

**РЪКОВОДСТВА  
ЗА БЕЗОПАСНОСТ**  
ПО ПРИЛАГАНЕ НА  
НОРМАТИВНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ

# РЪКОВОДСТВО

**ЗА РЕАЛИСТИЧНА ОЦЕНКА НА РАДИАЦИОННОТО  
ВЪЗДЕЙСТВИЕ ОТ ГАЗООБРАЗНИ И ТЕЧНИ ЕМИСИИ В  
ОКОЛНАТА СРЕДА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ЯДРЕНО  
СЪОРЪЖЕНИЕ**

**РР-28/2025**



**АГЕНЦИЯ ЗА ЯДРЕНО РЕГУЛИРАНЕ  
BULGARIAN NUCLEAR REGULATORY AGENCY**



## СЪДЪРЖАНИЕ

|           |                                                                                            |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>                                                                | <b>3</b>  |
| <b>2.</b> | <b>ИЗТОЧНИК НА ИЗХВЪРЛЯНЕ.....</b>                                                         | <b>6</b>  |
| <b>3.</b> | <b>МОДЕЛИРАНЕ НА ДИРЕКТНО ОБЛЪЧВАНЕ, ДИСПЕРСИЯ И ТРАНСФЕР В ОКОЛНАТА СРЕДА.....</b>        | <b>8</b>  |
|           | ИЗХВЪРЛЯНИЯ В АТМОСФЕРАТА .....                                                            | 13        |
|           | ТЕЧНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ .....                                                                    | 14        |
|           | НАТРУПВАНЕ НА РАДИОНУКЛИДИ В ОКОЛНАТА СРЕДА .....                                          | 14        |
|           | РАДИОАКТИВЕН РАЗПАД И ДЪЩЕРНИ НУКЛИДИ .....                                                | 15        |
| <b>4.</b> | <b>ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ПЪТИЩАТА НА ОБЛЪЧВАНЕ .....</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>5.</b> | <b>ПРЕДСТАВИТЕЛНИ ЛИЦА ОТ НАСЕЛЕНИЕТО .....</b>                                            | <b>21</b> |
|           | ДЕФИНИРАНЕ НА ПРЕДСТАВИТЕЛНО ЛИЦЕ ОТ НАСЕЛЕНИЕТО.....                                      | 22        |
|           | ПЪТИЩА НА ОБЛЪЧВАНЕ, ВРЕМЕННИ РАМКИ И ПРОСТРАНСТВЕНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА РАДИОНУКЛИДИТЕ ..... | 23        |
|           | ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРЕДСТАВИТЕЛНОТО ЛИЦЕ.....                                               | 24        |
|           | ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СЪОТВЕТСТВИЕТО.....                                                          | 25        |
| <b>6.</b> | <b>ОЦЕНКА НА ДОЗАТА .....</b>                                                              | <b>26</b> |
|           | ГАЗОАЕРОЗОЛНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ .....                                                            | 27        |
|           | ТЕЧНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ .....                                                                    | 29        |
|           | КОМБИНАЦИИ ОТ НАВИЦИ .....                                                                 | 29        |
|           | ВЪЗРАСТОВИ ГРУПИ .....                                                                     | 29        |
| <b>7.</b> | <b>СРАВНЕНИЕ НА ОЧАКВАНИТЕ ДОЗИ С ДОЗОВОТО ОГРАНИЧЕНИЕ И ГРАНИЦИТЕ НА ДОЗАТА.....</b>      | <b>31</b> |
| <b>8.</b> | <b>ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ПРЕПОРЪКИ .....</b>                                                        | <b>31</b> |
| <b>9.</b> | <b>ПРЕПРАТКИ, ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ .....</b>                                               | <b>33</b> |
|           | <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....</b>                                                                  | <b>34</b> |
|           | <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....</b>                                                                  | <b>38</b> |



## 1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Оценката на очакваните дози за лица от населението при ситуации на планирано облъчване е част от системата за радиационна защита и се извършва в процеса на проектиране, въвеждане в експлоатация, експлоатация и извеждане от експлоатация на дадено ядрено съоръжение.

1.2. Основните принципи, границите на дозите, изискванията за осигуряване на радиационна защита и за оценяване и ограничаване на дозите при ситуации на планирано облъчване за лица от населението са определени с Наредбата за радиационна защита (НРЗ) [2].

1.3. Оценката на дозите за лица от населението при ситуации на планирано облъчване е многоетапен процес. Първият етап е получаване на информация за източника на облъчване, включително данни за видовете и количествата радионуклиди и за йонизиращите лъчения. Вторият етап е получаване на информация за околната среда, по-специално концентрациите на радионуклиди в околната среда, произтичащи от въпросния източник. Третият етап от процеса е да се комбинират концентрации на радионуклиди с данни за навици, които са дефинирани от сценарии на облъчване. Четвъртият етап е да се използват коефициенти, които или свързват концентрациите във въздуха или почвата с външните мощности на дозата (доза от външно облъчване), или които превръщат единица прием в доза (доза от вътрешно облъчване). Дозовите коефициенти се изчисляват с помощта на модели на радионуклидно поведение и абсорбция на радиация в организма и са получени и публикувани от Международната комисия за радиологична защита (МКРЗ). Последният пети етап е да се сумират приносите на дозите от външно облъчване и от вътрешно облъчване, според конкретния случай. Оценката на дозите е повтарящ се процес при експлоатацията на ядрено съоръжение.

1.4. Оценката на дозите за лица от населението може да бъде прогнозна или ретроспективна. Прогнозните дози са за лица, които може в бъдещето да получат дози от външно и вътрешно облъчване при експлоатацията на ядрено съоръжение, докато ретроспективните дози са дози, които са се случвали в миналото.

1.5. При определянето на дозови ограничения за лица от населението се отчитат се всички възможни пътища, водещи до външно и вътрешно облъчване при нормални условия на експлоатация на дадено ядрено съоръжение. Дозовото ограничение по отношение на очакваната годишна ефективна доза трябва да бъде винаги по-малка от границата за лица от населението, определена в НРЗ. Трябва да се има предвид, че съществува неопределеност при оценката на дозите за лица от населението, както и преходния характер на някои ситуации при екстремни условия на облъчване. В резултат на тази присъща неопределеност, при установяване на съответствие за нормални ситуации съществува вероятност дозата за някои индивиди да надхвърли дозовото ограничение, но вероятността за това е незначителна.

1.6. Променливостта и неопределеността са присъщи на всеки процес на определяне на индивидуалните характеристики и при определяне на дозите. Променливостта се отнася до реална и идентифицируема хетерогенност или разнообразие в природата. Неопределеността възниква от неизбежните ограничения в оценката. Независимо дали дозите се изчисляват чрез използване на измервателни данни, чрез прилагане на модели или чрез комбинация от измервания и изчисления, променливостта и неопределеността допринасят за разпределението на възможните стойности. Степента на променливост и неопределеност се представя от формата и степента на това разпределение.



1.7. Държавите-членки на Европейския съюз използват различни подходи както за идентифициране на представителни лица от населението, така и за изчисляване на техните дози. Европейската комисия установи необходимостта от обща методология, която да подпомогне хармонизирането на подхода за изчисляване на такива дози и прилагането на стандартите в целия Европейски съюз.

### **ЦЕЛ**

1.8. Целта на настоящото ръководство е да се изготвят методически указания за извършване на реалистична оценка на ефективни дози за лица от населението, дължащи се на газоаерозолни и течни радиоактивни емисии в околната среда, при експлоатацията на ядрени съоръжения в ситуации на планирано облъчване. Ръководството ще подпомогне лицензиантите за адекватно прилагане на нормативните изисквания за осигуряване на радиационна защита на населението при нормални условия на експлоатация и извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения.

1.9. Целта на реалистичната оценка е да се оценяват дозите възможно най-близо до тези, които действително биха били получени от населението. Това е сложна задача, като при оценката се цели да се избегне значително надценяване или подценяване на получените дози.

### **ОБХВАТ**

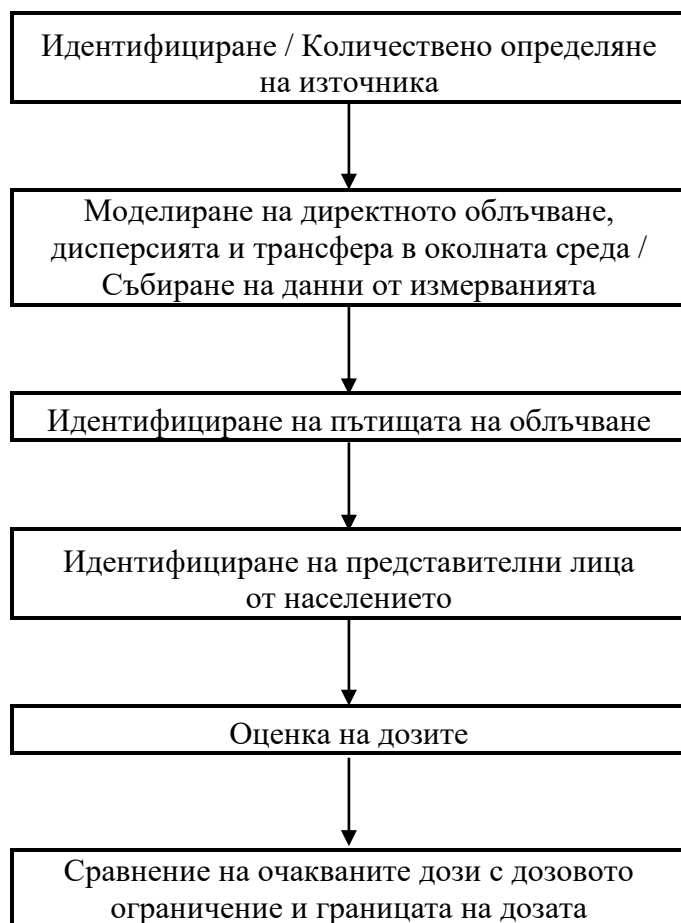
1.10. Основното приложение на настоящото ръководство е за ретроспективни реалистични оценки на дозите, получени от населението в резултат на радиоактивни емисии в околната среда при нормална експлоатация на ядрени съоръжения.

1.11. Ретроспективните оценки отчитат дозите, които се получават в момента или са получени в миналото. Вероятно е да има налична информация за местоположението и поведението на различни групи от населението, както и да има измервания на радионуклиди в околната среда. Прогнозните оценки разглеждат дозите, които могат да бъдат получени в бъдеще, например от планираните изхвърляния. В този случай е необходима преценка относно това, което може да се случи в бъдеще, например по отношение на промените в земеползването и обикновено такива оценки включват елемент на предпазливост в приетите предположения. Насоките в това ръководство са свързани предимно с ретроспективни оценки, но голяма част от тях са от значение и за прогнозните оценки.

1.12. Ръководството обхваща всички етапи на оценка на дозите за населението. На Фигура 1 е представено обобщение на етапите. Тази фигура е представена, за да илюстрира елементите на оценката и да улесни нейното описание. Най-общо, първият елемент на оценката трябва да бъде характеризирането на източника на радиация, тъй като той е свързан с облъчването на населението. След това трябва да се вземат предвид дисперсията в околната среда и прехвърлянето на радионуклиди в компонентите на околната среда, свързани с идентифицираните пътища на облъчване и местоположението. След това концентрациите на радиоактивност, изчислени в редица компоненти на околната среда, трябва да се комбинират със съответните данни за навиците и условията на живот (напр. честота на дишане, консумация на вода, консумация на храна) и фактори за време на заетост (напр. времето, прекарано на определено място или вътре или извън него) за изчисляване на приема на радионуклиди (вътрешно облъчване) или външно облъчване за представителното лице. Приемът на радионуклиди и външното облъчване трябва да се комбинират с дозиметрични данни за изчисляване на дозите за представителното лице за сравнение със съответните критерии (напр. дозовото ограничение). За да се направи реалистична оценка е необходимо да се получи възможно



най-пълна информация за площадката на дадено ядрено съоръжение и да се вземат предвид специфичните местни условия.



Фигура 1. Компоненти на радиологична оценка на въздействието върху околната среда за защита на населението при нормална експлоатация на ядрено съоръжение

### ОСНОВАНИЯ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ

1.13. Съгласно чл. 98 на Наредбата за радиационна защита (изм. и доп. ДВ бр. 110 от 29.12.2020 г.) всяко предприятие, което експлоатира ядрено съоръжение, извършва реалистични оценки на ефективните дози за лица от населението, дължащи се на газообразни и течни радиоактивни емисии в околната среда, въз основа на реални данни. С цел реалистичното оценяване на дозите за лица от населението и за съпоставяне с дозовите ограничения се определят представителни лица въз основа на проучвания и като се вземат предвид действителните пътища, водещи до външно и вътрешно облъчване.

1.14. Съгласно чл. 99 на Наредбата за радиационна защита (изм. и доп. ДВ бр. 110 от 29.12.2020 г.) реалистичната оценка на ефективните дози за представително лице от населението включва:

- оценяване на външното облъчване съобразно с вида и характеристиките на йонизиращите лъчения;
- оценяване на вътрешното облъчване съобразно с постъпването, вида и характеристиките на радионуклидите;



- отчитане на съдържанието на радионуклиди в храни, питейни води и компоненти на околната среда, свързано с облъчване на представителни лица;
- отчитане на дозово определящите пътища на облъчване.

## 2. ИЗТОЧНИК НА ИЗХВЪРЛЯНЕ

2.1. Първият етап от радиологичната оценка е да се определи какви радионуклиди се освобождават и в коя част от околната среда се освобождават.

2.2. Източникът на изхвърляне, избран за оценка на радиологичното въздействие, трябва да е представителен за типа съоръжение или дейност, които се оценява. Трябва да бъдат избрани състава и количеството на съответните радионуклиди, от гледна точка на радиационната защита, както и пътят на изхвърляне и физичните свойства (т.е. газ, аерозол или течност) и химичните свойства, важни за трансферите в околната среда и дозиметрията на радионуклидите. Изхвърлянията в атмосферата и във водната среда и директното облъчване трябва да се разглеждат отделно, според случая.

2.3. За да се направи реалистична оценка на дозата, е от съществено значение да се получи възможно най-много информация за мястото, което се оценява. Данните трябва да включват:

- Вид и количество изхвърляни радионуклиди;
- Химическа и физическа форма на изхвърлянето;
- Местоположение и условия на изхвърлянето (напр. изхвърляне в атмосферата от вентилационна тръба с височина 100 m или река или крайбрежен район, към който се освобождават течни изхвърляния).

2.4. Обикновено се отчитат изхвърляния за групи радионуклиди със същия тип активност (например обща алфа активност или обща бета активност). Оценка на дозите могат да се извършват само на база спецификата на радионуклидите и затова, когато са докладвани групи радионуклиди, е необходимо или разделянето на изхвърлянето за групите нуклиди между радионуклидите, за които е известно, че са били изхвърлени, или да се използва „ключов радионуклид“, който е представителен за оценка на облъчването.

2.5. За да се направи реалистична оценка е необходимо да се направят специфични за обекта предположения въз основа на радионуклидите, за които е известно, че се изхвърлят от площадката.

2.6. Общото изхвърляне за всеки радионуклид трябва да бъде интегрирано за периода, изискван от регулаторния орган. Обикновено изхвърлянето се дава от гледна точка на активността, освободена за една година работа на дадено ядрено съоръжение. За повечето ядрени съоръжения и дейности при оценка на радиационното въздействие върху околната среда обикновено се приема, че емисиите са непрекъснати и постоянни през експлоатационния период, например 30 до 50 години. Това предположение може да не е винаги валидно, тъй като може да има значителни промени в изхвърлянията за кратък период от време (например, в случай на импулсни схеми за изхвърляне на радиоактивни вещества от съоръжения или дейности). Ако ефектите от такива импулсни модели на изхвърляне са значителни, трябва да бъдат взети предвид при оценката. Трябва също така да се има предвид, че изхвърлянията в околната среда могат да продължат след спиране на експлоатацията поради наличието на остатъчни радионуклиди в съоръжението.

