

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ЯДЕРНИХ І РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЯХ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

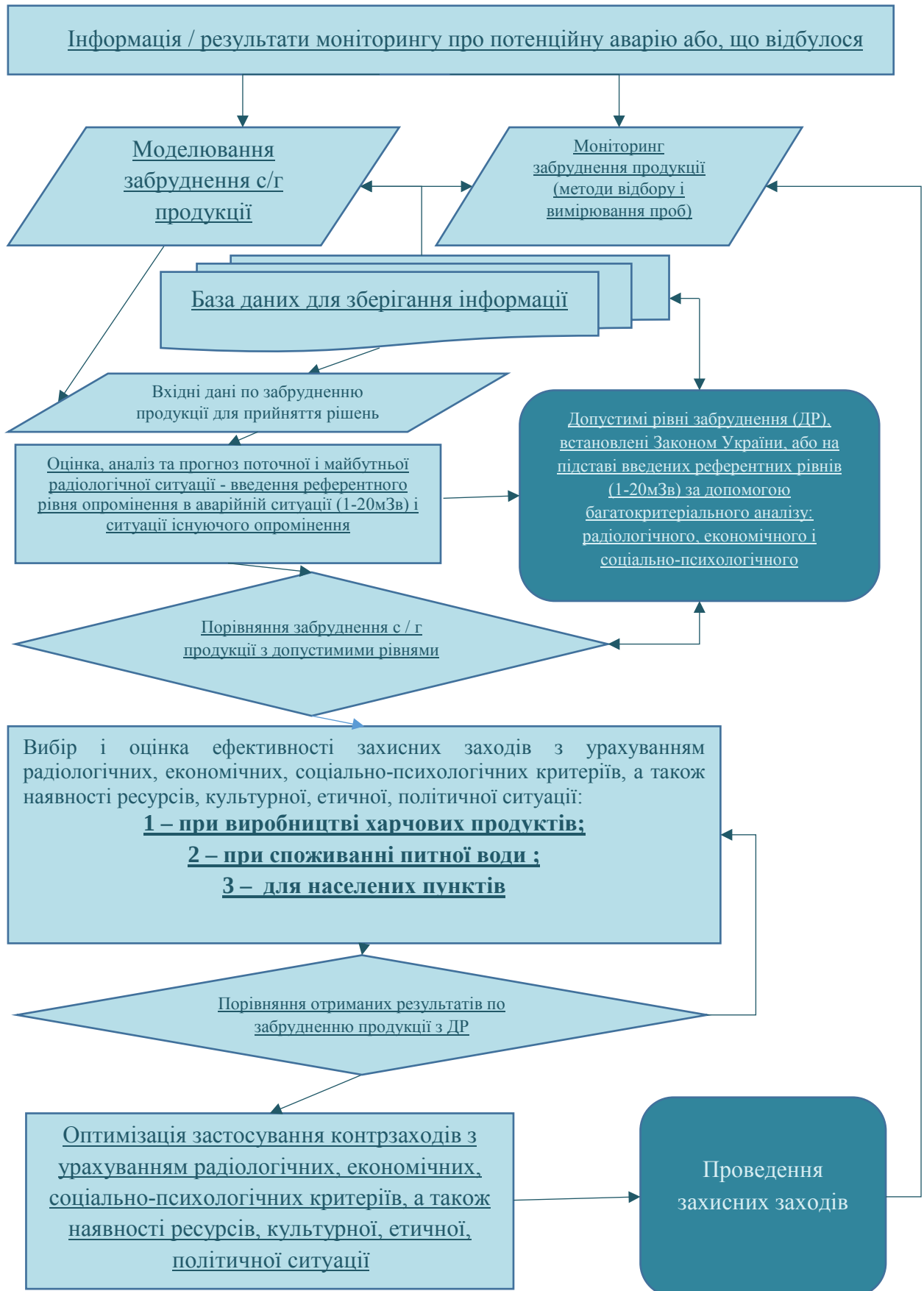


Версія 1

Інформаційно-управлінська система підтримки прийняття рішень для сільського господарства створена для оперативного вироблення оптимальних, ефективних, скоординованих планів і дій в період ядерних і будь-яких інших радіаційних аварій, спрямованих на мінімізацію їх наслідків, зокрема на мінімізацію доз опромінення представницької людини до референтних рівнів, забезпечення життєдіяльності населення, в довгостроковій перспективі - повернення до звичного способу життя, повернення земель у сільськогосподарське виробництво.

