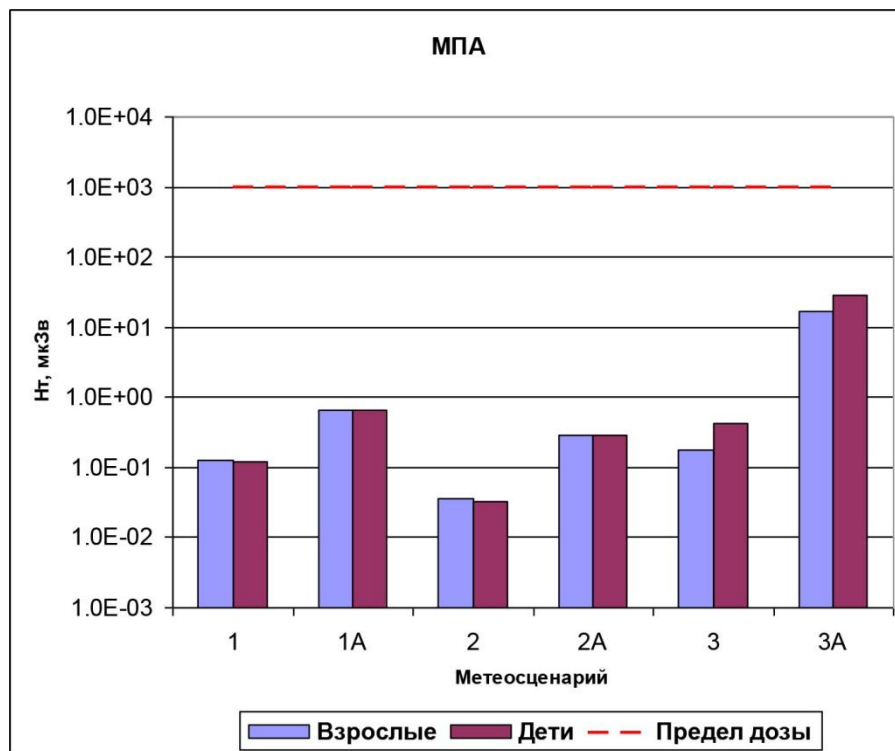
Wykonane obliczenia pokazały, że dla żadnej z badanych awarii poziom rocznej dawki efektywnej na osobę dla członków grupy referencyjnej w państwach sąsiednich nie zostanie przekroczony (rys. 2.8). Grupa dzieci (w wieku od roku do dwóch lat) pozostaje tematem newralgicznym. Krytycznym scenariuszem meteorologicznym jest scenariusz nr 3A, w którym opad radioaktywny przypada na okres wegetacji roślin. Głównym sposobem generowania dawki promieniowania (dla wszystkich badanych rodzajów awarii) w tym scenariuszu jest łańcuch pokarmowy (rys. 2.7). Około 99% dawki pochodzi z tego źródła. Radionuklidem, który generuje największą część dawki promieniowania, jest ¹³¹I.



Rysunek 2.7 – Sposób generowania rocznej efektywnej dawki dla grupy wiekowej dzieci w scenariuszu meteorologicznym nr 3A (awaria nadprojektowa)

