



АТОМНА ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛА “КОЗЛОДУЙ”

„Моделиране на трансфера на радиоактивност в почви -
софтуерни приложения в АЕЦ”.



„Моделиране на трансфера на радиоактивност в почви - софтуерни приложения в АЕЦ”.

През 2017 г. по заявка от АЕЦ, във връзка с изпълнение на изискването на чл. 34. на НОБЯЦ 2016 [2] : (2) бе разработена моделираща програма за оценка на радиологичните последствия от изхвърляния в земната повърхност на течни радиоактивни вещества, генерирани от ядрения горивен цикъл на АЕЦ Козлодуй“

Целта на разработката е оценка на радиологичните последствия от случайни инциденти с изхвърляния в земната повърхност на течни радиоактивни вещества, генерирани от ядрения горивен цикъл на АЕЦ Козлодуй“, подпомагане на вземането на решение относно мерките за радиационна защита на персонала и населението, както и контрол и ограничаване на разпространението на радиоактивното замърсяване.

Моделиращата програма включва интерфейс с потребителя, менюта за входните данни, и резултатите от оценките на базата на въведените входни данни и методи за изчисления, сравнения на получените резултати с нормативните критерии и издаване на съобщения за потребителя. Програмният продукт е база за вземане на решения за оптимизиране на радиационната защита на населението и за по-нататъшно управление на радиоактивно замърсените земни маси.

Тук не се спираме на другите пътища на разпространение на радионуклидите: по въздушен и воден път, чрез зеленчуците, млякото и месото, които също са разработени