2.7. В някои случаи химическата форма на изхвърления радионуклид може да има значителен ефект върху дозите (например, тритий, въглерод-14, изотопи на йод, плутоний



или уран). Операторът на съоръжението трябва да предостави съответната информация, когато химическата форма е вероятно да бъде съществена при оценката на дозата. Това се отнася и за физическата форма (например, при изхвърляния на аерозоли в атмосферата, чийто размер може да повлияе на дозите от тези изхвърляния).

2.8. Дозите за представителни лица от населението обикновено се оценяват при предположение за годишни изхвърляния. Това предполага, че дейността се изпълнява непрекъснато и равномерно през цялата година. На практика изхвърлянията никога няма да бъдат напълно равномерно непрекъснати.

2.9. Ако обаче значителна част от годишното изхвърляне е било изхвърлено за кратък период от време, това може да доведе до по-високи годишни дози на представителните лица от тези, оценени за еднаква скорост на освобождаване през годината в зависимост от условията към момента на освобождаване. Оценката ще трябва да вземе предвид месеца или сезоните, тъй като дисперсията, прибирането на реколтата и заетостта на открито варират през годината. Следните фактори и обстоятелства могат да доведат до по-високи дози:

- През краткия период от време, през който е настъпило освобождаването на радиоактивни вещества в атмосферата, дисперсията в околната среда може да бъде локализирана от средната дисперсия за една година. Това може да доведе до по-високи концентрации на активност в някои компоненти на околната среда, включително хранителните вериги. В случай на изхвърляне в атмосферата това може да се дължи на появата на метеорологични условия, водещи до много неблагоприятна дисперсия (например, условия на инверсия през нощта или по време на антициклони). За изхвърляния във водна среда това може да е резултат от условия с нисък дебит в реките, каквито могат да се случат през летните месеци.

- При изхвърляния в атмосферата по време на валежи това ще доведе до засилена отложена активност върху земната повърхност.

- Навиците за заетост на лица от населението може да се променят през климатичните сезони (например, риболов се случва най-често през лятото).

- Реколтата може да е готова за събиране скоро след изхвърлянето, което води до по-високи концентрации на активност в храната, отколкото би се предполагало. Също така някои храни (например, кореноплодни зеленчуци и плодове) могат да се съхраняват за консумация в продължение на много месеци след прибиране на реколтата, което трябва да се отчита при оценката на дозите.

2.10. Краткотрайни изхвърляния с висока активност могат да се появят във време, което би довело до по-ниски дози за населението (например през зимата, когато се събират малко култури).

2.11. Когато се предполага, че се събират храни (например, кореноплодни зеленчуци, листни зеленчуци), при оценката трябва да се използват пикови концентрации на активност, като се вземе предвид естественото радиоактивно разпадане. Не е реалистично да се предположи, че храни, които съдържат тези пикови концентрации, ще се консумират за период от повече от около два месеца, освен ако не могат да се съхраняват (например кореноплодни зеленчуци или плодове). В този случай съхранението след 6 месеца не би било нормално. Трябва да се отбележи, че тези предположения са консервативни, тъй като е малко вероятно целият прием на определена група храни, например листни зеленчуци, да бъде повлиян от краткосрочно освобождаване на радиоактивни вещества при експлоатация на ядрено съоръжение.

2.12. При производството на животински продукти (например, мляко, говеждо или агнешко месо) за оценка на дозата при поглъщане следва да се използват концентрациите





на активността, интегрирани във времето за период от една година след краткосрочно освобождаване на радиоактивни вещества при експлоатация на ядрено съоръжение. Този подход е подходящ при производство на мляко, което продължава целогодишно с относително непрекъснат темп.

2.13. В някои случаи, например оценка на радиологичното въздействие върху околната среда или началните етапи на процес на разрешаване, може да се използва типов източник на изхвърляне за предложеното съоръжение или дейност въз основа на предварителни оценки, публикувани данни или опит от подобни съоръжения или дейности.

2.14. Информация за видовете и експлоатационното състояние на атомните електроцентрали и инсталации, които са част от ядрено горивния цикъл, могат да бъдат получени от две бази данни, поддържани от МААЕ - PRIS (IAEA, 2001a) и NFCIS (IAEA, 2001b).

### **3. МОДЕЛИРАНЕ НА ДИРЕКТНО ОБЛЪЧВАНЕ, ДИСПЕРСИЯ И ТРАНСФЕР В ОКОЛНАТА СРЕДА**

3.1 Най-реалистичният метод за оценка на дозите за населението е чрез задълбочено наблюдение на пътищата на облъчване и провеждане на проучвания за навиците на местните хора. Това обаче отнема много време, струва скъпо и нивата в околната среда може да са под аналитичните граници на откриване.

3.2 Обикновено оценката трябва да използва комбинация от данните от измерване и оценки от модели. Всички използвани модели трябва да са ясни, с точно предназначение и да са валидирани спрямо данните от измерванията. Реалистичната оценка трябва да разчита на стойностите на параметрите в модела и използваните данни за навиците при реалистично представяне на ситуацията.

3.3 Прякото гама облъчване от съоръжението или дейността, а в някои случаи и разсеяното в атмосферата гама лъчение, което може да допринесе за външното облъчване на населението в непосредствена близост, трябва да бъде включено в оценката и, ако е необходимо, трябва да се изчислява с помощта на модели или опит от подобни съоръжения или дейности (напр. резултати от програмите за мониторинг).

3.4 Необходими са разнообразни модели и данни, за да се предскаже разпространението и пренасянето на радионуклиди през компонентите на околната среда и до представителното лице от населението. Процесите, които са по-подходящи за оценка на дозата, трябва да бъдат идентифицирани и трябва да бъде разработен концептуален модел под формата на представяне, който улавя ключовите елементи или компоненти на сложна система като поведението на отделените радионуклиди в околната среда. Концептуалният модел трябва да представлява идентифицираните съответни дисперсионни пътища и пътищата на трансфер.

3.5 Концентрациите на активност в компонентите на околната среда (напр. въздух, утайки, почва, вода, биота), произтичащи от постулираните изхвърляния на радиоактивни материали, трябва да бъдат оценени посредством математически модели. Разработени са математически модели за оценка на дисперсията и трансферите на радионуклиди при различни нива на сложност и са описани в *Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment*, Safety Reports Series No. 19, IAEA, Vienna (2001) [10]. Моделите са основни инструменти за използване при регулаторния





контрол на ядрени съоръжения и дейности при планирани, съществуващи и аварийни ситуации на облъчване.

3.6 Тези теми са предмет на програма на МААЕ за моделиране и данни за оценка на радиологичното въздействие - MODARIA (Modelling and Data for Radiological Impact Assessments), която продължи от 2012 до 2015 г. МААЕ продължава тези дейности в последващата програма MODARIA II: Разработване, тестване и хармонизиране на Модели и данни за оценка на радиологичното въздействие.

3.7 Дейностите в рамките на програма MODARIA наблягат на усъвършенстването на моделите за трансфер в околната среда за намаляване на свързаната неопределеност или разработване на нови подходи за подобряване на оценката на радиологичното въздействие върху човека, както и върху флората и фауната, произтичащи от радионуклидите в околната среда.

3.8 Операторът или лицензианта на съоръжението следва да определи нивото на сложност и подробности в предложените методи в съответствие с характеристиките на съоръжението или дейността и местоположението (Таблица 1). Операторът е отговорен за избора на най-подходящите методи в съответствие с насоките, предоставени от регулаторния орган. Националният регулаторен орган следва да реши, в дискусия със заявителя и други заинтересовани страни, коя методология е подходяща за извършване на определена оценка и следва да се съгласи, че приетата методология е подходяща за предложената цел.



**РЪКОВОДСТВО**  
**за реалистична оценка на радиационното въздействие от газообразни**  
**и течни емисии в околната среда при експлоатацията на ядрено съоръжение**

Таблица 1. Примери за фактори, въздействащи на изискваното ниво на сложността на радиологичната оценка на въздействието върху околната среда

| Фактор                                                                         | Елемент                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Характеристики на съоръжението или дейността                                   | <p>Източник на изхвърляне</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Радионуклиди</li><li>• Количество (както активност, така и маса/обем)</li><li>• Форма (химически / физически състав)</li><li>• Геометрия (размер, форма, височина на освобождаване)</li><li>• Потенциал за освобождаване: източника на изхвърляне се различава значително при нормална работа и при аварии</li></ul> <p>Очаквани дози от нормална експлоатация или прогнозирани дози от потенциални експозиции</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Предварителни оценки или предишни оценки за подобни съоръжения</li></ul> <p>Характеристики за безопасност на дейността или съоръжението</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Видове защитна бариера и технически характеристики, присъстващи в проекта</li><li>• Потенциал за тежки аварии</li></ul> |
| Характеристики на местоположението                                             | <p>Характеристики на площадката, свързани с разпространението на радионуклиди в околната среда (напр. геология, хидрология, метеорология, морфология, биофизични характеристики)</p> <p>Наличие и характеристики на рецепторите (напр. демография, навици и условия на живот, флора и фауна)</p> <p>Пътища на облъчване</p> <p>Използване на земята и други дейности (напр. земеделие, преработка на храни, други индустрии)</p> <p>Характеристики на други инсталации в близост и възможни природни и предизвикани от човека външни събития (напр. земетресения, наводнения, производствени аварии, транспортни произшествия)</p>                                                                                                                                                                                                           |
| Характеристики на процеса на разрешаване за конкретната дейност или съоръжение | <p>Изисквания или разпоредби (изисквания за лицензиране)</p> <p>Етап на процеса на оторизация</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



3.9 Двата възможни подхода за използването на модели и данни за оценката са: (а) обща и по-опростена методология, която отчита разреждането, дисперсията и преноса на радиоактивен материал в околната среда с предпазливи предположения и (б) по-подробна методология, частично или изцяло използваща специфични за обекта данни за оценка на концентрациите на активност в различни компоненти на околната среда, с по-реалистични предположения. В някои ситуации комбинацията от общи модели със специфични за площадката данни също може да бъде подходяща за оценката. Във всички случаи, избраните модели трябва да са подходящи за оценка на пространственото разпределение и времевото изменение на концентрациите на активност в околната среда. Сложността на използвания модел трябва да бъде съизмерима с вероятното ниво на въздействие върху околната среда от съоръжението или дейността и следва да бъде предложена и обоснована от оператора или лицензианта на съоръжението и подлежаща на съгласие от регулаторния орган.

3.10 Избраните модели трябва да бъдат подходящи за симулиране на диспергиране, разреждане, трансфер и натрупване на радионуклиди и тяхното разпадане или други механизми за отстраняване, ако е необходимо, като се вземат предвид характеристиките на изхвърлянията, очаквани по време на нормалната експлоатация на съоръжението или дейността. Това включва следните процеси:

- атмосферна дисперсия на радионуклиди;
- отлагане на радионуклиди от атмосферата върху земната или други повърхности и последващо ресуспендиране на радионуклидите;
- водна дисперсия на радионуклиди в повърхностни води (сладководни, солени или морски) и подпочвени води;
- натрупване и последваща ремобилизация на радионуклиди във водни седименти;
- прехвърляне на радионуклиди към и натрупване в растения, животни и в човешката хранителна верига.

3.11 Моделите, използвани за оценка на концентрациите на активност в компонентите на околната среда, трябва да вземат предвид физикохимичните свойства на изхвърлянията. Механизмите за разреждане или натрупване, радиоактивния разпад и образуването на дъщерни нуклиди, мокро и сухо отлагане и утаяване също трябва да бъдат взети под внимание.

3.12 Метеорологичните и хидроложките условия, използвани за по-сложни оценки, трябва да бъдат подходящи и специфични за въпросния обект и за предпочитане да бъдат осреднени данни за няколко години (поне три до пет години). Такива данни могат да бъдат на разположение за самия обект или да бъдат получени от близките метеорологични или хидроложки станции.

3.13 Като цяло могат да се използват модели на атмосферна дисперсия от Гаусов тип [10], особено когато географските характеристики на разглежданите обекти са такива, че могат да се приемат прости сценарии на дисперсия (например в случай на сравнително равен терен) и хората, които биха получили най-високите дози живеят или се предполага, че живеят в рамките на 10 или 20 км от точката на освобождаване. Въпреки това, за по-сложни условия на дисперсия - например съоръжения, разположени в близост до планински региони или райони, където се очакват сложни локални атмосферни циркулации - може да са необходими по-сложни дисперсионни модели. Във всеки случай прогнозите трябва да се основават на реалистични предположения, доколкото е възможно,



и на предпазливи предположения, когато неопределеността или променливостта в данните пречат на прилагането на тези реалистични предположения.

3.14 Ако местоположението на съоръжението е определено по време на оценката, предположенията трябва да вземат предвид специфичните условия на обекта. Ако местоположението на съоръжението все още не е определено, трябва да се използва обща информация на регионално ниво, докато не бъдат известни повече подробности за точното местоположение.

3.15 Радионуклидите могат да бъдат изхвърлени във водна среда. Радионуклидите, изхвърлени във водна среда, се разсейват или концентрират чрез процеси на околната среда като движение на водата и утаяване. Тези процеси много зависят от местните характеристики на водната среда и като такива не е възможно да има напълно генеричен модел за течни изхвърляния в река. Например информацията, използвана за моделиране на водна дисперсия по река, трябва да включва поне размерите на реката и нейния дебит. Моделите трябва да са подходящи за оценка на концентрациите на активност във водния стълб и в утайката. От тези оценки могат да се изчислят концентрациите на активност във водни храни, като риби, мекотели и ракообразни, както е уместно, заедно с външно облъчване от утайки на брега или по речните брегове.

3.16 Когато радионуклидите се изхвърлят непрекъснато, те се натрупват в околната среда до точката, в която могат да се приемат равновесни условия. Оценките на дозата трябва да се изчисляват за времето, в което се очаква най-голямото облъчване. Концентрациите на активност в компонент на околната среда, които се използват за оценка на дозите, трябва да са представителни за условията, когато натрупването може да се приеме за максимално. Например, ако се очаква дадено съоръжение да работи в продължение на 30 или 40 години, дозата трябва да бъде оценена за 30-та или 40-та година, за да се вземе предвид максималното натрупване в околната среда. За съоръжения или дейности, от които се изхвърлят дългоживущи радионуклиди, максималните експозиции могат да възникнат след прекратяване на експлоатацията, например в резултат на бавни миграционни процеси на радионуклиди в околната среда след периода на експлоатация. Оценката трябва да вземе предвид тази възможност.

3.17 Трябва да се вземе предвид приносът към дозата от дъщерни нуклиди във веригите на радиоактивен разпад. В някои случаи продуктите на разпад могат да бъдат радиологично по-значими от родителския радионуклид и затова е важно да се помисли за нарастването на такива продукти на разпад. Примери за продукти на разпад, които са радиологично по-значими от техните родителски радионуклиди, са веригите на разпад на уран и  $^{241}\text{Pu}$ , който се разпада на  $^{241}\text{Am}$ . Предположенията и подходите, използвани за справяне с дъщерните нуклиди, включително изключването им, ако е приложимо, следва да бъдат обосновани.

3.18 Трансферът на радионуклиди от компонентите на околната среда към растенията и животните в човешката хранителна верига трябва да се оцени, като се използват общи параметри на трансфер - като коефициентите на трансфер в храна в сухоземните и сладководните екосистеми. Ако има нужда от прецизиране на оценката - например, когато първоначално изчислените дози, използващи общи трансферни фактори, са над или близки до избраните критерии за дозата - може да се наложи използването на трансферни фактори въз основа на конкретни измервания на място; обаче такива трансферни фактори въз основа на конкретни измервания на място могат да бъдат трудни за получаване за прогнозна оценка. Неопределеността при параметрите на трансфер, произтичаща от липсата на специфични за дадена площадка данни, може да бъде компенсирана чрез



използването на общи данни с предпазливи предположения, въпреки че такива предположения не трябва да бъдат грубо песимистични.