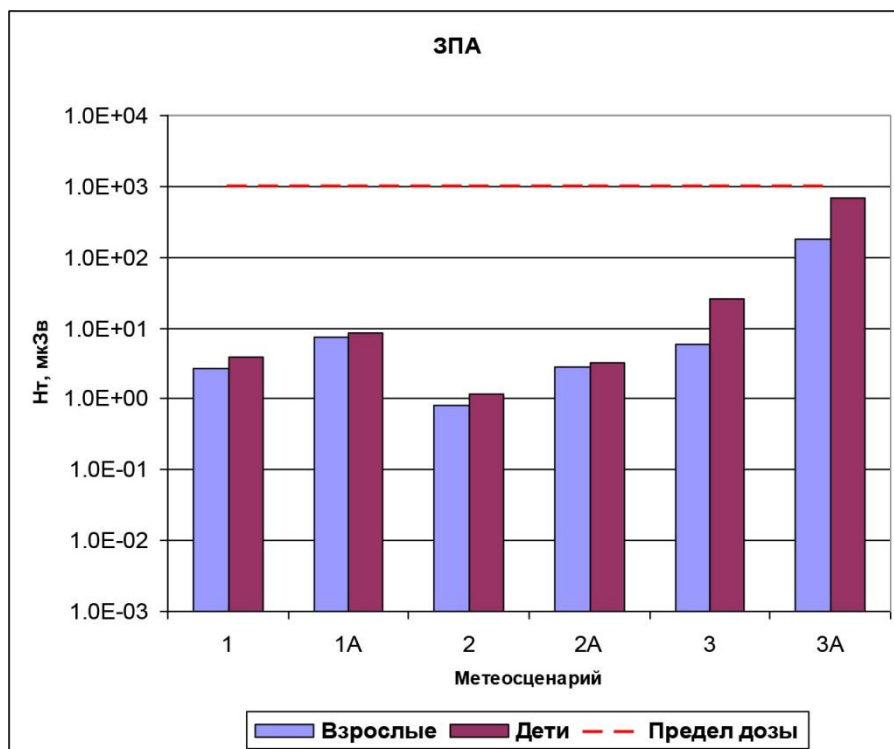
Текст	Тълмачение
Нт, мкЗв/год	Nt, μ Sv/h
Дети	Dzieci

Путь воздействия	Sposób oddziaływania
Ингаляция	Inhalacja
Облако	Chmura
Почва	Gleba
Питание	Odżywianie



Rysunek 2.8 – Roczne efektywne dawki indywidualne Nt (w mikrosiwertach na godzinę) dla grupy referencyjnej mieszkańców w różnych scenariuszach awarii i warunkach meteorologicznych. Wyliczono dawki dla tych punktów na osi śladu emisji, które są najbliższe granic sąsiednich państw

Tekst	Tłumaczenie
МПА	MAP
Нт, мкЗв	Nt, μ Sv/h
Метеосценарий	Scenariusz meteorologiczny
Взрослые	Dorośli
Дети	Dzieci
Предел дозы	Dawka graniczna



Tekst	Tłumaczenie
Нт, мкЗв	Nt, μSv/h
ЗПА	AN
Взрослые	Dorośli
Дети	Dzieci
Предел дозы	Dawka graniczna

Wnioski

1. Z przeprowadzonej analizy wynika, że promieniowanie na skutek emisji gazów i aerozoli z CEJ w trakcie normalnej eksploatacji w państwach sąsiednich będzie znacznie niższe niż ustalone limity dawek dla mieszkańców związane z działalnością obiektów jądrowych w sąsiednich państwach [14] (limit ten jest różny dla różnych krajów, ale najczęściej pozostaje w granicach 0,2–0,3 mikroswerta na godzinę). W odległości 25 km od elektrowni roczna efektywna dawka, liczona łącznie dla wszystkich dróg jej pochłonięcia, w przypadku grupy referencyjnej mieszkańców (populacja terenów wiejskich) to $4,4 \cdot 10^{-2}$ mikroswerta·na godzinę.

2. Zasadniczym kryterium limitu promieniowania ze źródeł wytworzonych przez człowieka dla mieszkańców Europy jest indywidualna efektywna dawka graniczna (pochłonięta łącznie wszystkimi możliwymi drogami) ustalona na poziomie 1 mikroswerta·na godzinę [14]. Obliczenia rozprzestrzeniania atmosferycznego metodą LEDI wykonane za pomocą modelu mezosiatkowego pokazały, że dla żadnej z badanych awarii poziom rocznej dawki efektywnej na osobę [13] dla członków grupy referencyjnej w państwach sąsiednich nie zostanie przekroczony.

3. Grupa dzieci (w wieku od roku do dwóch lat) pozostaje tematem newralgicznym. Krytycznym scenariuszem meteorologicznym jest scenariusz nr 3A, w którym opad radioaktywny przypada na okres wegetacji roślin. Głównym sposobem generowania dawki promieniowania (dla wszystkich badanych rodzajów awarii) jest łańcuch pokarmowy. Około 99% dawki pochodzi z tego źródła.

Radionuklidem, który generuje największą część dawki promieniowania w razie hipotetycznych awarii we wszystkich badanych scenariuszach meteorologicznych, jest ^{131}I .