КИЇВ-2019

СХЕМА ДІЙ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ЯДЕРНИХ І РАДІАЦІЙНИХ
АВАРІЯХ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ



НА ПОЧАТОК

МОДУЛІ СИСТЕМИ

1 Нормативно - довідкова база

2 Оцінка радіоекологічної обстановки

3 Збір і зберігання радіоекологічної інформації

4 Аналіз радіоекологічної обстановки

5 Захисні заходи (контрзаходи)

6 Система підтримки прийняття рішень

3

НА ПОЧАТОК

1. НОРМАТИВНО-ДОВІДКОВА БАЗА

НА ПОЧАТОК

Досвід подолання наслідків Чорнобильської аварії і винесені із цього уроки послужили основою для розвитку системи радіологічного захисту, що втілюється в цілому ряді публікацій Міжнародної комісії радіологічного захисту (МКРЗ). Нові підходи реалізовано у нормативних документах Європейського Союзу, зокрема Директиві Ради 2013/59/ Euratom від 5 грудня 2013 року, що базується на нових [Міжнародних основних стандартах безпеки](#), схвалених Україною в рамках її участі в роботі таких міжнародних організацій-розробників, як Всесвітня організація охорони здоров'я, Міжнародне агентство з атомної енергії та Програма ООН з навколишнього середовища. Ратифікувавши Законом України від 16.09.2014 р. № 1678-VII Угоду про асоціацію між Україною¹, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, Україна зобов'язалася привести свою нормативно-правову базу в сфері радіологічного захисту у відповідність до вимог Директиви. Це вимагає удосконалення правового і урядового механізму забезпечення захисту та безпеки, що поки не реалізовано в Україні. На даний час в Україні діють Норми радіаційної безпеки України ([НРБУ-97 и НРБУ-97/Д-2000](#)), а також основні санітарні правила України ([ОСПУ-2005](#)).

Нещодавно були введені міжнародними організаціями нові поняття у правове поле міжнародної системи радіологічного захисту, а саме:

- Ситуація аварійного опромінення (emergency exposure situation) – це ситуація опромінення, що виникла внаслідок аварії, протиправних дій, пожежі, чи іншої неочікуваної події, яка потребує термінових заходів для уникнення або зменшення несприятливих радіологічних наслідків такої події.
- Ситуація існуючого опромінення (existing exposure situation) – це ситуація опромінення, яка вже існує в той момент, коли повинно бути прийнято рішення про її контроль, і яка не вимагає, або вже не вимагає, застосування термінових заходів. До існуючих ситуацій опромінення відносяться ситуації залишкового опромінення внаслідок аварій, що давно відбулися, наприклад, Чорнобильської аварії.

Згідно з Директивою, захист та безпека – це захист здоров'я людей від впливу іонізуючого випромінювання чи радіоактивних матеріалів та безпека джерел іонізуючого

¹ УГОДА ПРО АСОЦІАЦІЮ між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Угоду ратифіковано із заявою Законом [№ 1678-VII від 16.09.2014](#)
http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011

НА ПОЧАТОК

випромінювання і діяльності, пов'язаної з радіологічними ризиками. Існує невідповідність національної системи забезпечення захисту та безпеки в Україні ([НРБУ-97](#), [НРБУ-97/Д-2000](#), [ОСПУ-2005](#)) міжнародним стандартам безпеки та вимогам Директиви.

Згідно Міжнародних основних стандартів безпеки при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для радіаційного захисту населення вводяться референтні рівні опромінення «представницької людини» $1\text{--}20 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$ в залежності від ситуації, яка склалася. На підставі обраного референтного рівня визначається внесок у сумарну ефективну дозу зовнішнього і внутрішнього опромінення за рахунок споживання харчових продуктів і води. З цією метою в якості референтних рівнів вводяться значення щільності радіоактивного забруднення території та вмісту радіонуклідів у харчових продуктах та питній воді.