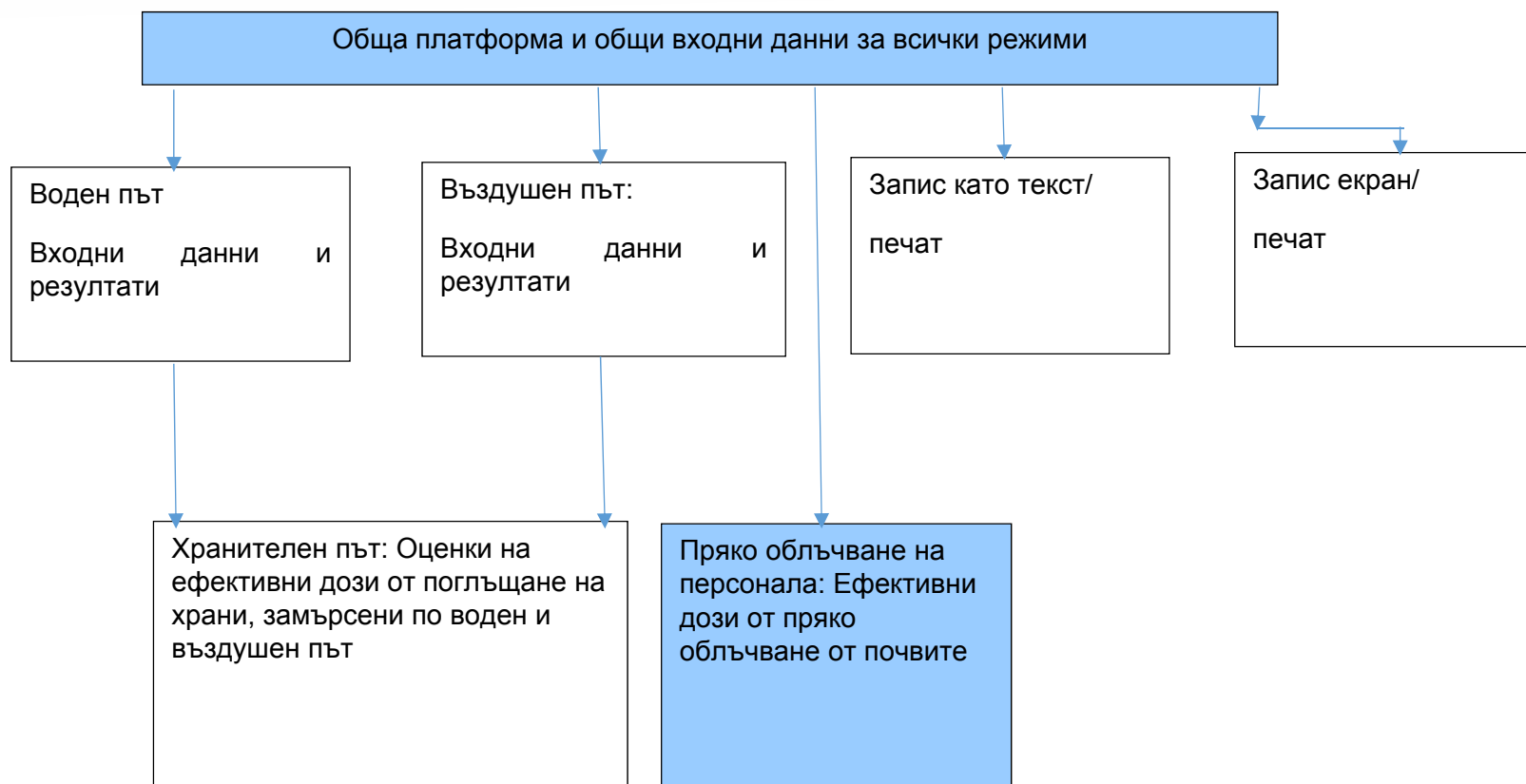


Основни документи, на които се базират методиките

- ▶ Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA SRS 44, Vienna 2005;
- ▶ Generic models for Use in assessing the impact of Discharges of radioactive Substances to the Environment, IAEA, SRS 19, Vienna 2005;
- ▶ Documenting Ground-Water Modeling At Sites Contaminated With Radioactive Substances EPA 540-R-96-003 PB96-963302 January 1996;



„Моделиране на трансфера на радиоактивност в почви - софтуерни приложения в АЕЦ”.





Потенциален обект, от който могат да бъдат реализирани пътища на замърсяване с радионуклиди от замърсени земни маси, са натрупвания на замърсени почви на площадката на АЕЦ „Козолодуй“. Тези обекти са покрити с чисти почви и растителност и за тях доминиращи са пътищата на радиологично замърсяване по воден път и евентуално облъчване на персонала.

Тъй като пътищата за оценка на разпространението на радиоактивното замърсяване, изборът на радионуклидите за оценка и специфичната активност на замърсените почви се задават от потребителя, по-нататък е приложен общ подход за оценка на специфичната активност и дозовото натоварване на зададени от потребителя разстояния от радиоактивното замърсяване.



Списък на обектите, съдържащи радиологично замърсени земни маси.

Обект	Описание	Специфична обща активност	или	Коментар
Q1	Разлив на цистерна с кубов остатък	Задава се от потребителя		10 m ³ Оценяват се всички пътища на разпространение на радионуклидите. Пътищата за оценка на разпространението на радиоактивното замърсяване се задават от потребителя.
Q2	Теч от тръбопровод	Задава се от потребителя		Надземен или подземен, на дълбочина 2 m; Еднократно приеманото количество не надвишава 35 m ³ . При подземен тръбопровод се оценява само преносът на радионуклиди с подземните води. При надземен се оценява, както в случаи Q1 и Q5. Пътищата за оценка на разпространението на радиоактивното замърсяване се задават от потребителя.
Q3	Теч от тръбопровод с дебалансни води	Задава се от потребителя		Подземен, на дълбочина 2 m; Оценява се само миграцията на тритий с подземните води.
Q4	Изхвърляне с дебалансните води в топлия канал и река Дунав	Задава се от потребителя		Оценява се относно тритий; Оценява се директното изхвърляне в реката и миграцията на тритий с речната вода.
Q5	Насип от замърсени почви	Задава се от потребителя		За оценка на дозите на персонала се приема модел на безкрайна полусферична повърхност. За населението се оценява разпространението на радионуклидите по воден и/или въздушен път. Пътищата за оценка на разпространението на радиоактивното замърсяване се задават от потребителя.



„Моделиране на трансфера на радиоактивност в почви - софтуерни приложения в АЕЦ”.

Въвеждане на кодировка за целите на дефиниране на сценариите

Oi	Обект, съдържащ замърсени земни маси
Кодове на дейностите, извършвани от работниците на отделните обекти	
Ni	Член на персонала на АЕЦ „Козлодуй“ и населението, за които е възможно облъчване от замърсените земни маси

Код	Описание	Път на облъчване		
		външно	инхалация	поглъщане
Облъчване от замърсените почви				
Qi.Ni подземно Qi.Ni надземно	Оценка на ефективни дози за работници от замърсените почви от външно облъчване, инхалация и поглъщане	■	■	■



Входни данни, необходими за оценките

Методите на МААЕ се основават на прилагане на моделите въз основа на масовата специфична активност на радионуклидите в почвата.