Skróty

ANT	– Akademia Nauk Technicznych
GRO	– główny rurociąg obiegowy
OKR	– obszar kontroli radiologicznej
AN	– awaria nadprojektowa
MAEA	– Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej
MAP	– Maksymalna Awaria Projektowa
INB	– Instytut Naukowo-Badawczy
NWE	– normalne warunki eksploatacji
OOS	– Ocena oddziaływania na środowisko
SACR	– system aktywnego chłodzenia rdzenia
SOS	– strefa ochrony sanitarnej
CEJ	– Chmielnicka Elektrownia Jądrowa
ECM	– elektroniczna maszyna licząca

Normy referencyjne i literatura

1. DBN A.2.2-1-2003 Struktura i zawartość sprawozdania z oceny oddziaływania na środowisko (OOS) podczas projektowania i budowy przedsiębiorstw, budynków i instalacji. Państwowy Komitet Architektoniczno-Budowlany. Kijów, 2004 r.
2. Konwencja w sprawie oceny oddziaływania na środowisko w kategoriach transgranicznych z dnia 19.03.1999 nr 534-14.
3. Standardy bezpieczeństwa radiologicznego na Ukrainie (NRBU-97). Państwowe Normy Sanitarne (DGN). 6.6.1. - 6.5.001-98. - K.: UCGSEN, 1998. – 135 stron.
- 4 The utilization of real time models as a decision aid following a large release of radionuclides into the atmosphere. IAEA-TECDOC-733. – Vienna: IAEA, 1994.
Orlov M.Yu., Snykov V.P., Khvalenskiy Yu.A., Volokitin A.A. “Skażenie gleby w europejskiej części ZSRR przez ¹³¹I po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu” // Energia Atomowa. – 1996. T. 80, wyd. 6. - str. 466–471.
- 6 Haas H., Memmesheimer M., Geiss H. et al. Simulation of the Chernobyl radioactive cloud over Europe using the EURAD model // Atmospheric Environment. – 1990. – Vol. 24A. – P. 673–692.
- 7 Atmospheric dispersion in nuclear power plant siting: A safety guide, Safety series No. 50-SG-S3. -, Vienna: IAEA, 1980.
- 8 Talerko N.N., Garger Ye.K. „Doświadczenie w testowaniu modelowania rozprzestrzeniania atmosferycznego metodą LEDI w oparciu o eksperymenty i dane z Czarnobyla”. Instytut ds. problemów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych, Państwowa Akademia Nauk Ukrainy. Wersja wstępna 05-1 (2005).
- 9 Talerko N. Mesoscale modelling of radioactive contamination formation in Ukraine caused by the Chernobyl accident // J. Environ. Radioactivity. – 2005. – Vol. 78, No. 3. – P. 311–329.
- 10 Talerko N. Reconstruction of ¹³¹I radioactive contamination in Ukraine caused by the Chernobyl accident using atmospheric transport modeling // Journal of Environmental Radioactivity. – 2005 - Vol. 84. - P. 343–362.
- 11 Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment Safety report series No. 19. International atomic energy agency, Vienna, 2001.
- 12 K.A.Jones, C. Walsh, A. Bexton, J. R. Simose, A.L. Jones, M. Harvey, A. Artmann, R. Martens, 2006. Guidance on the Assessment of Radiation Doses to Member of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal conditions HPA-RPD-019.
- 13 Council Directive 96/29 EUROATOM of 13 May 1996.
- 14 REGULATORY CONTROL OF RADIOACTIVE DISCHARGES TO THE ENVIRONMENT. SAFETY STANDARDS SERIES No. WS-G-2.3 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2000.
- 15 Statistical yearbook of agriculture and rural areas. 2008. Warsaw. ISSN 1895-121X. www.stat.gov.pl.
- 16 FAOSTAT 2010, 2005 Food Balance Sheets <http://faostat.fao.org>.