Сучасна комп'ютерна інформаційно-управлінська система при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для сільського господарства України базується на [Міжнародних основних стандартах безпеки](#) та [НРБУ-97](#), [НРБУ-97/Д-2000](#) і [ОСПУ-2005](#).

В блоці (модулі) нормативно-довідкової бази на даний час містяться гіперпосилання на наступні матеріали сучасної системи підтримки прийняття рішень при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для сільського господарства України:

1. [Міжнародні основні стандарти безпеки:](#)

- Основні принципи безпеки (Основи безпеки №SF-1);
- Глосарій МАГАТЕ з питань безпеки (термінологія, яка використовується в галузі ядерної безпеки та радіаційного захисту);
- Радіаційний захист та безпека джерел випромінювання: міжнародні основні норми безпеки (проміжне видання);

2. [Норми радіаційної безпеки України \(НРБУ-97\) \(Державні гігієнічні нормативи\):](#)

3. [Норми радіаційної безпеки України, доповнення радіаційний захист від джерел потенційного опромінення \(НРБУ-97/Д-2000\) \(Державні гігієнічні нормативи\):](#)

4. [Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України \(ОСПУ-2005\).](#)

НА ПОЧАТОК

2. ОЦІНКА РАДІОЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

МОЛОКО

М'ЯСО І РИБА

яйця

НА ПОЧАТОК

Оцінка радіоекологічної обстановки проводиться згідно з [Керівництвом МАГАТЕ з моніторингу при ядерних або радіаційних аваріях \(новий документ\)](#) і галузевими національними стандартами України (СОУ). У даному модулі наведено опис методів польових вимірювань потужності дози опромінення і щільності радіонуклідного забруднення території, відбору та підготовки проб ґрунту ([СОУ 74.14-37-425:2006](#); [СОУ 74.14-37- 424:2006](#)), води, сільськогосподарської продукції рослинного ([СОУ 01.1-37-426:2006](#)) і тваринного ([СОУ 01.2-37-427:2006](#)) походження, а також прижиттєвого визначення вмісту радіонуклідів в організмі сільськогосподарських тварин ([СОУ 01.2-37-428:2006](#)) для оцінки радіологічної обстановки.

Розглядаються методи радіохімічного виділення, а також гамма (γ) -, бета (β) - і альфа (α) – спектрометричні вимірювання активності [радіонуклідів](#), наведених в таблиці 2.1, у разі ядерних та будь-яких інших радіаційних аварій.

При оцінці радіоекологічної обстановки проводиться оптимізація відбору проб ґрунту, рослинності, продукції рослинництва і тваринництва, яка заснована на теорії статистичних висновків ([Хомутінін та ін., 2001](#)). Метою оптимізації є баланс фінансових витрат, наявних людських і технічних ресурсів, пов'язаних з кількістю і об'ємом відібраних проб, їх транспортування, пробопідготовки і вимірювання для створення набору даних, який дозволить оцінювати щільність радіонуклідного забруднення території або питому активність радіонуклідів у сільськогосподарській продукції в межах необхідної точності. Це повинно гарантувати якість радіоекологічного моніторингу шляхом визначення мінімальної кількості відібраних і вимірянних зразків, необхідних для оцінки параметрів, що контролюються в межах зазначеної помилки.

При ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях може відбуватися викид в атмосферу радіонуклідів з подальшим їх осадженням на підстилаючу поверхню, що призводить до аерального радіоактивного забруднення кормових угідь. Таким чином, при пасовищному утриманні тварин після радіоактивних випадів в ранній (гострій) фазі аварії рівень вмісту радіонуклідів у трав'янистій рослинності і продукції тваринництва буде залежати від щільності забруднення території, утримання радіонуклідів рослинністю і самоочищення рослинності з часом. Через кілька місяців після радіоактивних випадів на середній (фазі стабілізації) або пізній (відновлювальній) фазі аварії забруднення кормових культур радіоізотопами стронцію і цезію в більшій мірі обумовлено їх надходженням з ґрунту в рослини через кореневу систему. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов інтенсивність кореневого надходження радіонуклідів може відрізнятися