3.19 За съоръжения, които изискват комплексна оценка, може да се направи предварителна оценка на дисперсията и трансфера в околната среда в началните етапи на процеса на разрешаване, като се използват прости консервативни модели и метеорологични и хидроложки данни, които са общи за региона (напр. от публикувани данни или от записи от най-близките метеорологични или хидроложки станции, които понякога могат да бъдат разположени на десетки до няколкостотин километра от обектите). На по-късните етапи от процеса на разрешаване трябва да се използват метеорологични и хидроложки данни от измервания, проведени на площадката или много близо до местоположението на съоръжението, когато те станат достъпни. Такива местни измервания обикновено се извършват на етапите на проучване и строителство. Изисквания и препоръки относно вида и подробностите на данните, които трябва да бъдат на разположение на по-късните етапи от процеса на лицензиране, могат да бъдат намерени в IAEA Safety Standards Series No. NS-R-3 (Rev. 1), Site Evaluation for Nuclear Installations; IAEA Safety Standards Series No. SSG-18, Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations; и IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.2, Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants.

### ИЗХВЪРЛЯНИЯ В АТМОСФЕРАТА

3.20 Ако се използват модели за прогнозиране на концентрациите на активност във въздуха и на земята, трябва да се вземе предвид обхвата на метеорологичните условия, които се случват в течение на една година. Трябва да се вземат предвид ефектите от мокро и сухо отлагане, както и радиоактивния разпад. Метеорологичните условия трябва да са подходящи за въпросния обект и за предпочитане да бъдат осреднени от данни от няколко години. Такива данни могат да бъдат достъпни за самата площадка или от близките метеорологични станции. Моделът на атмосферна дисперсия също трябва да вземе предвид височината на освобождаването, като се вземат предвид ефектите от близките сгради и всяко повишаване на струята поради топлинната плаваемост и/или импулса на освободения материал. Най-много се използва Гаусовият модел за дисперсия на струята, базиран на използването на метеорологични данни по категорията на стабилност (Pasquill, 1976).

3.21 Честа практика е да се използва общ модел за пренос на радионуклиди през наземни хранителни вериги. При такива модели подобни храни се групират заедно за целите на моделирането, например по-скоро се разглеждат листниковите зеленчуци и кореноплодните зеленчуци, отколкото специфични култури, като зеле или моркови. В повечето случаи ще бъде приемливо да се използват общи стойности на параметрите за модела на хранителната верига. Ако обаче са направени обширни измервания в близост до мястото, тогава може да е подходящо да се използват специфични за площадката стойности за определени параметри.

3.22 За моделиране на ресуспендиране на отложени на земята радионуклиди са възможни два подхода. Първият използва коефициент на ресуспензия, за да свърже отлагането на земята с активността на радионуклида във въздуха, докато вторият използва подход за зареждане с прах в резултат от човешка дейност.

3.23 Може също да се изисква модел за изчисляване на външното облъчване от отложен материал. Моделът трябва да описва миграция на радионуклиди надолу в почвата, както и натрупване на активност поради непрекъснато отлагане.



## ТЕЧНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ

3.24 Радионуклидите, изхвърлени във водна среда, се разпространяват поради общите движения на водата и процесите на утаяване. Течните радиоактивни отпадъци могат да бъдат изхвърлени в сладководни, морски или устиеви среди. Много зависи от местните характеристики на приемащата среда и не е възможно да има напълно общ модел за течни изхвърляния. Наличните модели се различават по предназначение и сложност и трябва да бъдат избрани по подходящ начин.

3.25 Ако изхвърлянията са в река, важните параметри са скоростта на изхвърляне и дебитът на реката, размерът на реката, скоростта на утаяване и естеството на утайката. Най-общо казано, максималната концентрация във водното тяло е близо до точката на заустване. На известно разстояние надолу по течението концентрациите на радионуклиди във водното тяло са хомогенни. Допълнителна дисперсия обаче се получава поради утаяване и присъствие на приточни води, което води до намаляване на концентрацията на радионуклиди.

3.26 Размерът на дисперсията може да е различен за различните пътища, например водата за напояване се черпи само през летните сухи периоди. Следователно размерът на дисперсията по този път трябва да се основава на дебита през лятото. Местообитанието на рибите може да се състои от притоци на малки реки и потоци както нагоре, така и надолу по течението от точката на заустване. Количеството на дисперсията трябва да бъде средно претеглено за различните отделения на реката, които се използват за изчисляване на концентрацията на радионуклиди в рибите.

3.27 При оценяване на дозите за представителни лица от населението, най-високите концентрации на активност и следователно дози обикновено се появяват близо до точката на изхвърляне. Съществува обаче възможността за облъчвания, произтичащи от по-далечно място, например там, където се пие водата или където има голям риболов. Сладководната вода може да се използва за напояване на земеделска земя и поради това трябва да се обмисли трансфера на радионуклиди към сухоземните хранителни вериги.

## НАТРУПВАНЕ НА РАДИОНУКЛИДИ В ОКОЛНАТА СРЕДА

3.28 Когато радионуклидите се освобождават непрекъснато, те се натрупват в околната среда до точката, в която се постигат равновесни условия. Условията на равновесие означават, че скоростта на изхвърляне на радионуклида е равна на скоростта на пренасяне от разглежданата среда. Точката, в която се достигат равновесните условия, зависи от поведението, химичната форма и радиоактивния разпад на нуклида.

3.29 Например  $^{131}\text{I}$  достига много бързо равновесие, тъй като има период на радиоактивен полуразпад от 8 дни. Technetium-99 също постига условия на равновесие сравнително бързо, въпреки че има период на полуразпад 212860 години. Това се дължи на факта, че обикновено се разпространява бързо в околната среда. За радионуклиди като  $^{239}\text{Pu}$ , които имат дълъг период на полуразпад и не са химически подвижни, може да отнеме много десетилетия преди да се достигне равновесие. За оценки, които се основават на минали изхвърляния, всички използвани модели трябва да вземат предвид това натрупване в околната среда.

3.30 Продължителността на времето, необходимо за отчитане на натрупването, ще зависи от вероятния живот на централата и от това дали подобна централа може да бъде построена на същите места. Животът на съоръжението вероятно ще бъде в диапазона от 30 до 100 години. Предполагат се непрекъснати изхвърляния в продължение на 50 години, за да представляват очаквания живот на ядрените инсталации.





## РАДИОАКТИВЕН РАЗПАД И ДЪЩЕРНИ НУКЛИДИ

3.31 Радионуклидът може да се разпадне в дъщерен, който също е радиоактивен и това се налага да се вземе предвид при реалистичните оценки на дозата. В някои случаи продуктите от разпад могат да бъдат по-вредни радиологично от родителя и затова е важно да се помисли за генерирането на дъщерни нуклиди. В други случаи ситуацията е по-проста, тъй като дъщерния има кратък радиоактивен живот и може да се счита, че е в равновесие с родителя. В този случай двата радионуклида просто се разглеждат заедно. В някои случаи за много дългоживущи радионуклиди образуването на всеки дъщерен нуклид се извършва в толкова дълъг времеви мащаб, че не е необходимо това да се включва в оценките при нормалните изхвърляния.

## 4. ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ПЪТИЩАТА НА ОБЛЪЧВАНЕ

4.1 Когато радионуклидите се освобождават в околната среда, съществуват редица различни начини, по които те могат да доведат до дози за индивидите. Различните начини са посочени като пътища на облъчване и дозите трябва да бъдат оценени за всеки важен път на облъчване. Има много различни възможни пътища на облъчване и не е необходимо при реалистична оценка на дозите да се разглежда всички.

4.2 Възможните пътища на облъчване от изхвърляне на радионуклиди в атмосферата и повърхностните води при нормална експлоатация (обикновено за ядрени инсталации като атомни електроцентрали) са например следните:

- вдишване на радионуклиди от облака (газове, пари, аерозоли);
- вдишване на ресуспендирани радионуклиди;
- поглъщане на култури;
- поглъщане на хранителни продукти от животни (мляко, месо, яйца);
- поглъщане на питейна вода;
- поглъщане на водни храни (сладководни риби, ракообразни, мекотели);
- поглъщане на горска храна (диви гъби, горски плодове, дивеч);
- поглъщане на кърма или местно приготвена храна за кърмачета;
- неволно поглъщане на почва и утайки;
- външно облъчване от радионуклиди в облака;
- външно облъчване от радионуклиди, отложени върху земята и върху повърхности;
- външно облъчване от радионуклиди във вода и седименти (т.е. от дейности на брега, плуване и риболов).

4.3 В зависимост от сценариите на облъчване и характеристиките на обекта, не всички пътища, изброени в параграфите по-горе, може да се наложи да бъдат включени в оценката. В конкретни случаи могат да бъдат идентифицирани допълнителни пътища. Приносът на пътя на облъчване към общата доза зависи от включените радионуклиди, данните за навиците, времето прекарано на дадено място и други характеристики на разглежданата популация. Следователно, някои пътища на облъчване могат да бъдат изключени от оценката с мотива, че дозите, свързани с тях, се оценяват като несъществуващи или незначителни. Решението за изключване на определени пътища на облъчване от разглеждане следва да бъде обосновано.





4.4 При някои обстоятелства може да е възможно да се използват общи стойности за изчисляване на дозите от поглъщането само за много общи категории храни. Например, дозите обикновено могат да бъдат изчислени само за поглъщане на култури, без да е възможно да се посочи кои видове култури е вероятно да се консумират. Ако обаче са направени проучвания в близост до площадката, тогава може да е целесъобразно да се използват специфични за обекта стойности за действителните култури в региона.

4.5 Този раздел обсъжда значението на различните пътища и дава препоръки кои пътища трябва почти винаги да се вземат предвид при оценката, тези, които може да се наложи да се разгледат и тези, които рядко трябва да се разглеждат. Насоките се основават на поредица от илюстративни изчисления [15], използвани за да се изследва относителното значение на различните пътища на облъчване след определени изхвърляния в атмосферата и водната среда. Разгледани са редица различни изхвърляния и са изчислени дозите за шест възрастови групи.

4.6 За пътищата на облъчване, както и за други аспекти, разгледани в това ръководство, е важно да се вземат предвид местните и регионалните фактори при определяне кои пътища да се вземат предвид.

## ИЗХВЪРЛЯНИЯ В АТМОСФЕРАТА

4.7 Илюстративните изчисления, извършени за изхвърляния в атмосферата, са описани в [15] Приложение В. Резултатите са използвани за разделяне на пътищата на облъчване на три вида: тези, които винаги трябва да се имат предвид (Таблица 2); тези, които трябва да се вземат предвид в зависимост от местните условия (Таблица 3); тези, които обикновено не трябва да се разглеждат (Таблица 4). Тези пътища са обсъдени по-долу. Относителното значение на различните пътища на облъчване също са дадени.

Таблица 2. Пътища на облъчване в резултат на изхвърляне в атмосферата, които трябва да се имат предвид

| Път на облъчване | Начин на облъчване                             |
|------------------|------------------------------------------------|
| Инхалация        | Вдишване на радионуклиди в облака              |
| Външно облъчване | Външно бета облъчване от радионуклиди в облака |
|                  | Външно гама облъчване от радионуклиди в облака |
|                  | Външно гама облъчване от отложени радионуклиди |
| Поглъщане        | Месо                                           |
|                  | Мляко                                          |
|                  | Млечни продукти                                |
|                  | Листникови зеленчуци                           |
|                  | Кореноплодни зеленчуци                         |
|                  | Плодове                                        |



Таблица 3. Пътища на облъчване в резултат на изхвърляне в атмосферата, които трябва да се имат предвид в зависимост от местните условия

| Път на облъчване | Начин на облъчване |
|------------------|--------------------|
| Поглъщане        | Пиле               |
|                  | Свинско            |
|                  | Зърно              |
|                  | Храни без яйца     |

Таблица 4. Пътища на облъчване в резултат на изхвърляне в атмосферата, които обикновено не трябва да се разглеждат

| Път на облъчване  | Начин на облъчване                                  |
|-------------------|-----------------------------------------------------|
| Инхалация         | Вдишване на ресуспендирана активност                |
|                   | Вдишването на прах, ресуспендиран в затворена среда |
| Външно облъчване  | Външно бета облъчване от отложени радионуклиди      |
| Неволно поглъщане | Неволно поглъщане на домашен прах                   |
|                   | Неволно поглъщане на почва                          |
| Поглъщане         | Вода                                                |
|                   | Риба                                                |

### Пътища, които винаги трябва да се имат предвид

4.8 Таблица 2 изброява пътищата на облъчване, които почти винаги трябва да се вземат предвид при оценка. Като цяло тези пътища са;

- Поглъщане на радионуклиди в сухоземни храни (например мляко, месо, зеленчуци и плодове)
- Вдишване на радионуклиди в атмосферата.
- Външно облъчване от радионуклиди в атмосферата и отлагане на земята.

4.9 За всяка оценка е важно да се вземат предвид земеделските практики около разглежданата ядрена инсталация. Разглежданите храни са общи групи, например листникови зеленчуци включват всички видове листни и бобови зеленчуци. Изчисленията на дозата от месо и мляко се основават на крави. Ако обаче местната информация показва, че в близост до площадката няма крави, но присъстват овце или кози, тогава тези пътища трябва да бъдат взети под внимание. Местните условия също могат да повлияят кои храни трябва да се имат предвид и относителното значение на тези храни, но като цяло е важно да се вземе предвид поглъщането на сухоземни храни, когато се оценяват дозите от изхвърляния в атмосферата.

### Пътища, зависими от местните условия

4.10 Таблица 3 изброява пътищата на облъчване, които трябва да се имат предвид в зависимост от местните условия.

4.11 Както вече беше посочено, важно е да се вземат предвид местните условия при вземане на решение за пътищата на облъчване, които да бъдат включени в оценката на дозата. Поглъщането на радионуклиди в „свободни храни“ е пример за потенциален път



на въздействие, който трябва да се има предвид само когато местните данни за навиците предполагат, че това може да е от значение. Свободните храни включват плодове, гъби, зайци, фазани, сърни и др. Когато се обмисля поглъщането на свободни храни, е от съществено значение да има информация за местните данни за навиците. Данните за регионални или национални навици не могат да отчитат наличните свободни храни в даден район и се наблюдава голяма разлика между регионите.

4.12 В допълнение, фактори за трансфер от почвата към растението за много диви растения, напр. лишеите, са трудни за получаване и могат да варират в широки граници. Например много различни видове гъби растат в различни райони и тъй като поглъщането на радионуклиди е специфично за видовете, би било много трудно да се оценят точно дозите поради поглъщане на диви гъби по общ начин. Следователно не е възможно да се дадат общи насоки за това как да се изчислят реалистичните дози от този път поради специфичния характер на оценката за мястото.

4.13 Обикновено не е необходимо да се разглеждат продукти от прасета и домашни птици, които се отглеждат вътре и се хранят с фураж от редица източници, повечето от които са на известно разстояние от обекта, който представлява интерес. Въпреки това, те могат да бъдат важни на определени места, ако други храни не се отглеждат близо до мястото на интерес.

4.14 Зърното се произвежда около много ядрени инсталации и може да бъде важно по отношение на дозата, особено поради изхвърлянето на  $^{14}\text{C}$ . Въпреки това всяко зърно, произведено за консумация от човека, обикновено се смесва с други съставки, получени на широка площ преди обработката и разпространението. Следователно е малко вероятно човек или група индивиди да консумират зърно, произведено от самите тях. Ако обаче информацията, специфична за площадката, показва, че зърното се произвежда и консумира на местно ниво, този път трябва да бъде включен.

### **Пътища, които обикновено не се разглеждат**

4.15 Таблица 4 изброява пътищата на облъчване, които обикновено не трябва да се разглеждат.

4.16 Установено е, че дозите от питейна вода и консумация на риба, където изхвърлянето се извършва в атмосферата с последващо отлагане върху суша и водни повърхности, са незначителни. Умишленото поглъщане на почва от деца или възрастни не е необходимо да се разглежда при оценките, тъй като това е признато медицинско състояние, което има тенденция да се случва за относително кратко време. Неволното поглъщане на пръст и прах е установено, че е относително маловажно, така че обикновено не е необходимо да се разглежда.