Załącznik A
(obowiązkowy)

Wyniki obliczeń dla rozprzestrzeniania transgranicznego radionuklidów podczas awarii

Tabela A.1 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Białorusi (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 1. Maksymalna awaria projektowa

Radionuklid	As, Bq·m⁻²	Av, Bq·s·m⁻³	Ha, μSv/h	Hi, μSv/h
¹³¹ I	1,30E+01	8,03E+03	2,08E-02	3,07E-02
¹³² I	1,12E+00	5,18E+02	1,01E-04	1,10E-04
¹³³ I	8,38E+00	5,00E+03	2,69E-03	4,69E-03
¹³⁵ I	1,95E+00	1,08E+03	2,74E-04	3,62E-04
^{85m} Kr	0,00E+00	9,44E+02	7,06E-06	7,06E-06
⁸⁵ Kr	0,00E+00	2,03E+01	8,38E-07	8,38E-07
⁸⁸ Kr	0,00E+00	1,01E+03	1,03E-04	1,03E-04
¹³³ Xe	0,00E+00	2,76E+05	4,31E-04	4,31E-04
¹³⁵ Xe	0,00E+00	5,42E+03	6,45E-05	6,45E-05
¹⁰³ Ru	1,32E+00	1,32E+03	3,88E-03	3,62E-03
¹⁰⁶ Ru	1,43E-01	1,43E+02	1,60E-03	2,02E-03
¹³⁴ Cs	3,24E-01	3,24E+02	1,43E-02	1,36E-02
¹³⁷ Cs	2,01E-01	2,01E+02	4,15E-03	3,88E-03
¹⁴⁴ Ce	2,14E+00	2,14E+03	2,14E-02	2,65E-03
⁹⁰ Sr	1,62E-01	1,62E+02	3,15E-03	5,32E-03
⁹⁵ Zr	3,72E+00	3,72E+03	2,70E-02	2,43E-02
⁹⁵ Nb	6,43E+00	6,43E+03	2,43E-02	2,29E-02
¹⁴⁰ Ba	1,60E+00	1,60E+03	3,27E-03	2,38E-03
¹⁴⁰ La	1,88E+00	1,88E+03	1,62E-03	1,60E-03
Razem			1,29E-01	1,19E-01

Tabela A.2 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Białorusi (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 1A. Maksymalna awaria projektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	4,46E+01	8,03E+03	3,27E-02	4,25E-02
^{132}I	3,82E+00	5,18E+02	1,72E-04	1,81E-04
^{133}I	2,87E+01	5,00E+03	4,01E-03	6,00E-03
^{135}I	6,67E+00	1,08E+03	5,12E-04	6,00E-04
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	9,44E+02	4,17E-06	4,17E-06
^{85}Kr	0,00E+00	2,03E+01	5,03E-07	5,03E-07
^{88}Kr	0,00E+00	1,01E+03	6,25E-05	6,25E-05
^{133}Xe	0,00E+00	2,76E+05	2,57E-04	2,57E-04
^{135}Xe	0,00E+00	5,42E+03	3,81E-05	3,81E-05
^{103}Ru	1,17E+01	1,32E+03	2,70E-02	2,69E-02
^{106}Ru	1,26E+00	1,43E+02	5,33E-03	5,80E-03
^{134}Cs	2,85E+00	3,24E+02	1,21E-01	1,19E-01
^{137}Cs	1,77E+00	2,01E+02	3,45E-02	3,37E-02
^{144}Ce	1,88E+01	2,14E+03	2,02E-02	9,30E-03
^{90}Sr	1,43E+00	1,62E+02	1,49E-02	2,31E-02
^{95}Zr	3,28E+01	3,72E+03	1,89E-01	1,87E-01
^{95}Nb	5,67E+01	6,43E+03	1,87E-01	1,86E-01
^{140}Ba	1,41E+01	1,60E+03	5,66E-03	5,14E-03
^{140}La	1,66E+01	1,88E+03	7,95E-03	7,94E-03
Razem			6,50E-01	6,54E-01