НА ПОЧАТОК

на порядки величини. Рівень радіоактивного забруднення продукції тваринництва визначається вмістом радіонуклідів у кормах і воді, що використовується для водопою. Питома активність ^{131}I і ^{137}Cs в молоці корів і кіз досягає максимуму вже через 1-2 дні після надходження в організм тварини. Збільшення вмісту радіонуклідів у м'ясі тварин, птиці та рибі відбувається більш повільно². Отже, у разі радіаційних і ядерних аварій при аеральному поверхневому забрудненні кормів, молоко є найбільш критичним продуктом тваринництва, з точки зору ймовірності перевищення допустимого вмісту в ньому радіоізоотопів йоду, цезію і стронцію. На середній і пізній фазах аварії при однаковому хронічному надходженні радіоцезію в організм тварин його вміст у м'ясі ВРХ і кіз буде у 2-4 рази вище в порівнянні з молоком.

На ранній фазі аварії відбір проб молока повинен проводитися з моменту виявлення загрози радіоактивного забруднення кормів на фермах після доїння тварин (не рідше 1 разу на добу), а також на заводах по мірі надходження молока на переробку (вхідний контроль).

Визначення вмісту $^{134,137}\text{Cs}$ в м'язовій тканині тварин проводиться прижиттєво в процесі відгодівлі та перед забоєм на фермах, а також на заводах по мірі надходження тварин на переробку. Контроль вмісту радіонуклідів у рибі проводиться під час вилову з комерційною метою. Визначення вмісту радіонуклідів у продукції тваринництва (м'яса, кісток, субпродуктів, молока, яєць, вовни і т.д.) проводиться виробником перед відправкою на продаж у встановленому порядку.

При пасовищному утриманні тварин після радіоактивних випадіння на ранній (гострій) фазі аварії рівень вмісту радіонуклідів в молоці/траві буде залежати від щільності забруднення території, виду і врожайності сільськогосподарських культур, метеорологічних умов і т.д. При цьому, питома активність радіонуклідів буде вище 1000-1500 Бк·кг⁻¹ за щільності забруднення ^{131}I і ^{137}Cs території вище 200- 500 Бк·м⁻². Проби молока повинні відбиратися в тих регіонах, де існує ймовірність перевищення наведених вище рівнів щільності забруднення ^{131}I і $^{134,137}\text{Cs}$ території. За щільності забруднення ^{131}I , ^{134}Cs і ^{137}Cs території на рівні 200 Бк·м⁻² природний рівень радіоактивного фону (близько 0.1 мкЗв·год⁻¹) буде збільшено всього на 0.0003 мкЗв·год⁻¹, 0.001 мкЗв·год⁻¹ і 0.0004 мкЗв·год⁻¹ відповідно, що неможливо достовірно виміряти за допомогою дозиметрів. Отже, визначення регіону і мережі відбору проб молока на ранній фазі аварії

² IAEA TRS 475. Guidelines for Remediation Strategies to Reduce the Radiological Consequences of Environmental Contamination, Technical Editors S. Fesenko, B.J. Howard, — Vienna : International Atomic Energy Agency, Vienna, 2012, 183p.

НА ПОЧАТОК

має проводитися на підставі розрахункових даних про очікувану щільність забруднення території радіонуклідами, або на підставі польових гамма-спектрометричних вимірювань. Так як надійне збільшення потужності дози зовнішнього опромінення в повітрі над природним фоном на $0.1 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ можна зафіксувати за щільності поверхневого забруднення території ^{131}I на рівні $75 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2}$, ^{134}Cs - $20 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2}$ і ^{137}Cs - $50 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2}$, то при такому збільшенні потужності дози після нещодавніх радіоактивних випадів питома активність ^{131}I , ^{134}Cs і ^{137}Cs в молоці корів може значно перевищувати встановлені допустимі рівні і досягати $38 \text{ кБк} \cdot \text{л}^{-1}$, $10 \text{ кБк} \cdot \text{л}^{-1}$ і $25 \text{ кБк} \cdot \text{л}^{-1}$, відповідно .