### **ТЕЧНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ**

4.17 Пътищата на облъчване са разделени на няколко типа. Това идентифицира онези пътища, които винаги трябва да се имат предвид; тези, които трябва да се имат предвид в зависимост от местните условия; и тези, които обикновено не трябва да се разглеждат. За изхвърлянията в река местните специфични пътища са разделени на: тези, които ще доведат до значителни дози в сравнение с тези от пътища, които винаги трябва да се имат предвид; и тези, които биха могли да доведат до по-малко значими дози. По-малко значими дози са тези, които вероятно са около един порядък по-малко от най-доминиращия „конвенционален“ път. „Конвенционален“ път е този, който обикновено се среща при повечето площадки, напр. консумация на риба, време, прекарано в приливните



зони. Нестандартни пътища са тези, които могат да се появят около някои площадки, напр. консумация на краве мляко от животни, които пасат на приливни територии, но не са характерни за повечето обекти.

4.18 Изхвърлянията във водната среда могат да доведат до значително различни дози за еднакви скорости на освобождаване в зависимост от приемащото водно тяло. Например, дозите, получени от изхвърляне в река, ще зависят от обемния поток на реката. Освен това радионуклидите показват различно разпределение в утайките и поемане на биота в сладководна среда. По принцип оценките на дозите, дължащи се на течните изхвърляния, трябва да включват елемент на специфичност на мястото при моделирането на тяхното въздействие.

#### **Пътища на облъчване, които винаги трябва да се имат предвид**

4.19 Таблица 5 изброява пътищата на облъчване, които почти винаги трябва да се вземат предвид при оценка, включваща изхвърляния в река.

Таблица 5. Пътища на въздействие в резултат на изхвърляне в река, които винаги трябва да се имат предвид

| Път на облъчване | Начин на облъчване                                      |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| Поглъщане        | Сладководни риби                                        |
| Външно облъчване | Излагане на гама-емитери от утайките на брега на реката |

4.20 Тези пътища са:

- Поглъщане на радионуклиди в риби, взети от реката;
- Външно облъчване от гама- радионуклиди върху утайките на речните брегове.

#### **Важни пътища а облъчване, които трябва да се вземат предвид, ако местните условия са подходящи**

4.21 Външното облъчване на плавателни съдове може да бъде относително важен път поради количеството време, прекарано във водата с относително малко екраниране (Таблица 6). Данните за времето на заетост трябва да се вземат от проучвания за навици, ако има такива.

Таблица 6. Важни пътища на облъчване, произтичащи от изхвърляния в речна среда в зависимост от местните навици

| Път на облъчване | Начин на облъчване             |
|------------------|--------------------------------|
| Външно облъчване | Облъчване на плавателни съдове |

#### **Пътища на облъчване в резултат на изхвърляния в река, които биха могли да бъдат взети предвид, ако местните навици са подходящи**

4.22 Таблица 7 представя пътища, които могат да бъдат разгледани, ако има вероятност да се появят в района на обекта. Тези пътища пораждаат относително важни дози за някои от обектите, в зависимост от местните условия на дисперсия в близост до площадката. Те също представляват тези, които могат да дадат дози по-малки от най-доминиращия „конвенционален“ път. Някои от тези пътища е малко вероятно да бъдат адитивни към



## РЪКОВОДСТВО

за реалистична оценка на радиационното въздействие от газообразни  
и течни емисии в околната среда при експлоатацията на ядрено съоръжение

„конвенционалните“ пътища, напр. е малко вероятно някой да плува 300 h/y в допълнение към това да прекара 500 h/y на брега на реката.

Таблица 7. Пътища на облъчване в резултат на изхвърляне в речна среда, които биха могли да бъдат взети предвид, ако местните навици са подходящи

| Път на облъчване | Начин на облъчване                                                                                            |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поглъщане        | Сладководни ракообразни и мекотели                                                                            |
|                  | Поглъщане на месо от животни, пиещи речна вода                                                                |
|                  | Поглъщане на мляко от животни, пиещи речна вода                                                               |
|                  | Поглъщане на култури, отглеждани на предварително наводнени земи                                              |
|                  | Неволно поглъщане на утайка от брега на реката                                                                |
|                  | Поглъщане на необработена питейна вода                                                                        |
| Външно облъчване | Облъчване по време на плуване (ако се приеме плуване 300 h/y за възрастни и 10 годишни и 30 h/y за кърмачета) |
|                  | Облъчване на кожата от риболовни уреди                                                                        |
|                  | Облъчване на лодки по време на развлечения                                                                    |

4.23 Изследванията показват, че може да е важно да се помисли за поглъщането на сладководни мекотели и ракообразни. Поглъщането на месо или мляко от животни, пиещи речна вода, трябва да се разглежда като път, ако има вероятност да се случи.

4.24 Тези пътища водят до относително важни дози от някои от местата в зависимост от местните условия на дисперсия. Поглъщането на култури, отглеждани на предварително наводнена земя, може да формира значителен дял от общата доза, особено за кърмачета. Неволното поглъщане на утайка от брега на реката става важно за по-младите възрастови групи в зависимост от сместа от радионуклиди, изхвърлени в реката. Външното излагане по време на плуване или при използване на лодки за развлекателни цели може да бъде важно в зависимост от заестостта и отделените радионуклиди.

4.25 Трябва да се имат предвид дози за кожата от риболовни уреди. Въпреки че е установено, че поглъщането на пречистена питейна вода дава относително малки дози, обаче може да възникне поглъщане на необработена питейна вода и при някои местни обстоятелства може да доведе до относително важни дози. Следователно това е включено в пътищата в Таблица 7. Всички тези пътища трябва да се разглеждат само ако местните проучвания на навиците са установили, че е подходящо.

### Пътища на облъчване, които обикновено не се разглеждат

4.26 Таблица 8 посочва онези пътища, които обикновено не трябва да се вземат предвид за оценка на дозата при изхвърляния в реките.

Таблица 8. Пътища на облъчване в резултат на изхвърляне в река, които обикновено не трябва да се вземат предвид

| Път на облъчване | Начин на облъчване                   |
|------------------|--------------------------------------|
| Поглъщане        | Поглъщане на пречистена питейна вода |
|                  | Поглъщане на водоплаващи птици       |
|                  | Поглъщане на сладководни растения    |



## РЪКОВОДСТВО

за реалистична оценка на радиационното въздействие от газообразни  
и течни емисии в околната среда при експлоатацията на ядрено съоръжение

|                  |                                                                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Поглъщане на посеви, напоявани с речна вода                                                                                       |
|                  | Поглъщане на култури, отглеждани върху почва, кондиционирана с използване на речни растения (напр. зърно, кореноплодни зеленчуци) |
|                  | Неволно поглъщане на речна вода по време на плуване                                                                               |
| Външно облъчване | Облъчване от наводнена земя                                                                                                       |
|                  | Излагане на бета-емитери върху утайките на брега на реката                                                                        |
| Инхалация        | Ресуспендирани утайки / кондиционирана почва                                                                                      |

4.27 Установено е, че поглъщането на пречистена питейна вода, взета от реката, в която се е изхвърляло, има незначителен принос за дозата. По принцип се установява, че консумацията на сладководни растения и водоплаващи птици е с незначителен принос. Установено е, че поглъщането на култури, напоявани с речна вода или култури, отглеждани на почвата, обработена с речни растения, допринася малко за общата получена доза. Неволното поглъщане на речна вода по време на плуване се оказва незначителен път. Установено е, че външното излагане на индивиди върху наводнени преди това суши и излагането на бета-емитери върху утайките на брега на реката допринасят само малка част от общата доза. Вдишването на ресуспендирани утайки от речните брегове по принцип също не трябва да се разглежда.

## 5. ПРЕДСТАВИТЕЛНИ ЛИЦА ОТ НАСЕЛЕНИЕТО

5.1 „Представително лице“ е лице, което получава или може да получи доза, която е представителна за лица от населението, с по-високо облъчване, дължащо се на даден източник и път на облъчване, изключвайки лицата с екстремни или необичайни навици. Реалистичното оценяване на дозите за лица от населението се основава на:

- представителни лица от населението, като се отчитат действителните пътища, водещи до външно и вътрешно облъчване при пренос на радиоактивни вещества;
- периодичността на радиационния мониторинг.

5.2 Оценката на дозите по отношение на представителни лица от населението включва:

- оценка на външното облъчване съобразно вида и характеристиките на йонизиращите лъчения;
- оценка на вътрешното облъчване от постъпване на радионуклиди, отчитайки естеството на радионуклидите и при необходимост – техните физически и химически характеристики;
- отчитане на специфичните активности на храни, питейни води и компоненти на околната среда, имащи връзка с облъчването поради пренос на радионуклиди;
- прилагане на реалистични сценарии за външно и вътрешно облъчване на представително лице от населението.

5.3 При определяне на представителни лица от населението са възможни два подхода. Първият включва извършване на проучвания на местното население, за да се определят техните навици, къде живеят и т.н. От тези проучвания могат да бъдат идентифицирани хората, които получават или са получавали най-високи дози. Вторият подход включва





използването на по-обобщени данни за установяване на общи групи от хора, които е вероятно да получат най-високите дози.

5.4 Представителното лице не е действителен член на популацията, а е по-скоро референтно лице, определено с помощта на дозиметрични модели и данни за навиците, характерни за тези индивиди, които са повече изложени на облъчване, и се използва при определяне на съответствието или при прогнозни оценки.

5.5 Представителните лица от населението могат да бъдат идентифицирани за ретроспективна оценка на дозата чрез местни познания и специфични за обекта проучвания на навиците, допълнени, ако е необходимо, чрез използване на общи изследвания на навиците.

5.6 Данните за местонахождението на представителното лице трябва да представляват навици, типични за населението, живеещо в региона, където се намира съоръжението или в държавата като цяло. Данните за навиците, използвани при оценката, могат да бъдат получени от статистически информации, събрани на национално, регионално или международно ниво или, когато е възможно, от проучвания, проведени на или близо до мястото, където ще работи съоръжението. Данните за навиците включват нива на потребление на храна и питейна вода и нива на вдишване. Важни характеристики при оценяване на дозите за представителното лице са предполагаемото местоположение на представителното лице (напр. разстоянието му и посоката от точката на изхвърляне на радионуклиди). Важно е също така, когато представителното лице получава храна, частта от консумираната храна, която е от местен или регионален произход, времето на заетост на различни места и част от времето, прекарано на открито и на закрито. Мястото, където живее представителното лице, може да се основава на действително лице или група лица, или на постулирано лице или група лица, живеещи на място, избрано с предпазливи предположения (например близо до оградата или в регион, където може да се очаква отлагане на радионуклиди върху земната повърхност).

5.7 Трябва да се вземат предвид фактори, които намаляват нивото на излагане на радиация, където живеят хората, като степента на екраниране или филтриране, предлагани от сгради, за които се предполага, че са обитавани.

## ДЕФИНИРАНЕ НА ПРЕДСТАВИТЕЛНО ЛИЦЕ ОТ НАСЕЛЕНИЕТО

5.8 Дозата за населението трябва да се изчислява, като се използват концентрации в околната среда или нива на експозиция и подходящи данни за навиците. Следователно, с цел защита на населението, е необходимо да се определи лице, което да се използва за определяне на спазването на дозовото ограничение. Това е представителното лице. Този индивид, който почти винаги ще бъде хипотетична конструкция, получава доза, която е представителна за по-силно изложените индивиди в популацията. Представителното лице е хипотетично лице с определени навици. Представителното лице е еквивалентен на и замества средния член на критичната група, препоръчани преди това от МКРЗ (ICRP, 1985). (отменената Наредба за основните норми за радиационна защита от 2012г.: "Критична група" е група лица от населението, която е достатъчно еднородна от гледна точка на облъчването, получаващо от определени източник и начин на облъчване, и е представителна за лицата, които получават или ще получат най-големи ефективни дози или еквивалентни дози (в зависимост от случая) от определените източник и начин на облъчване.)



5.9 При обмисляне на дозата за представителното лице трябва да се вземат предвид редица фактори: (1) оценката на дозата трябва да обхваща всички съответни пътища на облъчване; (2) оценката на дозата трябва да отчита пространственото разпределение на радионуклидите, за да се гарантира, че лицата, получаващи по-високото облъчване, са включени в оценката; (3) данните за навиците трябва да се основават на изложената популация и трябва да бъдат разумни, устойчиви и еднородни; и (4) подходящи дозови коефициенти трябва да се прилагат за конкретни възрастови категории. След като тези фактори бъдат взети под внимание и в зависимост от използвания подход за оценка (детерминистичен, вероятностен или комбинация от тях), се идентифицира представителното лице и се използва за определяне на съответствието.

5.10 Представителното лице не представлява конкретно лице от определена възрастова група, то е теоретична конструкция, дефинирана от комбинация от ограничаващите фактори за дозата, честотата на дишане и поглъщане, навиците и други характеристики (например типично поведение), които са взети от различни възрастови групи. Следователно дозите са представителни за най-високите дози, които се очаква разумно да бъдат получени от всеки представител на населението по време на извънредна ситуация за разглеждания сценарий на облъчване. Предприемането на действия за реакция въз основа на прогнозираната или получената доза от представителното лице дава разумна увереност, че действията също ще бъдат подходящи за всеки представител на населението.

### **ПЪТИЩА НА ОБЛЪЧВАНЕ, ВРЕМЕВИ РАМКИ И ПРОСТРАНСТВЕНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА РАДИОНУКЛИДИТЕ**

5.11 Важно е дозата за представителното лице да включва подходящ принос от всички начини на облъчване (напр. изхвърляния в атмосферата, течни изхвърляния и пряко външно облъчване). Възможно е при някои оценки един или няколко пътища да доминират в облъчването. Могат да се правят предположения, така че да се вземат предвид само пътищата, които допринасят значително за облъчването. Ключът към това кои пътища трябва да бъдат включени зависи от вида на оценката, но общата цел трябва да бъде да се гарантира, че не е пропуснат нито един важен път.

5.12 За период от време от около 50 години в бъдещето е разумно да се предположи, че характеристиките на индивидите могат да се основават на текущите данни за навиците. Следователно потенциалната оценка на годишната индивидуална доза може да се счита за валидна за период от този ред.

5.13 При оценката на дозата в перспектива може да е целесъобразно да се признае, че институционалният контрол върху използването на земята (например определяне като национален парк или дива зона) може да бъде в сила. Това може да попречи на различни дейности (напр. битови нужди или обработваеми култури) в определената зона, така че получаването на основните хранителни запаси от района не би било възможно. Климатичните условия могат също да изключат или да диктуват потенциал за бъдещо обитаване и местно произведени храни (напр. в суха зона наличието на вода може да попречи както на продължително пребиваване, така и на устойчиво производство на храни). Следователно при избора на подходящи характеристики трябва да се вземат предвид тези условия.

5.14 Трябва да се вземат предвид и пространственото и времевото разпределение на изхвърлените радионуклиди и натрупването на дългоживущи радионуклиди през целия живот на съоръжението. Един пример за това е натрупването в речни утайки на радионуклиди от течни изхвърляния. Такова натрупване може да доведе до това, че най-изложените лица се отдалечават от съоръжението или са изложени по-късно във времето.



5.15 Възможността за бъдещи промени в земеползването може да се наложи да се вземе предвид при прогнозната оценка. Например, в момента може да няма селскостопанска продукция в близост до съоръжението, но такова производство може да започне по време на предложения живот на съоръжението. Следва да се определи дали тази селскостопанска продукция трябва да се приеме в прогнозната оценка. Независимо от това е важно от време на време да се преоценяват избраните характеристики по време на живота на дадено съоръжение, за да се отчетат значителни промени, които могат да настъпят в демографските данни и начина на живот.

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРЕДСТАВИТЕЛНОТО ЛИЦЕ**

5.16 Характеристиките на индивида се описват от зависими от възрастта физиологични параметри и данни за навиците, които включват информация за хранителната диета, данни за местоживеенето, използване на местни ресурси и всякаква друга информация, необходима за оценка на дозата.

5.17 Важно е индивидуалните навици (напр. консумация на храни, честота на дишане, местоположение, използване на местни ресурси), използвани в детерминистичния подход, да са средни навици на малък брой индивиди, които са представителни за тези, които са по-силно изложени, а не екстремните навици на един член от населението. Може да се вземат предвид някои екстремни или необичайни навици, но те не трябва да диктуват непременно характеристиките на разглежданите индивиди. Изключения могат да бъдат навиците на отделно лице, за които може разумно да се очаква да продължат за дълъг период от време от това лице или други.