В предлаганата методика са предвидени два варианта на въвеждане на данни относно радиологичните характеристики по радионуклиди.

Първият вариант включва директно въвеждане на специфична масова активност на замърсените почви за избраните радионуклиди $C_{a,l,1}$ (Bq/g) въз основа на измервания от потребителя. В този случай е необходимо и въвеждане от потребителя на площта на повърхностното замърсяване A_{cz} (m^2) за оценка на дозовото натоварване при сценариите с пренос на радионуклиди по воден път.

Вторият вариант предвижда въвеждане от потребителя на пълната активност по радионуклиди $C_{i,1}$ (Bq) на разляните течни РАО. В този случай е необходимо въвеждане от потребителя на площта на повърхностното замърсяване A_{cz} (m^2) при повърхностен разлив, както и дълбочината (m) и обема V (m^3) на разляните течни РАО при подземен разлив.



Данни относно Радиологичните характеристики на повърхностно замърсената почва

При вариант 1 потребителят въвежда специфичната масова активност на почвите за избраните радионуклиди $C_{a,l,1}$ (Bq/g) въз основа на измерванията към момента на разлива. Необходимо е също въвеждането на площта на повърхностно замърсяване A_{cz} (m^2).

При вариант 2 потребителят въвежда пълната активност по радионуклиди $C_{i,1}$ (Bq) на разляните течни РАО и площта на повърхностното замърсяване A_{cz} (m^2).

В този случай е необходимо да се пресметне специфичната масова активност за съответен радионуклид в почвата и да се сведе до вариант 1. Приема се реалистично, че към момента на разлива пълната активност на съответния радионуклид се разпределя в повърхностния слой на почвата с дебелина 0.1 m и върху зададената от потребителя площ на замърсяването. Специфичната масова активност на почвата е необходима за оценките на дозовото натоварване на персонала и населението при обекти Q_i . В методите за оценки при всички останали сценарии може да се работи и направо с общата активност на радионуклидите и обема на изхвърлените течни РАО.



„Моделиране на трансфера на радиоактивност в почви - софтуерни приложения в АЕЦ”.

Метод на МААЕ за оценка на миграцията на радионуклидите

$$L_i = \frac{I}{\vartheta^{cz} z^{cz} R_i^{cz}}$$

I [m/a] коефициент на инфилтрация;

ϑ^{cz} [] обемно водно съдържание в замърсената зона;

Z^{cz} [m] дебелина на замърсената зона;

R_i^{cz} [] степен на задържане за радионуклид i

$$R_i^{cz} = 1 + \frac{\rho^{cz} K_{di}}{\vartheta^{cz}}$$

ρ^{cz} [g/cm³] е плътността на замърсената зона;

K_{di} [cm³/g] е коефициент на разпределение за радионуклида i ;

- концентрация на радионуклида в инфилтрационния поток

M [g] е общата маса на замърсения материал;

C_i [Bq/g] е специфичната активност на радионуклида i в почвата. Може да се работи и с общата активност $M c_i$

L_i [1/a]- степен на изтичане на радионуклида i , виж по-горе

$$C_i^s = \frac{M c_i L_i}{U^s}$$

U^s [m³/a]- обем на инфилтрирания материал през замърсената зона;

$U^s = I A^{cz}$

I [m/a] е скоростта на инфилтрация;

A^{cz} [m²] е повърхността на замърсената площ. Приема се съгласно входните данни.



Миграция на радионуклиди през почвите до подпочвените води

- ▶ Тук основните параметри, които определят миграцията на радионуклидите и типични за тях са:
- ▶ коефициент на разпределение k_d . Той е определящ за всеки елемент и изотоп и за всеки тип почва относно способността да мигрира в дълбочина;
- ▶ Специфична или обща активност на замърсените земни маси;
- ▶ Дълбочина на водоносния хоризонт;
- ▶ Параметри, характеризиращи почвите и радионуклидите относно миграционните им свойства



„Моделиране на трансфера на радиоактивност в почви - софтуерни приложения в АЕЦ”.