Tabela A.3 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Białorusi (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 2. Maksymalna awaria projektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	2,98E+00	2,22E+03	5,54E-03	8,27E-03
^{132}I	2,57E-01	1,43E+02	2,64E-05	2,89E-05
^{133}I	1,93E+00	1,39E+03	7,21E-04	1,28E-03
^{135}I	4,46E-01	3,00E+02	7,11E-05	9,56E-05
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	3,28E+02	2,45E-06	2,45E-06
^{85}Kr	0,00E+00	1,56E+01	6,44E-07	6,44E-07
^{88}Kr	0,00E+00	4,28E+02	4,37E-05	4,37E-05
^{133}Xe	0,00E+00	7,18E+04	1,12E-04	1,12E-04
^{135}Xe	0,00E+00	1,61E+03	1,91E-05	1,91E-05
^{103}Ru	3,73E-01	3,73E+02	1,09E-03	1,02E-03
^{106}Ru	4,03E-02	4,03E+01	4,50E-04	5,67E-04
^{134}Cs	9,09E-02	9,09E+01	3,96E-03	3,79E-03
^{137}Cs	5,64E-02	5,64E+01	1,14E-03	1,07E-03
^{144}Ce	6,03E-01	6,03E+02	6,04E-03	7,46E-04
^{90}Sr	4,58E-02	4,58E+01	7,55E-04	1,24E-02
^{95}Zr	1,05E+00	1,05E+03	7,63E-01	6,87E-03
^{95}Nb	1,82E+00	1,82E+03	6,87E-03	6,47E-03
^{140}Ba	4,52E-01	4,52E+02	9,28E-04	6,75E-04
^{140}La	5,50E-01	5,50E+02	4,74E-04	4,66E-04
Razem			3,59E-02	3,28E-02

Tabela A.4 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 2A. Maksymalna awaria projektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	1,68E+01	2,22E+03	1,07E-02	1,35E-02
^{132}I	1,43E+00	1,43E+02	5,74E-05	5,99E-05
^{133}I	1,08E+01	1,39E+03	1,30E-03	1,85E-03
^{135}I	2,50E+00	3,00E+02	1,75E-04	1,99E-04
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	3,28E+02	2,45E-06	2,45E-06
^{85}Kr	0,00E+00	1,56E+01	6,44E-07	6,44E-07
^{88}Kr	0,00E+00	4,28E+02	4,37E-05	4,37E-05
^{133}Xe	0,00E+00	7,18E+04	1,12E-04	1,12E-04
^{135}Xe	0,00E+00	1,61E+03	1,91E-05	1,91E-05
^{103}Ru	5,24E+00	3,73E+02	1,21E-02	1,21E-02
^{106}Ru	5,65E-01	4,03E+01	2,39E-03	2,59E-03
^{134}Cs	1,28E+00	9,09E+01	5,34E-02	5,27E-02
^{137}Cs	7,92E-01	5,64E+01	1,51E-02	1,48E-02
^{144}Ce	8,46E+00	6,03E+02	9,41E-03	4,18E-03
^{90}Sr	6,42E-01	4,58E+01	4,87E-03	6,79E-03
^{95}Zr	1,47E+01	1,05E+03	8,51E-02	8,43E-02
^{95}Nb	2,55E+01	1,82E+03	8,41E-02	8,37E-02
^{140}Ba	6,35E+00	4,52E+02	2,60E-03	2,35E-03
^{140}La	7,72E+00	5,50E+02	3,71E-03	3,70E-03
Razem			2,85E-01	2,83E-01

Tabela A.5 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 3. Maksymalna awaria projektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	1,74E+00	1,74E+03	4,47E-02	2,50E-01
^{132}I	7,57E-03	5,65E+00	1,00E-06	1,25E-06
^{133}I	8,34E-01	8,06E+02	8,09E-04	3,89E-03
^{135}I	9,44E-02	8,50E+01	1,86E-05	2,55E-02
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	4,74E+01	3,55E-07	3,55E-07
^{85}Kr	0,00E+00	4,55E-02	1,88E-09	1,88E-09
^{88}Kr	0,00E+00	2,59E+01	2,64E-06	2,64E-06
^{133}Xe	0,00E+00	4,61E+04	7,19E-05	7,19E-05
^{135}Xe	0,00E+00	5,07E+02	6,03E-06	6,03E-06
^{103}Ru	3,04E-01	3,04E+02	1,26E-03	1,96E-03
^{106}Ru	3,33E-02	3,33E+01	2,13E-03	6,45E-03
^{134}Cs	7,51E-02	7,51E+01	4,60E-02	2,86E-02
^{137}Cs	4,65E-02	4,65E+01	2,23E-02	1,48E-02
^{144}Ce	4,96E-01	4,96E+02	2,23E-02	6,51E-02
^{90}Sr	3,78E-02	3,78E+01	1,77E-02	3,20E-02
^{95}Zr	8,63E-01	8,63E+02	8,94E-03	1,33E-02
^{95}Nb	1,49E+00	1,49E+03	6,82E-03	8,57E-03
^{140}Ba	3,65E-01	3,65E+02	1,55E-03	3,57E-03
^{140}La	3,82E-01	3,82E+02	3,83E-04	4,96E-04
Razem			1,75E-01	4,29E-01