10

МОЛОКО

Для здійснення радіаційного контролю проби молока та молочних продуктів відбираються на фермах, пунктах прийому молока, молокозаводах, холодокомбінатах на різних фазах радіаційних аварій згідно [СОУ 01.2-37-427:2006](#). Відбір проб молока слід проводити після перемішування в ємності (вміст радіонуклідів у вершках відрізняється від середнього вмісту в молоці) чистим ковшем в чисту тару (скляну або поліетиленову пляшку) / контейнер, уникаючи поверхневого забруднення проби. Обсяг проби визначається мінімально детектуємою активністю (МДА) вимірювальної апаратури і, як правило, 0.1-0.5 л буде достатньо для визначення активності радіонуклідів на рівні допустимого вмісту. Якщо проби будуть відправлені в лабораторію в той же день, то їх слід зберігати до початку випробувань у холодильнику, якщо такої можливості немає - додати консервант. Проби маркують, привласнюючи код, і реєструють на паперовому або електронному носії, де вказують місце виробництва молока, дату і час відбору проби, дату і час доїння, спосіб утримання корів (пасовищне або стійлове), обсяг і вид консерванту, якщо такий було використано і т.д. .

Повторні відбори проб молока рекомендується проводити з інтервалом 3-5 днів, для оцінки періоду зниження активності радіонуклідів в молоці з метою прогнозування його подальшого очищення.

Для оперативного отримання інформації про рівні забруднення молока на великих територіях рекомендується відбирати проби на молокопереробних підприємствах до етапу змішування партій молока, привезених з різних місць.

Для грубого сортування і відбраковування великих ємностей молока використовують експрес методи вимірювання. При цьому виконують вимірювання потужності амбієнтного еквіваленту дози (ПЕД) на поверхні ємності (бідона, цистерни,

НА ПОЧАТОК

танка), або помістивши загерметизований детектор в ємність з молоком з урахуванням фонових вимірювань в аналогічних ємностях з рідиною (молоком або водою), яка не містить радіонуклідів. Зіставивши результати декількох вимірів ПЕД з подальшим визначенням концентрації в молоці спектрометричним методом, встановлюють контрольні рівні потужності дози, за яких можливе перевищення допустимих рівнів. Так у великих ємностях об'ємом більше 100 л збільшення потужності дози за показами дозиметрів амбієнтної дози на $0.5 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ спостерігається за питомої активності в молоці $^{131}\text{I} - 350 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, $^{134}\text{Cs} - 100 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ та $^{137}\text{Cs} - 250 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

11

М'ЯСО І РИБА

Відбирання проб м'яса та субпродуктів для радіаційного контролю проводиться на м'ясокомбінатах і забійних пунктах. З кожної однорідної партії на вибірку включають 10 % туш великої рогатої худоби, 5 % туш овець і свиней і 2 % заморожених або охолоджених блоків м'яса і субпродуктів. Загальне число вибірки не повинно бути менше трьох одиниць. Під час радіаційного контролю партії м'яса, птиці та риби проводять вибір одиниць пакувальної тари (от 1 до 10) для відбирання проб згідно норм.

Точкові проби м'яса відбирають з туш сільськогосподарських тварин шматками масою не меншою ніж 0,2 кг згідно з ГОСТ 7269-79: зрізи проти четвертого та п'ятого шийних хребців; лопатки; товстих сідничних м'язів. Точкові проби субпродуктів відбирають з пакувальних одиниць партії шматками масою не меншою 0,1 кг. Точкові проби м'яса птиці та риби відбирають цілими тушками в кількості однієї штуки з кожного ящика вибірки. Точкові проби м'яса та субпродуктів подрібнюють, перемішують і формують об'єднану пробу. Об'єднану пробу м'яса птиці та риби формують відбиранням з кожної тушки максимальної кількості м'язової тканини без шкіри. Шматки м'яса подрібнюють і поміщують у контейнер для проби. Отриману масу ретельно перемішують. З об'єднаної проби методом квартування формують середню пробу масою не меншою ніж 0.5 кг.