Времето за транспорт през ненаситената зона се дава от формулата:

$$t_i = \frac{z^{uz} R_i^{uz} \rho^{uz} R_s^{uz}}{I}$$

I [m/a] е скоростта на инфилтрация;

z^{uz} [m] е дебелината на ненаситения слой;

R_i^{uz} [] R_{cz}^i [] степен на задържане за радионуклид i ;

ρ^{uz} [] ефективна поръзност на ненаситената зона;

R_s^{uz} [] степен на насищане на ненаситената зона.

$$R_i^{uz} = 1 + \frac{\rho^{uz} K_{di}}{\theta^{uz}}$$

ρ^{uz} [g/cm³] е плътността на ненаситената зона;

K_{di} [cm³/g] е коефициентът на разпределение за радионуклид i ;

θ^{uz} [] е обемно водно съдържание на ненаситената зона;



Оценка на специфичната активност при пренос с подземните води

- ▶ След достигане на водоносния хоризонт мигриралите радионуклиди се разпространяват по-нататък с подземните води до достигането на точка на водовземане или водни басейни или реки;
- ▶ Оценява се специфичната активност в точка X,Y,Z
- ▶ Дозите от поглъщане на водата се оценяват, както при поглъщане на замърсена кладенчова вода



Резултати от направени пресмятания

- ▶ Въз основа на направените оценки за радионуклидите, типични за ядрения горивен цикъл на реактори ВВЕР, може да се направи извод, че в рамките на експлоатацията на централата могат да се очакват ниски дози от миграция до водоносния хоризонт на H-3, C-14, Tc-99, I-129 и др.
- ▶ Ключови радионуклиди като Cs-137 и други няма да мигрират до водоносния хоризонт в рамките на хиляда години



Критерии за верифициране на програмния продукт относно оценките на дозите от директно изхвърляне на дебалансни води в река

- ▶ Сравнение с данни от авторитетни презентации
- ▶ Течните изхвърляния в топлия канал на АЕЦ “Козлодуй” и оттам в река Дунав са изхвърляния в околната среда и удовлетворяват изискванията за безусловно освобождаване от регулиране.
- ▶ Съответствие с данните от измерване на специфичната активност на месото на рибата в рамките на радиоекологичния мониторинг.



Резултат от програмния продукт при посочените ВХОДНИ ДАННИ

Списък радионуклиди

- Pu 239
- Pu 240
- Pu 241
- Am 241
- Cm 242
- Cm 244
- Н 3

Радиологични данни — Н 3:

Специфична активност на почви (Bq/g)

Обща активност на течни PAO (Bq)

Обща активност на въздушни PAO (Bq)

6.4E10

Разстояние от източника по x (m): 100

Разстояние от източника по y (m): 100

Височина на изхвърляне H (m):

Критична група население

Възрастни

Деца 1-2 години

Времени параметри

Дата на разлив: 18/05/2018

Дата начало оценка: 19/05/2018

Дата край оценка: 18/05/2021

Запис като текст/печат

Запис екран/Печат екран

Воден път Въздушен път Хранителен път Пряко облъчване

Входни данни

Вид изхвърляне

Подземно изхвърляне на PAO

Повърхностно изхвърляне на PAO

Директно изхвърляне в реката: Qi (Bq/h):

Дълбочина на изхвърлянето на течни PAO (m): 0

Обем течни PAO (m3):

Замърсена площ (m2): 1000

Маса на почва (g): Изчислена

По подразбиране

Тип на почвата

Песъчлива

Глинеста

Дебит на реката (m3/h): Река Дунав

Изчисляване

Резултати

Специфична активност на миграция (Bq/m3):	7.19E+04
Специфична активност в точка x,y (Bq/m3):	1.68E+03
Специфична активност на речна вода при изхвърлянето(Bq/m3):	2.38E+00
Специфична активност на месото на рибата(Bq/g):	2.38E-06
Доза от поглъщане от кладенчова вода (μSv):	6.64E-02
Доза от поглъщане на речна риба при изхвърлянето (μSv):	1.93E-07
Доза от поглъщане на листни зеленчуци (μSv):	3.52E-06
Доза от поглъщане на безлистни зеленчуци (μSv):	3.60E-06
Ефективна доза воден път (μSv):	6.64E-02



Заключения

- ▶ При нива на специфичната активност на радионуклидите, равна на нивата за безусловно освобождаване от регулиране, при повърхностни разливи на течни РАО към момента на оценката, оценената годишна ефективна доза от всички пътища на разпространение на радионуклидите и по всички пътища на облъчване е много по-ниска от дозовия критерий $10 \mu\text{Sv/a}$.
- ▶ От експлоатацията на централата могат да се очакват ниски дози от миграция до водоносния хоризонт на H-3, C-14, Tc-99, I-129 и др.
- ▶ Ключови радионуклиди като Cs-137, Co-60 и други няма да мигрират до водоносния хоризонт в рамките на радиоактивния си разпад.

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!



www.kznpp.org