Tabela A.6 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 3A. Maksymalna awaria projektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	4,76E+01	1,74E+03	1,13E+00	6,69E+00
^{132}I	1,96E-01	5,65E+00	6,67E-06	1,06E-05
^{133}I	2,26E+01	8,06E+02	1,29E-02	8,80E-02
^{135}I	2,53E+00	8,50E+01	1,41E-04	1,48E-04
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	4,74E+01	3,55E-07	3,55E-07
^{85}Kr	0,00E+00	4,55E-02	1,88E-09	1,88E-09
^{88}Kr	0,00E+00	2,59E+01	2,64E-06	2,64E-06
^{133}Xe	0,00E+00	4,61E+04	7,19E-05	7,19E-05
^{135}Xe	0,00E+00	5,07E+02	6,03E-06	6,03E-06
^{103}Ru	3,96E+01	3,04E+02	1,38E-01	2,37E-01
^{106}Ru	4,33E+00	3,33E+01	2,45E-01	7,96E-01
^{134}Cs	9,78E+00	7,51E+01	5,97E+00	3,73E+00
^{137}Cs	6,06E+00	4,65E+01	2,90E+00	1,93E+00
^{144}Ce	6,46E+01	4,96E+02	2,29E+00	8,42E+00
^{90}Sr	4,92E+00	3,78E+01	2,26E+00	4,08E+00
^{95}Zr	1,12E+02	8,63E+02	9,85E-01	1,64E+00
^{95}Nb	1,94E+02	1,49E+03	7,89E-01	1,06E+00
^{140}Ba	4,75E+01	3,65E+02	1,19E-01	4,08E-01
^{140}La	4,97E+01	3,82E+02	2,96E-02	4,50E-02
Razem			1,69E+01	2,91E+01

Tabela A.7 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Białorusi (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 1. Awaria ponadprojektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	1,23E+02	6,55E+05	1,35E+00	2,15E+00
^{132}I	1,59E+02	5,69E+04	1,20E-02	1,30E-02
^{133}I	2,38E+03	1,21E+06	6,75E-01	1,16E+00
^{135}I	3,27E+02	1,62E+05	4,27E-02	5,59E-02
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	5,81E+05	4,34E-03	4,34E-03
^{85}Kr	0,00E+00	1,54E+05	2,94E-05	2,94E-05
^{88}Kr	0,00E+00	2,15E+04	2,19E-03	2,19E-03
^{133}Xe	0,00E+00	2,71E+07	4,23E-02	4,23E-02
^{135}Xe	0,00E+00	2,98E+06	3,55E-02	3,55E-02
^{103}Ru	7,09E+00	7,09E+03	2,08E-02	1,94E-02
^{106}Ru	7,04E-01	7,04E+02	7,89E-03	9,96E-03
^{134}Cs	6,32E+00	6,32E+03	2,79E-01	2,66E-01
^{137}Cs	3,92E+00	3,92E+03	8,10E-02	7,58E-02
^{144}Ce	5,36E+00	5,36E+03	5,37E-02	6,65E-03
^{90}Sr	3,59E-01	3,59E+02	7,02E-03	1,18E-02
^{95}Zr	2,27E-01	2,27E+02	1,65E-03	1,48E-03
^{95}Nb	7,72E-01	7,72E+02	2,92E-03	2,75E-03
^{140}Ba	7,49E+00	7,49E+03	1,54E-02	1,12E-02
Razem			2,63E+00	3,87E+00