ЯЙЦЯ

Відбирання проб яєць для радіаційного контролю проводять на птахофабриках, птахофермах. Пакувальні одиниці для відбору точкових проб яєць вибирають із різних місць і шарів партії (зверху, середини, знизу). Кількість пакувальних одиниць яєць однорідної партії для відбирання точкових проб залежно від величини партії визначають відповідно до норм (от 1 до 15). Із кожної відібраної пакувальної одиниці відбирають у

НА ПОЧАТОК

відповідну ємність не менше 10 яєць для формування об'єднаної проби. У випадку одного пакування відбирають 20 яєць. Відібрану об'єднану пробу рівномірно, в один шар, розподіляють на рівній горизонтальній поверхні і довільним чином відбирають в контейнер для транспортування 20 яєць для середньої проби.

Таблиця 2.1– Основні характеристики радіонуклідів, що розглядаються для оцінки радіологічної обстановки при ядерних та будь-яких інших радіаційних аваріях.

Радіонуклід		Період напів-розпаду	Випромінювання			
Символ	Назва		Альфа (МэВ)	Бета (МэВ)	Гамма, кэВ (вихід на розпад,%)	Домінуюче випромінювання
⁶⁰ Co	Кобальт - 60	5.27 років	–	1.48 (0.1%) 0.31 (99%+)	1173 (100%) 1332 (100%)	γ
⁷⁵ Se	Селен -75	119.8 діб	–	–	265 (60%) 136 (57%)	γ
⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y	Стронцій -90 +	29.12 років	–	0.546	–	β
	Ітрій -90	64,1 рік	–	2.27	–	
⁹⁵ Zr+	Цирконій -95+	64.0 діб	–	0.89 (2%)	724 (44%)	γ
				0.396	757 (54%)	
⁹⁵ Nb	Необій-95	34,99 діб	-	0.16	765.8 (100%)	γ
⁹⁹ Mo + ^{99m} Tc	Молибден -99+	66 рік	–	1.23	740 (12%)	γ
	Технецій -99m	6.0 рік		–	81 (7%)	
¹⁰³ Ru	Рутеній -103	39.25 діб	–	0.70 (3%)	497 (91%)	γ
				0.21	610 (6%)	
¹⁰⁶ Ru + ¹⁰⁶ Rh	Рутеній -106 +	368.2 діб	–	3.54	512 (21 %)	γ
	Родій -106	30.1 с			622 (10%)	
^{110m} Ag	Срібло -110m	250 діб	-	–	657.8 (95%)	γ
					885 (73%)	
¹³² Te	Телурій-132	78.2 діб	–	0.22	53 (17%)	γ
					230 (90%)	
¹³¹ I	Йод -131	8.02 діб	–	0.606	364 (81%)	γ
					637 (7.3%)	
					284 (6.1%)	
¹³⁴ Cs	Цезій -134	2.062 років	–	0.662	796 (99%)	γ
					605 (98%)	
¹³⁶ Cs	Цезій -136	13.1 діб	–	0.341	819 (100 %)	γ
				0.657	1048 (80%)	
¹³⁷ Cs + ^{137m} Ba	Цезій -137 +	30 років	–	1.176 (7%)	662 (85%)	γ
	Барій -137m	2.6 міс.		0.514		
¹⁴⁰ Ba+	Барій -140	12.74 діб	–	1.02	163 (6%)	γ
					537 (24%)	
¹⁴⁰ La	Лантан-140	1.68 діб	-	–	1596(95%)	γ
					487(46%)	
					329(21%)	