5.18 Когато разпределението на данните за навиците се използва при вероятностен подход, разглежданите данни за навиците трябва да включват диапазона на всички възможни стойности, намерени в съответната популация. Разпределението на навиците трябва да е подходящо за разглежданото място или ситуация. Например, ако изхвърлянията в крайбрежна среда са предмет на оценката, разпределението на навиците трябва поне да отразява поведението на жителите на крайбрежните общности.

5.19 Ако няма данни за специфични навици за местното население (напр. консумация на риба от крайбрежна зона с локално изхвърляне на радионуклиди в реката), стойностите могат да бъдат получени от подходящи национални или регионални данни за населението. Разпределението на тези данни може да се използва при вероятностни оценки или може да се избере стойност за данните за навика за разпределението при детерминистични изчисления. Създадените национални бази данни предполагат, че 95-ият процентил на консумацията на много основни храни обикновено надвишава средната стойност на разпределението приблизително с фактор 3. МКРЗ счита, че използването на 95-ия процентил на поведение при детерминирани изчисления е предпазливо предположение за определяне на нормата на прием при липса на данни за конкретни обекти.

5.20 Като цяло, един път на облъчване за определен източник ще доминира дозата за представителното лице от този източник. Ако повече от един прием на радионуклиди допринася значително за дозата, може да не е разумно да се предположи, че данните за навиците от 95-ия процентил са приложими за всички пътища; на по-доминиращия път трябва да бъде определен 95-ия процентил, а по-ниска стойност трябва да бъде присвоена на други пътища, в съответствие с изискването оценките да представляват набор от навици, които са разумни и устойчиви. Дори ако повече от един път на облъчване допринасят значително за сумираната ефективна доза, лицата, получаващи най-високата експозиция, са склонни да бъдат доста хомогенни по отношение на навиците.



5.21 При избора на данни за навика на представителното лице трябва да се вземат предвид разумността, устойчивостта и хомогенността.

5.22 Разумността предполага, че данните за навиците се прилагат реално за дадено лице и не са извън обхвата на това, което хората срещат в ежедневието. Трябва да се има предвид разумността на данните за навика, независимо дали се използват вероятностни или детерминистични методи.

5.23 Устойчивостта и хомогенността са аспекти на разумността. В детерминистичния подход въпросът за разумността при избора на данни за навика е свързан с този за хомогенността, тъй като дозовото ограничение е предназначено да се прилага за дози, получени от средните данни за навика в разумно хомогенна група. Хомогенността се отнася до степента, до която крайностите в определени данни за навиците са включени или не са включени в оценката.

5.24 Устойчивостта разглежда степента, до която избраните навици могат да бъдат продължени във времевата рамка на оценката. Данните за навиците трябва да бъдат устойчиви. Например общият хранителен прием трябва да съответства на надеждните калорични изисквания. Навиците трябва да съответстват на личните изисквания на индивида. Неуместно е например да се предполага, че едно и също лице получава ежедневни нужди от хранителни вещества независимо от всеки от няколко различни пътя (например земеделие и риболов). Също така е неподходящо да се предположи, че всички храни, консумирани в даден район, се отглеждат в рамките на тази област, ако е очевидно, че наличното местоположение и площ не могат да подкрепят предполагаемия хранителен прием. В случай на значителен принос за дозата от външно облъчване се изискват разумни оценки на времето, прекарано в зони с повишени нива на експозиция. Като цяло, според Публикация 101 на МКРЗ [11] поддържането на ситуации на облъчване за период от поне 5 години се счита за устойчиво.

5.25 Трябва да се внимава, за да се избегне избирането на екстремни процентилни стойности за всяка променлива, за да се предотврати прекомерен консерватизъм в оценката. Такъв резултат може да доведе до значително и нереалистично надценяване на дозата за представителното лице и може неоправдано да натовари проекта на съоръжението. Взети заедно, изборът на стойности на параметрите трябва да представлява разумен и устойчив сценарий на облъчване.

## **ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СЪОТВЕТСТВИЕТО**

5.26 При детерминистичните методи оценката води до единична стойност на дозата, която се сравнява със съответното ограничение за определяне на съответствието. Целта се постига, когато стойността на дозата за представителното лице е по-малка от дозовото ограничение и е оптимизирана радиологичната защита.

5.27 За вероятностните оценки определянето на представителното лице и определянето на съответствие от разпределението на дозите обикновено е по-сложно. МКРЗ не предписва използването на специфичен метод за вероятностни оценки.

5.28 За някои вероятностни оценки на дозата е възможно по същество всички дози при разпределението да се предвиждат да бъдат по-малки от съответното дозово ограничение. В този случай съответствието се демонстрира лесно.

5.29 При прогнозна вероятностна оценка на дозата за индивиди, независимо дали от планирано съоръжение или съществуваща ситуация, се препоръчва представителното лице да бъде определено така, че вероятността да е по-малка от около 5%, че дадено лице, взето на случаен принцип от населението ще получи по-голяма доза.



5.30 Ако такава оценка показва, че няколко десетки хора или повече биха могли да получат дози над съответното ограничение, характеристиките на тези хора трябва да бъдат проучени. Трябва да се обмисли анализ на чувствителността на избраните стойности на параметрите, за да се определи дали са използвани най-подходящите разпределения. Трябва да се обърне внимание и на предложенията на обществеността за съществуващи или вероятни ситуации на облъчване, които могат да отразяват крайности в популацията. Такъв принос може да не е бил включен в анализа на оператора. Въпреки че този принос най-често съответства на ниски експозиции, опитът показва, че понякога той подчертава потенциално значими пътища на облъчване, които не са били разгледани и които налагат допълнително разследване. Ако след по-нататъшен анализ се покаже, че дозите за няколко десетки хора наистина имат вероятност да надвишат съответното дозово ограничение, трябва да се обмислят действия за промяна на облъчването.

5.31 За ретроспективни оценки на дозата на конкретни лица, било с цел определяне на съответствие за предходен период на експлоатация на съоръжение или съществуваща ситуация, МКРЗ признава, че очакваните дози над дозовото ограничение трябва да се оценяват за всеки отделен случай. В някои случаи може да се очаква, че тези дози ще продължат само за кратко или може никога да не се появят. Ако обаче дозите за конкретни индивиди надвишават дозовото ограничение и се очаква тези дози да са такива за продължителен период от време, операторът и регулаторът трябва да вземат решение дали е необходимо намаляване на източника. Такава ситуация може да изисква допълнително наблюдение, за да се намали неопределеността в оценката на дозата или да се провери големината на дозата.

## **6. ОЦЕНКА НА ДОЗАТА**

6.1 Оценката на радиологичното въздействие върху населението трябва да се извършва, като се използва индивидуалната ефективна доза, която е сумата от ефективната доза от приема на радионуклиди (т.е. от вътрешно излагане при поглъщане и вдишване) и ефективната доза от външно облъчване. Дозите от вътрешното облъчване се изчисляват, като се използват дозови коефициенти от приема на радионуклиди чрез поглъщане и вдишване, които осигуряват погълнатата ефективна доза за единица активност на приема, изразена в единици сиверти на бекерел (Sv/Bq). Табличните стойности на дозовите коефициенти, приложими за населението, са налични в редица публикации European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, United Nations Environment Programme, World Health Organization, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014). International Commission on Radiological Protection, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, Publication 119, Elsevier, Oxford (2012). Периодът на ангажимент, поет от МКРЗ за изчисляване на дозовите коефициенти, е 50 години за прием от възрастни и 70 години за прием от деца. Съществуват стандартни модели за изчисляване на ефективната доза от външно облъчване, както и компилация от дозови коефициенти [International Commission on Radiological Protection, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures, Publication 116, Elsevier, Oxford (2010)].

6.2 Дозовите коефициенти за вътрешно облъчване са предвидени за различни възрастови групи. Ако има обстоятелства, които могат да доведат до по-голямо облъчване





на определена възрастова група, тогава тази възрастова група трябва да бъде взета предвид при оценката. Прилагането на различни дозови коефициенти за различните възрастови групи трябва да се прецени по отношение на способността да се предвиждат концентрациите на радионуклиди в околната среда и способността да се отчитат неопределеностите в данните за навиците на изложените индивиди. Неопределеностите в оценките на дозата, особено при прогнозните изчисления, обикновено не се намаляват значително чрез увеличаване на броя на възрастовите групи, за които са предвидени дозови коефициенти [11]. Спецификацията на възрастовите групи трябва да се основава на сценариите на облъчване за съоръжението и дейността на разглеждания обект. Изчисляването на дозите за между две и четири възрастови групи трябва да бъде достатъчно в повечето случаи (напр. 1-годишни бебета, 10-годишни деца, възрастни). Излагането на ембриона или плода и на кърмените бебета може да се наложи да се разглежда отделно, особено ако изхвърлянията на радиойод са значителни.

## **ГАЗОАЕРОЗОЛНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ**

6.3 Радиационното облъчване ще зависи от концентрациите на радионуклиди във въздуха и на земята около площадката в резултат на изхвърлянията. Това от своя страна зависи от местоположението на точките на изхвърляне, височината на изхвърляне и атмосферните условия.

### **Инхалация**

6.4 За вдишване на радионуклиди от облака хората, работещи или живеещи на места с най-висока концентрация, обикновено получават най-високите дози от този път. Трябва да се вземат предвид обитаването, както и концентрациите на активност във въздуха при определяне на местоположението с най-високи дози при вдишване.

### **Външно облъчване**

6.5 Хората могат да бъдат изложени на външно облъчване по два начина: от радионуклиди, отложени на земята или от атмосферата. За външно облъчване от отложени радионуклиди групи, разположени там, където има най-голямо отлагане върху почвата, вероятно ще получат най-голямо облъчване. Въпреки това, поради движението на радионуклиди в атмосферата, зоната с най-голямо отлагане на земната повърхност не е непременно зоната с най-висока концентрация на активност във въздуха. Следователно индивидите, които получават най-голяма експозиция поради облъчване от отложени радионуклиди, може да не съвпадат с индивидите с най-високи дози поради облъчване от облака.

6.6 За времето, прекарано на закрито, трябва да се вземе предвид степента на екраниране, предлагана от сградата, за да се намали външното облъчване и заетостта на сградата. Дозата на закрито се намалява с коефициент 0,2 за облъчване от облака и 0,1 от отложена активност поради екраниране. Дозите за хора на открито от външното гама облъчване от облака в градска зона също вероятно ще бъдат по-малки от тези в селските райони поради екраниране от околните сгради. Мощността на дозата от външната гама облъчване от облака на открито в градските райони могат да бъдат получени чрез умножаване на дозовите нива на открито в селските райони с 0,7. За дози на открито от излагане на отложена активност не се препоръчва намаляване на дозата нито за селски, нито за градски райони.



6.7 Ако сградата е работно място, тогава е достатъчно да се приеме заетост само в работно време. Комбинацията от заетост и екраниране може да означава, че най-близката сграда до източника не е мястото за най-изложената група.

### Консумация на сухоземни храни

6.8 Изхвърлянията в атмосферата водят до трансфер на радионуклиди към сухоземните храни. Трябва да се вземат предвид хората, които впоследствие поемат тези храни. Трябва да се идентифицират площите на земята, използвани за селскостопанско производство, където отлагането от атмосферата е най-голямо. Възможно е хората да отглеждат зеленчуци в градините си и това трябва да се има предвид, ако е подходящо. Местните фактори трябва да се вземат предвид при определяне на храните, които да се разгледат. Селскостопанското производство се извършва на големи площи и затова е нереалистично да се предположи, че цялата консумирана храна може да бъде произведена близо до източника на изхвърляне. Може да се приеме предпазливо, че няколко храни могат да бъдат произведени в зона, която е на разстояние няколко метра от мястото на изхвърляне. Въпреки това, когато се предполага, че редица различни видове храни (например мляко, месо и зеленчуци) се произвеждат близо до източника на изхвърляне, тогава е по-реалистично да се вземе предвид необходимостта от по-големи пасищни площи, движение на добитъка около ферма и редуване на култури. По този начин, разстояние от 500 м от оградата на площадката би било по-реалистично минимално разстояние за производството на храна.

6.9 За изчисляване на дозите са необходими нива на прием на различни сухоземни храни. Налична е информация за ЕС за количеството консумирана храна за населението като цяло, както и за средното потребление на глава от населението за ЕС. За изчисляване на дозите на представителното лице се използват по-високи количества за основните храни като целта е да се изчислят дозите за групата, която е най-изложена.

6.10 С това има две трудности. Първото е да се знае какви по-високи нива на прием да се използват, а второто е да се знае колко храни се ядат при по-високи нива на прием. В идеалния случай ще бъде налична информация от проучването, показваща разпределението на приема за различни храни и комбинации от храни. При липса на такива данни трябва да се използва информацията, която е на разположение.

6.11 Малко вероятно е хората да ядат всичките си храни с висок прием и следователно са изведени високи нива на прием за всяка държава от ЕС за четирите вида храни, които най-вероятно водят до най-високите дози.

6.12 При реалистични оценки трябва да се използват местни знания, за да се определи кои храни се консумират с висока норма и кои храни се консумират със средни норми. Храните, избрани за консумация с най-високи нива, трябва да бъдат тези, които водят до най-високата доза. Количеството храна, получена от местни източници, също ще трябва да бъде определено, тъй като местните земеделски практики и начин на живот ще варират според разглежданата площадка. Най-консервативното предположение ще бъде да се приеме, че всички сухоземни храни се произвеждат на местно ниво. Това обаче вероятно ще бъде нереалистично и ще доведе до надценяване на дозите. Налице е малко информация за нивата на консумация на храна за кърмачета и деца.

6.13 При липса на местна информация може да се използва наличната информация за определяне на общите норми на прием. За предпочитане е обаче да се използват данни, събрани в разглеждания регион.





6.14 Подробно описание на методите за оценяване на външното и на вътрешното облъчване вследствие газоаерозолни радиоактивни емисии в околната среда са представени в Приложение 1 на разширената редакция на това Ръководство.

### **ТЕЧНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ**

6.15 За изхвърлянията в река пътищата на облъчване могат да включват консумация на сладководни риби и експозиция поради облъчване от пребиваване на бреговете на реката.

6.16 Подробно описание на методите за оценяване на външното и на вътрешното облъчване вследствие течни радиоактивни емисии в околната среда са представени в Приложение 2 на разширената редакция на това Ръководство.

### **КОМБИНАЦИИ ОТ НАВИЦИ**

6.17 Представителните лица от населението ще трябва да имат комбинации от навици, както с високи стойности, така и средни, въз основа на местните познания и правдоподобни предположения. Тези комбинации от навици ще трябва да бъдат реалистични и да не водят до неправдоподобни ситуации. Отново трябва да се има предвид пълен набор от пътища на облъчване за потенциалните представителни лица от населението. В повечето случаи обаче не е реалистично да се предположи, че едни и същи хора са най-изложени на всички пътища и затова просто добавяне на дози, приписани на различни пътища, не е непременно подходящо. Вместо това може да се приеме комбинация от навици, типични за средните и най-изложени хора, т.е. за оценка на дозите се изискват както данни за средните навици, така и данни за по-високи от средните. Например, за представителните лица от населението, които ядат местно произведени сухоземни храни с по-високи от средните нива, може да се приеме, че ядат част от местно произведените водни храни със средни количества.

### **ВЪЗРАСТОВИ ГРУПИ**

6.18 За да се направи реалистична оценка на дозата е от съществено значение да се вземе предвид броят и разпределението на населението по възрастови групи. Събраните данни за населението трябва да бъдат представени в подходящ формат и мащаб, така че да се позволи тяхната корелация с други съответни данни, като например данни за разпространението в атмосферата и за използване на земята и водата. Трябва да се дадат повече подробности за областите по-близо до обекта, особено в рамките на Наблюдаваната зона.

6.19 Трябва да се подчертае, че групите, които получават най-високи дози, са 1-годишни, 10-годишни или възрастни. Следователно дозовото ограничение ще бъде адекватно представено чрез оценка на дозите до три възрастови групи, без да се вземат предвид останалите възрастови групи.