Tabela A.8 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Białorusi (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 1A. Awaria ponadprojektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	4,20E+03	6,55E+05	2,88E+00	3,68E+00
^{132}I	5,37E+02	5,69E+04	2,20E-02	2,30E-02
^{133}I	8,13E+03	1,21E+06	1,05E+00	1,53E+00
^{135}I	1,11E+03	1,62E+05	8,22E-02	9,54E-02
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	5,81E+05	4,34E-03	4,34E-03
^{85}Kr	0,00E+00	1,54E+05	2,94E-05	2,94E-05
^{88}Kr	0,00E+00	2,15E+04	2,19E-03	2,19E-03
^{133}Xe	0,00E+00	2,71E+07	4,23E-02	4,23E-02
^{135}Xe	0,00E+00	2,98E+06	3,55E-02	3,55E-02
^{103}Ru	6,23E+01	7,09E+03	1,46E-01	1,45E-01
^{106}Ru	6,19E+00	7,04E+02	2,83E-02	3,15E-02
^{134}Cs	5,56E+01	6,32E+03	2,36E+00	2,32E+00
^{137}Cs	3,45E+01	3,92E+03	6,74E-01	6,58E-01
^{144}Ce	4,71E+01	5,36E+03	7,17E-02	2,50E-02
^{90}Sr	3,16E+00	3,59E+02	3,49E-02	5,42E-02
^{95}Zr	1,99E+00	2,27E+02	1,16E-02	1,15E-02
^{95}Nb	6,79E+00	7,72E+02	2,25E-02	2,24E-02
^{140}Ba	6,59E+01	7,49E+03	3,20E-02	2,78E-02
Razem			7,50E+00	8,71E+00

Tabela A.9 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 2. Awaria ponadprojektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	2,82E+02	1,81E+05	4,66E-01	6,88E-01
^{132}I	3,63E+01	1,56E+04	3,10E-03	3,37E-03
^{133}I	5,46E+02	3,35E+05	1,79E-01	3,13E-01
^{135}I	7,48E+01	4,46E+04	1,10E-02	1,47E-02
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	2,03E+05	1,52E-03	1,52E-03
^{85}Kr	0,00E+00	3,95E+04	7,55E-06	7,55E-06
^{88}Kr	0,00E+00	1,66E+04	1,69E-03	1,69E-03
^{133}Xe	0,00E+00	7,06E+06	1,10E-02	1,10E-02
^{135}Xe	0,00E+00	8,86E+05	1,05E-02	1,05E-02
^{103}Ru	2,00E+00	2,00E+03	5,86E-03	5,47E-03
^{106}Ru	1,98E-01	1,98E+02	2,21E-03	2,79E-03
^{134}Cs	1,78E+00	1,78E+03	7,75E-02	7,42E-02
^{137}Cs	1,11E+00	1,11E+03	2,24E-02	2,10E-02
^{144}Ce	1,51E+00	1,51E+03	1,51E-02	1,87E-03
^{90}Sr	1,01E-01	1,01E+02	1,68E-03	2,75E-03
^{95}Zr	6,39E-02	6,39E+01	4,64E-04	4,17E-04
^{95}Nb	2,17E-01	2,17E+02	8,22E-04	7,74E-04
^{140}Ba	2,12E+00	2,12E+03	4,34E-03	3,16E-03
Razem			8,14E-01	1,16E+00

Tabela A.10 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 2A. Awaria ponadprojektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	1,58E+03	1,81E+05	9,53E-01	1,17E+00
^{132}I	2,01E+02	1,56E+04	7,45E-03	7,72E-03
^{133}I	3,05E+03	3,35E+05	3,41E-01	4,75E-01
^{135}I	4,17E+02	4,46E+04	2,83E-02	3,19E-02
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	2,03E+05	1,52E-03	1,52E-03
^{85}Kr	0,00E+00	3,95E+04	7,55E-06	7,55E-06
^{88}Kr	0,00E+00	1,66E+04	1,69E-03	1,69E-03
^{133}Xe	0,00E+00	7,06E+06	1,10E-02	1,10E-02
^{135}Xe	0,00E+00	8,86E+05	1,05E-02	1,05E-02
^{103}Ru	2,79E+01	2,00E+03	6,46E-02	6,43E-02
^{106}Ru	2,76E+00	1,98E+02	1,17E-02	1,27E-02
^{134}Cs	2,49E+01	1,78E+03	1,04E+00	1,03E+00
^{137}Cs	1,55E+01	1,11E+03	2,95E-01	2,89E-01
^{144}Ce	2,11E+01	1,51E+03	2,35E-02	1,04E-02
^{90}Sr	1,41E+00	1,01E+02	1,09E-02	1,51E-02
^{95}Zr	8,92E-01	6,39E+01	5,15E-03	5,10E-03
^{95}Nb	3,04E+00	2,17E+02	1,00E-02	9,97E-03
^{140}Ba	2,96E+01	2,12E+03	1,21E-02	1,10E-02
Razem			2,83E+00	3,16E+00