¹⁴¹ Ce	Церій -141	32.51 діб	-		145(48%)	γ
¹⁴⁴ Ce+	Церій -144	284.3 діб	—	0.318	133.5 (11%)	γ
¹⁴⁴ Pr	Прометій-144	17.28 міс.	-	0.238	696.5(1.3%)	γ
¹⁶⁹ Yb	Ітербій -169	32.01 діб	—	—	63(45%) 198 (35%)	γ
¹⁹² Ir	Іридіум -192	74.02 діб	—	0.67	317 (81%) 468 (49%)	γ
²²⁶ Ra	Радіум -226	1.6 10 ³ років	4.78 (95%) 4.60 (6%)	3.3	186 (4%) 260 (0.007%)	α
²³⁵ U	Уран -235	7.04 10 ⁸ років	4.40 (55%) 4.37 (17%)	0.3	186 (57%) 143 (11%)	α/ γ
²³⁸ Pu	Плутоній -238	87.74 років	5.50 (71%) 5.46 (28%)	—	100 (0.007%) 153 (0.001%)	α
²³⁹ Pu	Плутоній -239	2.4 10 ⁴ років	5.16 (88%) 5.11 (12%)	—	52 (0.03%) 129 (0.006%)	α
²⁴⁰ Pu	Плутоній -240	6.6 10 ³ років	5.17(73%) 5.12(27%)	-	45 (0.05%) 104 (0.007)	α
²⁴¹ Am	Америцій-241	432.6 років	5.49 (85%) 5.44 (13%)	—	60 (36%) 99 (0.02%)	α/ γ

В блоці (модулі) оцінки радіоекологічної обстановки містяться гіперпосилання на наступні матеріали сучасної системи підтримки прийняття рішень при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для сільського господарства України:

1. [Руководство по мониторингу при ядерных или радиационных авариях \(IAEA-TECDOC-1092/R\); NEW](#)
2. [Handbook of nuclear data for safeguards: database extensions, August 2008 \(INDC\(NDS\)-0534\);](#)
3. [СОУ 74.14-37-425:2006. Якість ґрунту. Методи відбору проб ґрунту для радіаційного контролю;](#)
4. [СОУ 74.14-37-424:2006. Якість ґрунту. Визначення щільності забруднення території сільськогосподарських угідь радіонуклідами техногенного походження;](#)
5. [СОУ 01.1-37-426:2006. Якість продукції рослинництва. Методи відбору проб для радіаційного контролю;](#)
6. [СОУ 01.2-37-427:2006. Якість продукції тваринництва. Методи відбору проб для радіаційного контролю;](#)
7. [СОУ 01.2-37-428:2006. Якість продукції тваринництва. Проведення прижиттєвого контролю тварин на територіях, забруднених радіонуклідами;](#)
8. [Хомутінін та ін., 2001. Оптимізація відбору і вимірювання проб при радіоекологічному моніторингу.](#)

[НА ПОЧАТОК](#)

3. СИСТЕМА ЗБОРУ І ЗБЕРІГАННЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО ІНФОРМАЦІЇ

НА ПОЧАТОК

У разі ядерних і радіаційних аварій виникає запитання про допустимість використання сільськогосподарської продукції, яка зазнала забруднення радіонуклідами в тій чи іншій мірі. Для збору, зберігання, обробки інформації про сільськогосподарську продукцію і аналізу на предмет придатності для вживання продуктів харчування створені дві системи: Rad_Agro_1 і Rad_Agro_2.

Rad_Agro_1 система для дослідження проб харчових продуктів на вміст радіонуклідів на ранній фазі аварії

Rad_Agro_2 система для дослідження проб харчових продуктів на вміст радіонуклідів в поставарійний період (на середній та пізній фазах аварії).

Система Rad_Agro_1. (завантаження дистрибутивного пакету)

Система Rad_Agro_1 створена в середовищі MS Access-2010.

The screenshot displays the main form of the Rad_Agro_1 system, titled "Дослідження проб харчових продуктів на вміст радіонуклідів на ранній фазі аварії". The form includes several input fields and dropdown menus for data entry:

- Проба N:** 48
- Шифр проби:** 1
- Замовник (назва організації):** РМ
- Країна:** Україна
- Область:** Рівненська
- Район:** Рівненський
- Населений пункт:** Олександрія
- Виробник:** Стрипів Д
- Тип продукції:** Молочні продукти
- Найменування продукції:** Молоко
- Дата збору проби (чч.мм.рр):** 17.09.2008
- Дата проведення досліджень (чч.мм.рр):** 25.09.2008
- Період нормування та методичного дослідження:** КДКХС
- Період забори вибіркової проби:** МНП
- Питома активність Cs-137, Бк/кг:** 500
- Питома активність Cs-137, мкБк/кг:** 700
- Питома активність Sr-90, Бк/кг:** 10
- Питома активність Sr-90, мкБк/кг:** 20
- Питома активність I-131, Бк/кг:** 10
- Питома активність I-131, мкБк/кг:** 40
- Особа, відповідальна за проведення випробувань та розробку методики (назва організації):**
- Особа (фамилія), відповідальна за виконання проби:**
- Висновок:** Продукт придатний до вживання

Рисунок 3.1– Основна форма системи Rad_Agro_1.