### **Възрастови групи при изхвърляния в атмосферата**

6.20 Таблица 9 обобщава основните пътища на облъчване и значимите радионуклиди след изхвърляне в атмосферата. За всичките сценарии на освобождаване най-високите дози са получени от 1-годишен, 10-годишен или възрастен [15]. За единица изхвърляне на отделни радионуклиди ограничителната възрастова група зависи от радионуклида, както е показано в Таблица 9. За  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  и  $^{131}\text{I}$  е установено, че 1-годишната възраст е пределната



възраст, докато за  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{85}\text{Kr}$  е установено, че пределната възрастова група са възрастни.

Таблица 9. Основни пътища на облъчване и значими радионуклиди след изхвърляне в атмосферата

| Възрастова група | Път            | Нуклид          |
|------------------|----------------|-----------------|
| 3 месеца         | Мляко          | $^{14}\text{C}$ |
| 1 г              | Мляко<br>Зърно | $^{14}\text{C}$ |
| 5 г              | Мляко<br>Зърно | $^{14}\text{C}$ |
| 10 г             | Зърно<br>Мляко | $^{14}\text{C}$ |
| 15 г             | Зърно<br>Мляко | $^{14}\text{C}$ |
| възрастен        | Зърно<br>Мляко | $^{14}\text{C}$ |

### Възрастови групи при течни изхвърляния

6.21 **Таблица 10** обобщава основните пътища на облъчване и значимите радионуклиди след изхвърляне в река. При изхвърляния в река 15-годишните получават малко по-високи дози от възрастните, но тъй като те са в рамките на общата неопределеност като цяло, може да се приеме, че възрастните са ограничаващата група. За единица изхвърляне на отделни радионуклиди в река ограничителната възрастова група зависи от радионуклида. При изхвърляния в река възрастните са ограничаващите групи за всички радионуклиди, с изключение на  $^3\text{H}$ , за който 1-годишните са ограничаващата група. В обобщение изчисленията за всички сценарии показват, че най-високите дози се получават от 1-годишни, 10-годишни или възрастни, с изключение на изхвърлянията в река, където 15-годишните получават малко по-високи, но не значително различни дози от тези на възрастните. Следователно не е необходимо да се вземат предвид всички шест възрастови групи, тъй като дозовото ограничение ще бъде адекватно представено чрез оценка на дозите до 1 годишна възраст, 10 годишна възраст и възрастни.

Таблица 10. Основни пътища на облъчване и значими радионуклиди след изхвърляне в река

| Възрастова група | Сценарий                            | Значим нуклид                    |
|------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1 г              | Външно облъчване/ Поглъщане на риба | $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ |
| 5 г              | Външно облъчване                    | $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ |
| 10 г             | Външно облъчване                    | $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ |
| 15 г             | Външно облъчване/ Поглъщане на риба | $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ |
| Възрастен        | Външно облъчване/ Поглъщане на риба | $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ |



## 7. СРАВНЕНИЕ НА ОЧАКВАНИТЕ ДОЗИ С ДОЗОВОТО ОГРАНИЧЕНИЕ И ГРАНИЦИТЕ НА ДОЗАТА

7.1 GSR Част 3 [1] изисква годишна ефективна доза от 1 mSv да бъде определена като граница за населението при планирани ситуации на облъчване. При специални обстоятелства може да се приложи по-висока стойност за една година, ако средната доза през пет последователни години не надвишава 1 mSv. Дозовите ограничения трябва да бъдат избрани така, че да попадат в диапазона от 0,1 до <1 mSv за една година и могат да бъдат различни за различните съоръжения и дейности или сценарии на облъчване (International Atomic Energy Agency, United Nations Environment Programme, Radiation Protection of the Public and the Environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-8, IAEA, Vienna (2018)).

7.2 Регулаторният орган определя обща стойност за дозовото ограничение за определени видове съоръжения или дейности и специфично дозово ограничение (над или под общото ограничение) за конкретен случай (International Atomic Energy Agency, United Nations Environment Programme, Radiation Protection of the Public and the Environment,, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-9, IAEA, Vienna (in preparation)).

7.3 Дозовите граници са дадени в НРЗ [2]. Дозови ограничения за лица от населението се определят с наредбите по чл. 26 от Закона за безопасно използване на ядрената енергия [1], като се посочват в условията на съответните лицензии и разрешения. Дозовите ограничения за ядрени централи са дадени в чл. 43 от Наредбата за осигуряване на безопасността на ядрени централи [3]

7.4 Тъй като дозовите ограничения се отнасят до един източник, регулаторният орган, когато определя специфичното дозово ограничение за съоръжение или дейност, трябва да вземе предвид възможния принос за дозата на представителното лице от други съоръжения или дейности, разположени в близост или на същата площадка.

7.5 Като част от регулаторния процес на вземане на решения или на ранен етап от процеса на разрешаване, за сравнение може да се използва обща стойност на дозовото ограничение за различни видове съоръжения или дейности (например за съоръжения от ядрен горивен цикъл) с резултатите от първоначалната оценка на радиологичното въздействие върху околната среда. По-късно резултатите от оценката на радиологичното въздействие върху околната среда трябва да бъдат сравнени със специфичното дозово ограничение за разглежданото съоръжение или дейност, както е определено от регулаторния орган.

7.6 Когато се разглеждат трансгранични въздействия, критериите, използвани за оценка на нивото на защита в други държави, трябва да бъдат в съответствие с критериите, посочени в настоящото Ръководство, и да бъдат същите като тези, използвани за държавата, в която е разположено съоръжението или дейността.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ПРЕПОРЪКИ

8.1 Основното приложение на настоящото ръководство е за реалистични оценки на дозите за населението от ядрени инсталации по време на нормална експлоатация.



Акцентът е върху ретроспективните оценки, въпреки че много от идеите са приложими и за прогнозни оценки. Ръководството обхваща всички етапи на оценка на дозите за населението (виж Фигура 1 за обобщение на етапите). За да се направи реалистична оценка е необходимо да се получи възможно най-пълна специфична за площадката информация.

### Идентифициране и специфициране на източника на изхвърляне

8.2 Трябва да се определят видът и количеството на изхвърляните радионуклиди и видът и мястото на освобождаване. Освен ако значителна част от годишното изхвърляне не се изхвърли за кратко време, може да се приеме, че изхвърлянията са непрекъснати, предвид другите неопределености в процеса на оценка.

### Определяне на пътищата на облъчване

8.3 Ръководството разделя пътищата на облъчване на 3 вида, тези, които трябва;

- почти винаги да се има предвид, напр. консумация на храна;
- да бъдат изследвани в зависимост от местните условия, напр. консумация на мляко от животни на паша на замърсени територии
- обикновено не се вземат предвид, напр. вдишване на водни пръски

8.4 Основният фокус на оценката трябва да бъде върху пътищата, които допринасят най-много за дозата на представителното лице.

### Методи за оценка на дозите

8.5 Най-реалистичният метод за определяне на дозата е чрез обширно наблюдение на основните пътища на облъчване. Това обаче отнема много време, струва скъпо и нивата в околната среда може да са под аналитичните граници на откриване. Обикновено оценката включва комбинация от измерване и моделирани данни. Всички използвани модели трябва да са ясни, да отговарят на целта и да са били валидирани спрямо данни от измерванията.

8.6 Моделите трябва да вземат предвид както натрупването в околната среда, така и генерирането на дъщерни нуклиди. Реалистичната оценка разчита на стойностите на параметрите в модела и използваните данни за навиците, които реалистично представят ситуацията около обекта.

### Идентифициране на представителни лица от населението

8.7 Има предоставени обобщени данни за навиците, които да се използват там, където няма налична информация за конкретна площадка. Съществуват оскъдни публикувани данни относно нивата на потребление и заетост в страните от ЕС. Необходима е повече информация за различните възрастови групи за:

- Заетост на закрито / на открито;
- Заетост на приливни райони и брегове;
- Консумация на сухоземни и водни храни както за средни, така и за високи стойности на потребление за различни възрастови групи.

8.8 Представителните лица ще трябва да имат комбинации от навици, както високи, така и средни, въз основа на местните познания и правдоподобни предположения. Тези



комбинации от навици трябва да бъдат реалистични и да не водят до неправдоподобни ситуации, например някой с прекомерен прием на калории.

8.9 Необходима е експертна преценка за определяне на най-подходящата химическа форма за използване при оценката, вместо да се приема химичната форма, която води до най-висок дозов коефициент.

## **9. ПРЕПРАТКИ, ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ**

При разработване на ръководството са взети предвид следните нормативни актове и документи на Европейската комисия и Международната агенция по атомна енергия, приложими в областта на радиационната защита при ситуации на планирано облъчване:

- [1] Закон за безопасно използване на ядрената енергия;
- [2] Наредба за радиационна защита
- [3] Наредба за осигуряване на безопасността на ядрени централи.
- [4] Наредба за аварийно планиране и аварийна готовност при ядрена и радиационна авария
- [5] Radiation protection 129 Guidance on the realistic assessment of radiation doses to members of the public due to the operation of nuclear installations under normal conditions, EC
- [6] IAEA № GSR Part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards.
- [7] IAEA № NS-G-1.13 Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants.
- [8] IAEA № SSG-18 Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations.
- [9] IAEA № NS-G-3.2 Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants.
- [10] IAEA № SRS-19 Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment.
- [11] ICRP Publication 101a Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public
- [12] ICRP Publication 116 Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures
- [13] ICRP Publication 119 Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60
- [14] IAEA Safety Standards Series No. GSG-10 Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities
- [15] Guidance on the Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions, Technical Report December 2006, K A Jones, C Walsh, A Bexon, J R Simmonds, A L Jones, M Harvey, A Artmann# and R Martens#



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Методи за оценяване на външното и вътрешното облъчване вследствие газоаерозолни радиоактивни емисии в околната среда

“Еквивалентна доза” ( $H_T$ ) е погълнатата доза  $D_{T,R}$ , осреднена за даден орган или тъкан  $T$  и умножена по радиационния тегловен фактор  $w_R$  за даден вид и качество на съответното йонизиращо лъчение  $R$ :

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} \quad (1)$$

Сумарната еквивалентна доза  $H_T$  за смесено радиационно поле, което е създадено от йонизиращи лъчения с различни стойности  $w_R$  на радиационния тегловен фактор, се определя по следната формула:

$$H_T = \sum_n w_R D_{T,R} \quad (2)$$

“Ефективна доза” ( $E$ ) е сумата  $E$  от еквивалентните дози  $H_T$  във всички специфицирани тъкани и органи  $T$  на човешкото тяло, претеглени (умножени) със съответните тъканни тегловни фактори  $w_T$ :

$$E = \sum_T w_T H_T = E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R} \quad (3)$$

където:

$D_{T,R}$  - е погълнатата доза от йонизиращо лъчение  $R$ , осреднена за дадена тъкан или орган  $T$ ;

$w_R$  - стойността на радиационния тегловен фактор за лъчението  $R$ .

За оценка на външното и вътрешно облъчване на населението в района на разположение на АЕЦ следва да се вземат под внимание следните пътища на въздействие:

Външно облъчване от радиоактивния облак;

Външно облъчване, следствие от отлаганията върху земната повърхност;

Вътрешно облъчване при инхалация;

Вътрешно облъчване при консумацията на радиоактивно замърсени местни хранителни продукти.

### Индивидуална еквивалентна доза

Пресмята се по формулата:

$$H^{a,j} = \sum_p \sum_r H_p^{r,a,j} \quad (4)$$





където:

$H^{a,j}$  - индивидуална еквивалентна доза за орган или тъкан  $j$  за лица от възрастова група  $a$ , Sv;

$H_p^{r,a,j}$  - индивидуалната еквивалентна доза за орган или тъкан  $j$ , получена по пътя  $p$  от радионуклида  $r$  за възрастова група  $a$ , Sv.

### Външно облъчване от облак

Пресмятането на индивидуалната еквивалентна доза на облъчване  $H_{v1}^{r,j}$  за различни органи или тъкани  $j$  от радиоактивния облак от радионуклида  $r$  на разстояние  $x$  по сектора на направление на вятъра  $i$  се извършва по формулата:

$$H_{v1}^{r,j}(x) = Q^r \cdot X_i^r(x) \cdot R_A^{r,j}, \quad (5)$$

където  $Q^r$  - годишно изхвърляне на радионуклида  $r$ , Bq

$X_i^r(x)$  - дълговременния метеорологичен фактор на разреждане на радионуклида  $r$  на разстояние  $x$  по посока на вятъра  $i$ ,  $s/m^3$ ;

$R_A^{r,j}$  - е дозов коефициент при облъчване от радиоактивния облак за радионуклид  $r$  за различни органи или тъкани  $j$ , Sv.m<sup>3</sup>/(Bq.s).

### Външно облъчване от отлаганията на повърхността на газоаерозолните изхвърляния

Пресмятането на индивидуалната еквивалентна доза на облъчване  $H_{v2}^{r,j}$  за различни органи или тъкани  $j$ , следствие от отлаганията на повърхността на газоаерозолните изхвърляния на нуклида  $r$  на разстояние  $x$  по посока на сектора на разпространение на облака  $i$  се извършва по формулата:

$$H_{v2}^{r,j}(x) = k_1 \cdot k_2 \cdot k_g \cdot k_r \cdot Q_r \{D_{D,i}^r(x) + F_i^r(x)\} R_S^{r,j}, \quad (6)$$

където:  $k_1$  е коефициент, отчитащ релефа на местността, равен на 0,7;

$k_2$  е коефициент, отчитащ средногодишното влияние на снежната покривка върху дозата на външно облъчване;

$k_g$  е коефициентът, отчитащ ефекта на екраниране от сградите на гамалъчението от отлаганията по земната повърхност и при ограничен престой на открито. За населението в градовете и селата този коефициент е съответно 0,4 и 0,64;

$k_r$  е коефициент, отчитащ натрупването на активност в местността от радионуклида  $r$ ;

$D_{Di}^r(x)$  и  $F_i^r(x)$  са дълговременните фактори, съответно на турбулентното отлагане и отмиване на радионуклида  $r$  върху почвата в разглежданата точка  $x$  по сектор на направление на вятъра  $i$ , m<sup>-2</sup>.

$R_S^{r,j}$  е дозов коефициент при облъчване от радиоактивно замърсена почва за радионуклид  $r$ , Sv.m<sup>2</sup>/Bq.s.

Коефициентът  $k_2$  се приема равен на:

0,9 - при зима с малко сняг (малоснежна зима);



0,85 - при зима със средно количество сняг (средноснежна зима);

0,8 - при зима с много сняг (многоснежна зима);

Коефициентът  $k_r$  се определя по формулата:

$$k_r = \frac{(1 - \exp(-\lambda_{ef} \cdot T))}{\lambda_{ef}} \quad \lambda_{ef} = \lambda_r + \lambda_b \quad (7)$$

където:  $\lambda_r$  е константата на радиоактивното разпадане на радионуклида  $r$ ,  $s^{-1}$ ;

$\lambda_b$  е константата на отслабването на гама-лъчението на радиоактивно замърсена местност в следствие на екранирането от горните почвени слоеве, дифузията в дълбочина и миграцията на радионуклида, равна на  $1,27 \cdot 10^{-9} s^{-1}$ . В тази константа не се включва отслабването на гама-лъчението в резултат на разпадането на радионуклида;

$T$  е времето на експлоатация на ядрено съоръжение по проект (препоръчителна стойност 30 г.), s.

### Вътрешно облъчване при инхалация

Пресмятането на облъчването  $H_{V3}^{a,r,j}$  от радионуклида  $r$  за различни органи или тъкани  $j$  на лица от възрастова група  $a$ , получена при инхалация на разстояние  $x$  по посока на сектора на разпространение на вятъра  $i$  се извършва по формулата:

$$H_{V3}^{a,r,j}(x) = A_{A3}^{a,r} \cdot R_{IN}^{a,r,j} \quad (8)$$

където:  $R_{IN}^{a,r,j}$  е дозов коефициент при вдишване (инхалация) на радионуклида  $r$  от лицата от възрастова група  $a$ , Sv/Bq.

$A_{A3}^{a,r}$  е годишното постъпление на радионуклида  $r$  от инхалации за възрастова група  $a$ , Bq, и се дава с:

$$A_{A3}^{a,r} = Q^r \cdot U_a \cdot X_i^r(x) \quad (9)$$

където:  $U_a$  е обем на вдишан въздух за възрастовата група  $a$ ,  $m^3/s$ ;

Препоръчително е да се използват стойностите на величините  $U_a$  и  $R_{I,r}^a$  дадени в Наредба за радиационна защита [2].