Tabela A.11 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 3. Awaria ponadprojektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	1,64E+02	1,41E+05	4,16E+00	2,35E+01
^{132}I	1,07E+00	6,12E+02	1,16E-04	1,47E-04
^{133}I	2,36E+02	1,94E+05	2,14E-01	1,07E+00
^{135}I	1,58E+01	1,26E+04	2,84E-03	3,87E-03
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	2,92E+04	2,19E-04	2,19E-04
^{85}Kr	0,00E+00	2,69E+04	5,14E-06	5,14E-06
^{88}Kr	0,00E+00	4,82E+01	4,92E-06	4,92E-06
^{133}Xe	0,00E+00	4,54E+06	7,08E-03	7,08E-03
^{135}Xe	0,00E+00	2,81E+05	3,34E-03	3,34E-03
^{103}Ru	1,63E+00	1,63E+03	6,73E-03	1,05E-02
^{106}Ru	1,63E-01	1,63E+02	1,04E-02	3,16E-02
^{134}Cs	1,47E+00	1,47E+03	9,01E-01	5,60E-01
^{137}Cs	9,11E-01	9,11E+02	4,37E-01	2,90E-01
^{144}Ce	1,24E-01	1,24E+02	5,58E-03	1,63E-02
^{90}Sr	8,32E-02	8,32E+01	3,91E-02	7,05E-02
^{95}Zr	5,27E-02	5,27E+01	5,46E-04	8,14E-04
^{95}Nb	1,80E-01	1,80E+02	8,24E-04	1,03E-03
^{140}Ba	1,75E+00	1,75E+03	7,43E-03	1,71E-02
Razem			5,80E+00	2,56E+01

Tabela A.12 – Obliczone wartości gęstości opadu promieniotwórczego oraz całki po czasie aktywności w powietrzu przy powierzchni gruntu na jednostkę objętości i efektywne roczne dawki promieniowania dla krytycznej grupy mieszkańców na terytorium Ukrainy i Polski (na osi śladu) w scenariuszu meteorologicznym nr 3A. Awaria ponadprojektowa

Radionuklid	$A_s, \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$A_v, \text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$	$H_a, \mu\text{Sv/h}$	$H_i, \mu\text{Sv/h}$
^{131}I	4,35E+03	1,41E+05	1,03E+02	6,11E+02
^{132}I	2,64E+01	6,12E+02	8,78E-04	1,40E-03
^{133}I	6,19E+03	1,94E+05	3,52E+00	2,41E+01
^{135}I	4,12E+02	1,26E+04	2,28E-02	2,38E-02
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	0,00E+00	2,92E+04	2,19E-04	2,19E-04
^{85}Kr	0,00E+00	2,69E+04	5,14E-06	5,14E-06
^{88}Kr	0,00E+00	4,82E+01	4,92E-06	4,92E-06
^{133}Xe	0,00E+00	4,54E+06	7,08E-03	7,08E-03
^{135}Xe	0,00E+00	2,81E+05	3,34E-03	3,34E-03
^{103}Ru	2,28E+01	1,63E+03	7,99E-02	1,37E-01
^{106}Ru	2,28E+00	1,63E+02	1,30E-01	4,20E-01
^{134}Cs	2,05E+01	1,47E+03	1,25E+01	7,82E+00
^{137}Cs	1,19E+02	9,11E+02	5,69E+01	3,79E+01
^{144}Ce	1,73E+00	1,24E+02	6,25E-02	2,26E-01
^{90}Sr	1,16E+00	8,32E+01	5,35E-01	9,66E-01
^{95}Zr	7,36E-01	5,27E+01	6,53E-03	1,08E-02
^{95}Nb	2,51E+00	1,80E+02	1,03E-02	1,37E-02
^{140}Ba	2,44E+01	1,75E+03	6,37E-02	2,12E-01
Razem			1,77E+02	6,83E+02