### Вътрешно облъчване при консумацията на радиоактивно замърсени местни хранителни продукти (перорален път)

Пресмятането на дозата  $H_{V4}^{a,r,j}$  а различни органи или тъкани  $j$  от радионуклида  $r$  на лица от възрастова група  $a$ , получена при консумацията на радиоактивно замърсени местни хранителни продукти (перорален път) на разстояние  $x$  по посока на сектора на разпространение на вятъра  $i$  се извършва по формулата:

$$H_{V4}^{a,r,j}(x) = A_{A4}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r,j} \quad (10)$$

където:  $R_{IG}^{a,r,j}$  е коефициентът за дозово преобразуване при поглъщане на радионуклида  $r$  от лицата от възрастова група  $a$ , Sv/Bq (Препоръчително е да се използват стойностите, дадени в Наредба за радиационна защита [2]);

$A_{A4}^{a,r}$  е годишното постъпление на радионуклида  $r$  от поглъщане на радионуклида  $r$  от лицата от възрастова група  $a$ , Bq, и се дава с:



$$A_{A4}^{a,r} = C^{r,n} \cdot U_{A4}^{n,a} \quad (11)$$

където:  $C^{r,n}$  е концентрацията на радионуклида  $r$  в продукта  $n$ ,  $Bq/kg$ ;

$U_{A4}^{n,a}$  е годишната консумация на хранителния продукт  $n$  от лицата от възрастова група  $a$ ,  $kg$ .



## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

### **Методи за оценяване на външното и вътрешното облъчване вследствие течни радиоактивни емисии в околната среда**

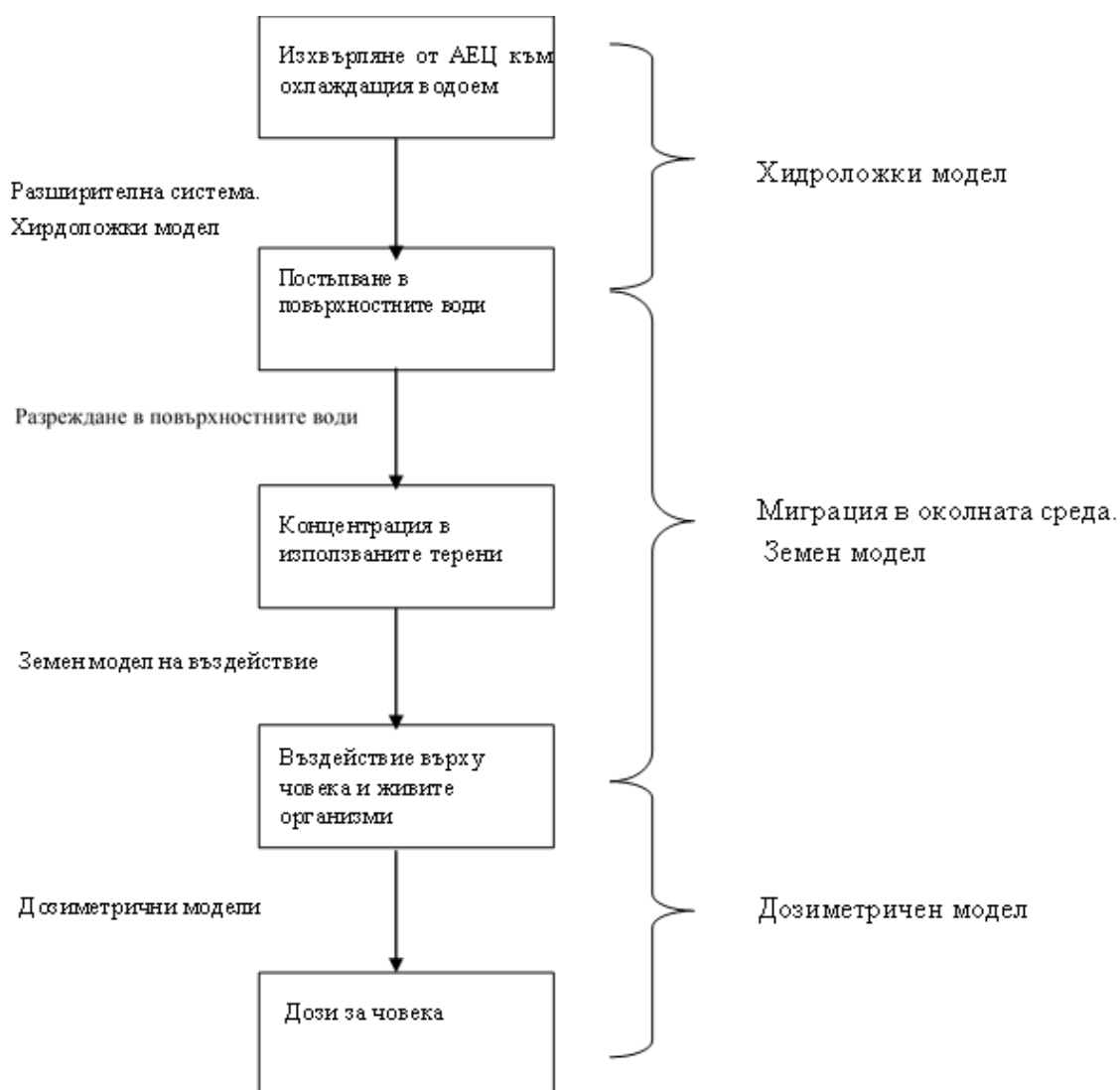
Описаният модел се основава на методологията CREAM (Consequences of Releases to the Environment Assessment Methodology) Radiation Protection 72 –Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, приета от Европейската комисия (ЕС) за оценка на дози на населението от газообразни и течни радиоактивни изхвърляния. Методиката отчита както външното, така и вътрешното въздействие на радиоактивно замърсени води и оценява годишната индивидуална доза за “референтен индивид” и представително лице от населението, а също така колективната доза за населението за три възрастови групи - бебета (0 – 1 година), деца (1- 10 години) и възрастни (над 10 години) по населени места по реката.

### **Математически модели**

#### **Основни принципи**

Тази методика се базира на три типа математически модели: 1) хидроложки модели, 2) модели на пътищата на въздействие (земен модел) и 3) дозиметрични модели.

На Фигура 2 са показани връзките между тези модели. Годишното изхвърляне на радионуклиди в разширителната система е началната точка за тези анализи. Разширителните хидроложки модели описват трансфера и задържането в разширителните системи и оценяват годишните изхвърляния във водите на реката. А също така тези модели разглеждат и разреждането в реката..



Фигура 2. Връзки между моделите

Транспортните модели за повърхностните води се използват основно за представяне на концентрацията на радионуклиди в местата от околната среда, където може да има въздействие върху хората и бионтите. Транспорта на отделената активност в повърхностните води се разглежда като част от земния модел, защото разреждането в повърхностните води е описано посредством фактори за размесване и съответстващи транзитни времена.

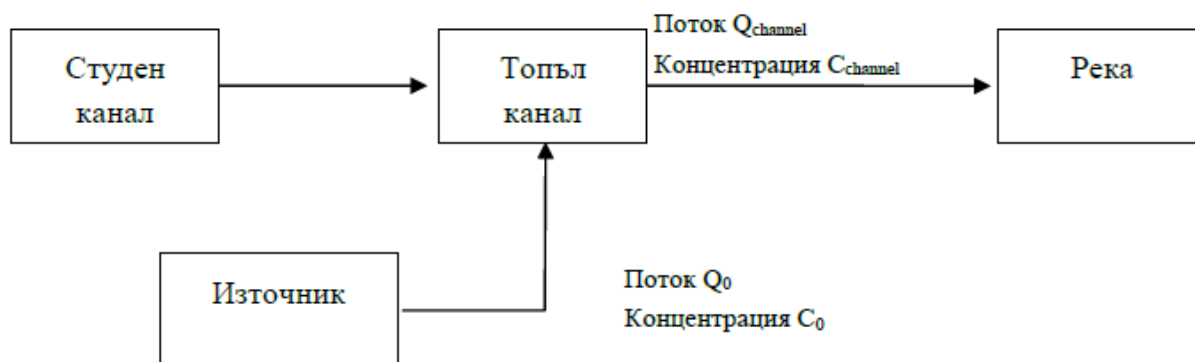
Земните модели оценяват консумацията (чрез поглъщане) на радионуклиди, които се съдържат в различни хранителни продукти (вкл. риба, вода, водни растения и земеделски продукти). Замърсяването на земеделските продукти е резултат от използването на замърсена вода за поливане. Външно облъчване може да се получи също така при плуване, каране на лодка и други дейности по бреговата ивица.

Дозиметричните модели се свързват с използването на фактори за преизчисляване на дозите.



Хидроложките модели описват ефекта върху биосистемите от концентрацията на изхвърлените радионуклиди във водата и транспорта и разреждането на радионуклидите в река.

Разширителните системи задържат изхвърлянето в основното приемащо водно тяло, осигурявайки допълнително време за радиологичния разпад и понижаването на концентрацията на радионуклида. Допълнителното разреждане зависи и от дизайна и операциите в разширителната система. Фигура 3 е представен модел на пълното смесване.



Фигура 3. Модел на пълното смесване

Използваният в случая хидроложки модел е за непреливни реки (дефинират се като пресноводни водоеми с еднопосочен поток в добре определен канал). Замърсителите, изхвърлени пряко в реката от непрекъснат точков източник се пренасят чрез адвекция (процес на пренасяне на веществото чрез хоризонтален поток) и диспергиране. Избраният модел описващ изхвърлянето от АЕЦ към охлаждащия водоем е напълно смесен модел за случаи на обем на охлаждащия водоизточник много по-голям от обема на изхвърлянето.

В настоящата методика анализа на отделните части на системата се използва за моделиране на движенията на активността между отделните части на системата. Тази техника взема предвид незабавното размесване във всяка част заедно с трансфера между компонентите на системата пропорционално на радиоактивните вещества в частта-източник.

Диференциалното уравнение, описващо изменението на активността  $A_i$  в компонента  $i$  на системата се дава с формулата:

$$\frac{\partial A_i}{\partial t} = \sum_{j=1}^n k_{j,i} \cdot A_j - \sum_{j=1}^n k_{i,j} \cdot A_i - k_i \cdot A_i + Q_i \quad (1)$$

За всички  $i=1,n$ , където  $k_{ii}=0$ ,

$A_i$  и  $A_j$  – активностите за време  $t$  в частите  $i$  и  $j$ ,  $Bq$ ;

$k_{ij}$  и  $k_{ji}$  – коефициенти на прехода между частите  $i$  и  $j$ ,  $s^{-1}$ ;

$k_i$  – ефективен коефициент на трансфера за частта  $i$ , която поема материалните загуби от частта без трансфера към другата част (напр. радиоактивния разпад),  $s^{-1}$ ;

$Q_i$  – непрекъснат входен източник за частта  $i$  (напр. изхвърлянето на радиоактивни вещества),  $Bq \cdot s^{-1}$ ;

$n$  – брой на компонентите в системата.





Времевият интеграл на наличните радиоактивни вещества във всяка част от системата се дава с формулата:

$$A_i = \int_0^t A_i \partial t \quad (2)$$

Времето изменение на наличните запаси радиоактивни вещества се получава с решение на системата уравнения (1) и (2).

Количеството, което често се използва в хидроложките модели е обема на обмена  $R_{ij}$  в  $km^3 \cdot s^{-1}$ , от частта  $i$  към частта  $j$  на системата. Дава се с:

$$R_{ij} = k_{ij} \cdot V_i \quad (3)$$

където  $V_i$  – обема вода в частта  $i$ ,  $km^3$ .

### **Хидроложки модел. Изчисляване на концентрации**

За пресмятането на концентрацията на радиоактивни вещества във водата се отчитат само изхвърлянията в повърхностните води.

#### ***При разпространение на радиоактивните вещества във водна среда***

Концентрацията на радиоактивни вещества в речна вода се определя по формулата:

$$C_{DV}^r(x) = \frac{a^r}{10^3 \cdot Q_0} f_V \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{v}\right) \quad (4)$$

където:

$C_{DV}^r(x)$  - концентрация на радионуклида  $r$  в речна вода на разстояние  $x$   $m$  от мястото на изхвърляне,  $Bq/l$ ;

$a^r$  - мощност на източника на изхвърляне на радионуклида  $r$ ,  $Bq/s$ ;

$Q_0$  - разход на изхвърляната вода,  $m^3/s$ ;

$f_V$  - коефициент на дисперсия, при мястото на изхвърляне  $=1$ ; при пълно смесване  $f_V = Q_0/Q$ , където  $Q$  е разход на водата в реката в разглежданата точка,  $m^3/s$ ;

$\lambda$  - константа на радиоактивен разпад,  $s^{-1}$ ;

$v$  - средна скорост на течението на реката,  $m/s$ .

Средногодишната концентрация на радиоактивни вещества в речна вода се определя по формулата:

$$\overline{C_{DV}^r}(x) = \frac{A_{channel}^r}{3,15 \cdot 10^{10} \cdot \overline{Q}_{channel}} f_V \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{v}\right) \quad (5)$$

където:

$\overline{C_{DV}^r}(x)$  - средногодишна концентрация на радионуклида  $r$  в речна вода на разстояние  $x$   $m$  от мястото на изхвърляне,  $Bq/l$ ;



$A_{channel}^r$  - годишно изхвърляне в река на радионуклида  $r$ ,  $Bq$ . Пресмята се по формулата:

$$A_{channel}^r = A_0^r \cdot \exp(-\lambda \cdot t_{channel}) \quad (6)$$

където:

$A_0^r$  – годишното изхвърляне от АЕЦ на радионуклида  $r$ ,  $Bq$ ;

$t_{channel}$  – времето, което изхвърлянето престоява в канала,  $s$ , ( $t_{channel} = \frac{x_{channel}}{v_{channel}}$ ,

където  $x_{channel}$  – дължината на канала,  $m$ ;  $v_{channel}$  – скоростта на водата в канала,  $m/s$ );

$\overline{Q_{channel}}$  - средногодишен разход на изхвърляната вода,  $m^3/s$ ;

$\overline{f_V}$  - коефициент на дисперсия, при мястото на изхвърляне  $=1$ ; при пълно смесване  $f_V = \overline{Q_{channel}}/\overline{Q_r}$ , където  $\overline{Q_r}$  е разход на водата в реката в разглежданата точка,  $m^3/s$ ;

$\lambda$  - константа на радиоактивен разпад,  $s^{-1}$ ;

$v$  - средногодишна скорост на течението на реката,  $m/s$ ;

$$3,15 \cdot 10^{10} = 3,15 \cdot 10^7 [s] \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{m^3}.$$

Концентрацията на радиоактивни вещества в дънните отлагания се определя по формулата:

$$C_{V22}^r = T_{V00,22}^r \cdot \zeta_F \cdot (1 - \exp(-\lambda t_a)) \cdot C_{DV}^r / \lambda \quad (7)$$

където:

$C_{V22}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  в дънните отлагания,  $Bq/m^2$ ;

$T_{V00,22}^r$  - коефициент на прехода на нуклида  $r$  от водата в бреговия седимент,  $l/(kg \cdot s)$ ;

$\zeta_F$  - повърхностна плътност на отлаганията,  $kg/m^2$ ;

$C_{DV}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в речна вода,  $Bq/l$ , (4)(5);

$t_a$  - продължителност на изхвърлянията - срока на експлоатация на АЕЦ,  $s$ .

Повърхностната концентрация на радиоактивни вещества на напояваните територии се определя по формулата:

$$C_{V52}^r = C_{DV}^r \cdot l_5 (1 - \exp(-\lambda t_5)) / \lambda C_{V22}^r = T_{V00,22}^r \cdot \zeta_F \cdot (1 - \exp(-\lambda t_a)) \cdot C_{DV}^r / \lambda \quad (8)$$

където:

$C_{V52}^r$  - повърхностна концентрация на нуклида  $r$  на напояваните територии,  $Bq/m^2$

$C_{DV}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  в речна вода,  $Bq/l$ , (4)(5);

$l_5$  – разхода на вода за напояване,  $l/(m^2 \cdot s)$ ;

$t_5$  - продължителност на напояването за година,  $s$ .



**Концентрацията на радионуклиди в питейна вода се получава по формулата:**

$$C_{V91}^r = T_{V00,91}^r \cdot C_{DV}^r \quad (9)$$

където:

$C_{V91}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в питейна вода,  $Bq/l$ ;

$T_{V00,91}^r$  - фактор на прехода на радионуклида  $r$  от водата в питейната вода или фактор на дезактивация;

$C_{DV}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в речна вода,  $Bq/l$ .

***При разпространение на радиоактивните вещества по хранителни вериги за сметка на изхвърлянията във водна среда***

**Концентрация на радионуклиди в рибата:**

$$C_{V45}^r = T_{V00,45}^r \cdot C_{DV}^r \quad (10)$$

където

$C_{V45}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в риба,  $Bq/kg$

$T_{V00,45}^r$  - коефициент на биоаккумуляция на радионуклида  $r$  в тъканите на рибата,  $(Bq/kg)/(Bq/l)$ ;

$C_{DV}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  във вода,  $Bq/l$ .

**Концентрация на радионуклиди в месото на животни, консумиращи питейна вода:**

$$C_{V75}^r = T_{V00,75}^r \cdot C_{DV}^r \cdot L_7 \quad (11)$$

където:

$C_{V75}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в месото на животни, консумиращи питейна вода,  $Bq/kg$ ;

$C_{DV}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  във вода,  $Bq/l$ , (4) (5);

$L_7$  – потреблението на вода от животните,  $l/d$ ;

$T_{V00,75}^r$  – коефициент на прехода на нуклида  $r$  от водата в месото,  $(Bq/kg)/(Bq/d)$ .

**Концентрация на радионуклиди в млякото на животни, консумиращи питейна вода:**

$$C_{V85}^r = T_{V00,85}^r \cdot C_{V91}^r \cdot L_8 \quad (12)$$

където:

$C_{V85}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  в млякото на животни, консумиращи питейна вода,  $Bq/l$ ;

$C_{V91}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  в питейна вода,  $Bq/l$ , (9);

$L_8$  - потреблението на питейна вода от животни,  $l/d$ ;



$T_{V00,85}^r$  - коефициент на прехода на нуклида  $r$  от питейната вода в млякото,  $(Bq/l)/(Bq/d)$ .

**Концентрация на радионуклиди в поливаните растителни продукти:**

$$C_{V65}^{r,n} = C_{DV}^r \cdot l_5 \cdot t_5 \cdot K \quad (13)$$

където:

$C_{V65}^{r,n}$  - концентрация на нуклида  $r$  в поливаните растителни продукти  $n$ ,  $Bq/kg$ ;

$C_{DV}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  във вода,  $Bq/l$ ;

$l_5$  – разход на вода за напояване,  $l/(m^2 \cdot s)$ ;

$t_5$  – продължителност на напояването за година,  $s$ ;

$K$  - коефициент, нормиращ продуктивността на “попадане – съдържание в продуктите”,  $m^2/kg$ ,  $m^2/l$ ;

**Концентрация на радионуклиди в месото на животни, хранени с поливаните растителни продукти:**

$$C_{V75}^{r,n} = C_{DV}^r \cdot l_5 \cdot t_5 \cdot K \quad (14)$$

където:

$C_{V75}^{r,n}$  - концентрация на радионуклида  $r$  в хранителния продукт  $n$  месо,  $Bq/kg$ ;

$C_{DV}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  във вода,  $Bq/l$ ;

$l_5$  – разход на вода за напояване,  $l/(m^2 \cdot s)$ ;

$t_5$  – продължителност на напояването за година,  $s$ ;

$K$  - коефициент, нормиращ продуктивността на “попадане – съдържание в продуктите”,  $m^2/kg$ ,  $m^2/l$ .

**Концентрация на радионуклиди в млякото на животни, хранени с поливаните растителни продукти:**

$$C_{V85}^{r,n} = C_{DV}^r \cdot l_5 \cdot t_5 \cdot K \quad (15)$$

където:

$C_{V85}^{r,n}$  - концентрация на радионуклида  $r$  в млякото (хранителния продукт  $n$ ),  $Bq/l$ ;

$C_{DV}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  във вода,  $Bq/l$ ;

$l_5$  – разход на вода за напояване,  $l/(m^2 \cdot s)$ ;

$t_5$  – продължителност на напояването за година,  $s$ ;

$K$  - коефициент, нормиращ продуктивността на “попадане – съдържание в продуктите”,  $m^2/l$ .



### Изчисляване на индивидуални дози

Пресмята се по формулата:

$$H_a = \sum_{j=1}^9 \sum_r H_{V_j}^{r,a} \quad (16)$$

където:

$H_a$  - индивидуална ефективна доза за лица от възрастова група а, Sv;

$H_{V_j}^{r,a}$  - индивидуалната ефективна доза, получена по пътя  $V_j$  от радионуклида  $r$  за възрастова група а, Sv.

### Външно облъчване по време на плуване и плаване с лодка

Определя се по формулата:

$$H_{V1}^r = H_{V11}^r + H_{V12}^r \quad (17)$$

където:

$H_{V11}^r$  - годишна доза облъчване от нуклида  $r$  по време на плуване, Sv;

$H_{V12}^r$  - годишна доза облъчване от нуклида  $r$  по време на плаване с лодка, Sv.

$H_{V11}^r$  се пресмята с формулата:

$$H_{V11}^r = C_{DV}^r \cdot g_{11} \cdot U_{V11} \cdot R_V^r \quad (18)$$

където:

$C_{DV}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  във вода, Bq/l);

$g_{11}$  - геометрически фактор облъчване = 1;

$U_{V11}$  - продължителност на къпане за година, = 1,4. 10<sup>4</sup>s;

$R_V^r$  - дозов коефициент на облъчване от вода за нуклида  $r$ , Sv.l/(Bq.s).

$H_{V12}^r$  се определя с формулата:

$$H_{V12}^r = C_{DV}^r \cdot g_{12} \cdot U_{V12} \cdot R_V^r \quad (19)$$

където:

$H_{V12}^r$  - годишна доза облъчване от нуклида  $r$  по време на плаване с лодка, Sv;

$C_{DV}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  във вода, Bq/l);

$g_{12}$  - геометрически фактор облъчване = 0,5;

$U_{V12}$  - продължителност на плаването с лодка за година = 3,6. 10<sup>5</sup>s;

$R_V^r$  - дозов коефициент на облъчване от вода за нуклида  $r$ , Sv.l/(Bq.s).



### Външно облъчване вследствие дънни отлагания и пребиваване на плажа

Определя се по формулата:

$$H_{V2}^r = C_{V22}^r \cdot g_2 \cdot U_{V2} \cdot R_S^r \quad (20)$$

където:

$H_{V2}^r$  - годишна доза облъчване от нуклида  $r$ , Sv;

$C_{V22}^r$  - концентрация на нуклида  $r$  в бреговия седимент, Bq/m<sup>2</sup>;

$g_2$  - геометрически фактор облъчване: на повърхността от дънните отлагания = 1, за плажа = 0,2;

$U_{V2}$  - продължителност на облъчването за година = 3,2 · 10<sup>4</sup>s;

$R_S^r$  - дозов коефициент на облъчване от замърсени земни повърхности за нуклида  $r$ , Sv · m<sup>2</sup>/(Bq · s).

### Външно облъчване вследствие пребиваване на напояваните територии

Определя се по формулата:

$$H_{V5}^r = C_{V52}^r \cdot U_{V5} \cdot R_S^r \quad (21)$$

където:

$H_{V5}^r$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$ , Sv;

$C_{V52}^r$  - повърхностна концентрация на нуклида  $r$  на напояваните територии, Bq/m<sup>2</sup>;

$U_{V5}$  - продължителност на облъчването за година = 3,2 · 10<sup>4</sup>s;

$R_S^r$  - дозов коефициент на облъчване от замърсени земни повърхности за радионуклида  $r$ , Sv · m<sup>2</sup>/(Bq · s).

### Вътрешно облъчване вследствие на потребление на питейна вода

Определя се по формулата:

$$H_{V9}^{a,r} = A_{V9}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \quad (22)$$

където:

$H_{V9}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  при лица от възрастова група  $a$  при потребление на питейна вода, Sv;

$R_{IG}^{a,r}$  - дозов коефициент на радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ , Sv/Bq;

$A_{V9}^{a,r}$  - годишно постъпление на радионуклида  $r$  в питейната вода, Bq. Изчислява се по формулата:



$$A_{V9}^a = C_{V91}^r \cdot U_{V9}^a \quad (23)$$

където:

$C_{V91}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в питейна вода,  $Bq/l$ ;

$U_{V9}^a$  - годишно потребление на питейна вода от лица от възрастова група  $a$ ,  $l$ .

### Вътрешно облъчване вследствие на потребление на риба

Определя се по формулата:

$$H_{V4}^{a,r} = A_{V4}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \cdot F_{p,i} \quad (24)$$

където:

$H_{V4}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  при лица от възрастова група  $a$  при потребление на питейна вода,  $Sv$ ;

$F_{p,i}$  - коефициент, показващ консумираната част от продукта  $p$  (в случая риба), произведена в своя регион  $i$ , която потребителя приема;

$R_{IG}^{a,r}$  - дозов коефициент на радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ ,  $Sv/Bq$ ;

$A_{V4}^{a,r}$  - годишно постъпление на радионуклида  $r$  с риба за лица от възрастова група  $a$ ,  $Bq$ . Изчислява се по формулата:

$$A_{V4}^{a,r} = C_{V45}^r \cdot U_{V4}^a \quad (25)$$

където:

$C_{V45}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в риба,  $Bq/kg$ ;

$U_{V4}^a$  - годишно потребление на риба от лица от възрастова група  $a$ ,  $kg$ .

### Вътрешно облъчване вследствие на потребление на месо и мляко от животни, използващи питейна вода от реката

$$H_{V7}^{a,r} = H_{V71}^{a,r} + H_{V72}^{a,r} \quad (26)$$

където:

$H_{V71}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  на лица от възрастова група  $a$  при потребление на месо,  $Sv$ ;

$H_{V72}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  на лица от възрастова група  $a$  при потребление на мляко,  $Sv$ ;

### Месо

Изчислява се по формулата:





$$H_{V71}^{a,r} = A_{V71}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \cdot F_{p,i} \quad (27)$$

където:

$H_{V71}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  на лица от възрастова група  $a$  при потребление на месо,  $Sv$ ;

$F_{p,i}$  - коефициент, показващ консумираната част от продукта  $p$  (в случая месо), произведен в своя регион  $i$ , която потребителя приема;

$R_{IG}^{a,r}$  - коефициент за радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ ,  $Sv/Bq$ ;

$A_{V71}^{a,r}$  - годишно постъпление на радионуклида  $r$  с месото за лица от възрастова група  $a$ ,  $Bq$ . Изчислява се по формулата:

$$A_{V71}^{a,r} = C_{V75}^r \cdot U_{V7}^a \quad (28)$$

където:

$C_{V75}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в месото,  $Bq/kg$ ;

$U_{V7}^a$  - годишно потребление на месо при лица от възрастова група  $a$ ,  $kg$ .

## Мляко

Изчислява се по формулата:

$$H_{V72}^{a,r} = A_{V72}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \cdot F_{p,i} \quad (29)$$

където:

$H_{V72}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  на лица от възрастова група  $a$  при потребление на мляко,  $Sv$ ;

$F_{p,i}$  - коефициент, показващ консумираната част от продукта  $p$  (в случая мляко), произведена в своя регион  $i$ , която потребителя приема;

$R_{IG}^{a,r}$  - коефициент за радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ ,  $Sv/Bq$ ;

$A_{V72}^{a,r}$  - годишно постъпление на радионуклида  $r$  с млякото за лица от възрастова група  $a$ ,  $Bq$ . Изчислява се по формулата:

$$A_{V72}^{a,r} = C_{V85}^r \cdot U_{V7}^a \quad (30)$$

където:

$C_{V85}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в млякото на животни, консумиращи питейна вода,  $Bq/l$ ;

$U_{V7}^a$  - годишно потребление на мляко при лица от възрастова група  $a$ ,  $l$ .



**Вътрешно облъчване вследствие на потребление на растителни продукти, поливани с вода от реката**

Пресмята се по формулата:

$$H_{V6}^{a,r} = A_{V6}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \cdot F_{p,i} \quad (31)$$

където:

$H_{V6}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  на лица от възрастова група  $a$  при потребление на зеленчуци, поливани с вода от реката,  $Sv$ ;

$F_{p,i}$  - коефициент, показващ консумираната част от продукта  $p$  (земеделски култури), произведена в своя регион  $i$ , която потребителя приема;

$R_{IG}^{a,r}$  - коефициент за радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ ,  $Sv/Bq$ ;

$A_{V6}^{a,r}$  - годишното постъпление на радионуклида  $r$  с продукти за лица от възрастова група  $a$ ,  $Bq$ . Изчислява се по формулата:

$$A_{V6}^{a,r} = C_{V65}^{r,n} \cdot U_{V6}^{n,a} \quad (32)$$

където:

$C_{V65}^{r,n}$  - концентрация на радионуклида  $r$  в поливаните продукти  $n$ ,  $Bq/kg$ ;

$U_{V6}^{n,a}$  - годишно потребление на продукта  $n$  при лица от възрастова група  $a$ ,  $kg$ .

**Вътрешно облъчване вследствие на потребление на месо и мляко от животни, хранени с фураж, поливан с вода от реката**

Пресмята се по формулата:

$$H_{V8}^{a,r} = H_{V81}^{a,r} + H_{V82}^{a,r} \quad (33)$$

където:

$H_{V81}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  при лица от възрастова група  $a$  при потребление на месо,  $Sv$ ;

$H_{V82}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  при лица от възрастова група  $a$  при потребление на мляко,  $Sv$ .

**Месо**

Пресмята се по формулата:

$$H_{V81}^{a,r} = A_{V81}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \cdot F_{p,i} \quad (34)$$

където:

$H_{V81}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  при лица от възрастова група  $a$  при потребление на месо,  $Sv$ ;

$F_{p,i}$  - коефициент, показващ консумираната част от продукта  $p$  (в случая месо), произведена в своя регион  $i$ , която потребителя приема;



$R_{IG}^{a,r}$  - дозов коефициент на радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ ,  $Sv/Bq$ ;

$A_{V81}^{a,r}$  - годишно постъпление на радионуклида  $r$  с месото за лица от възрастова група  $a$ ,  $Bq$ . Изчислява се по формулата:

$$A_{V81}^{a,r} = C_{V75}^r \cdot U_{V8}^a \quad (35)$$

където:

$C_{V75}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в хранителни продукти  $n$  месо,  $Bq/kg$ ;

$U_{V8}^a$  - годишно потребление на месо при лица от възрастова група  $a$ ,  $kg$ .

### Мляко

Пресмята се по формулата:

$$H_{V82}^{a,r} = A_{V82}^{a,r} \cdot R_{IG}^{a,r} \cdot F_{p,i} \quad (36)$$

където:

$H_{V82}^{a,r}$  - годишна доза облъчване от радионуклида  $r$  при лица от възрастова група  $a$  при потребление на мляко,  $Sv$ ;

$F_{p,i}$  - коефициент, показващ консумираната част от продукта  $p$  (в случая мляко), произведена в своя регион  $i$ , която потребителя приема;

$R_{IG}^{a,r}$  - дозов коефициент на радионуклида  $r$  при потребление на хранителни продукти от лица от възрастова група  $a$ ,  $Sv/Bq$ ;

$A_{V82}^{a,r}$  - годишно постъпление на радионуклида  $r$  с млякото за лица от възрастова група  $a$ ,  $Bq$ . Изчислява се по формулата:

$$A_{V82}^{a,r} = C_{V85}^r \cdot U_{V8}^a \quad (37)$$

където  $C_{V85}^r$  - концентрация на радионуклида  $r$  в млякото,  $Bq/l$ ;

$U_{V8}^a$  - годишно потребление на мляко при лица от възрастова група  $a$ ,  $l$ .