При відкритті файлу Rad_Agro_1.mdb на екрані з'являється основна форма системи (рисунок 3.1). Заповнення форми починається з внесення даних:

№ проби;

Шифр проби;

Замовник (назва організації);

Виробник.

Дані: Країна, Область, Район, Населений пункт, вибираються з адміністративно-територіального довідника (рисунок 3.2).

НА ПОЧАТОК

Рисунок 3.2– Вибір даних з адміністративно-територіального довідника.

Рисунок 3.3– Вибір типу продукції на ранній фазі аварії для радіологічного контролю.

На ранній фазі ядерної або радіаційної аварії розглядаються наступні категорії сільськогосподарської продукції (рисунок 3.3):

- Молоко і молочні продукти;
- Вода питна (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів);
- Продукти дитячого харчування;
- Інші продукти

«Перелік нормативних та методичних документів» і «Перелік засобів вимірювальної техніки» заповнюються так само, за допомогою відкритих списків або вручну.

Продукт вважається придатним до вживання, якщо виконуються наступні умови:

Питома активність $^{137}\text{Cs} \leq \text{ДР}(\text{допустимого рівня}) ^{137}\text{Cs}$,

Питома активність $^{90}\text{Sr} \leq \text{ДР}(\text{допустимого рівня}) ^{90}\text{Sr}$,

Питома активність $^{131}\text{I} \leq \text{ДР}(\text{допустимого рівня}) ^{131}\text{I}$.

НА ПОЧАТОК

Допустимі рівні визначаються на підставі нормативних документів: НРБУ-97 (таблиця 3.1); Регламенту РАДИ (ЄВРОАТОМ) № 2218/89 від 18 липня 1989 року вносять поправки до регламентів (Євроатом) № 3954/87, які встановлюють МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМИ РІВНІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА КОРМІВ ПІСЛЯ ЯДЕРНОЇ АБО БУДЬ-ЯКОЇ ІНШОЇ РАДІАЦІЙНОЇ АВАРІЇ (таблиця 3.2); Регламенту КОМІСІЇ (ЄВРОАТОМ) № 770/90 від 29 березня 1990, які встановлюють МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМИ РІВНІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ КОРМІВ ПІСЛЯ ЯДЕРНОЇ АБО РАДІАЦІЙНОЇ АВАРІЇ (таблиця 3.3); відповідно до Кодексу Аліментаріус (Продовольчим кодексом) ФАО / ВООЗ, Codex standard (Загальним стандартом) 193-1995 (2013); Загальним стандартом для забруднювачів і токсинів в харчових продуктах і кормах (таблиця 3.4).

17

Таблиця 3.1 – Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання для радіоактивно-забруднених продуктів харчування (якщо показники між ними, то питання оптимізації, заборони і застосування контрзаходів вирішується виходячи з ситуації з урахуванням всіх критеріїв) і дії для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження¹ вживання радіоактивно-забруднених продуктів харчування (НРБУ-97)

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості (якщо менше, то нічого робити не треба)	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії (якщо більше, то обов'язково забороняти споживання і обов'язково застосовувати контрзаходи - утилізація, переробка та інші контрзаходи)
Радіоактивне забруднення молока, Бк/л		
¹³¹ I		
для дорослих	400	1000
для дітей	100	200
^{134,137} Cs	100	400
⁹⁰ Sr		
для дорослих	20	200
для дітей	5	50

1 Рішення про обмеження чи про повне вилучення (або заміну) окремих продуктів харчування є об'єктом оптимізації.

2 Для інших, немолочних продуктів харчування, рівні дії вдвоє вищі.

НА ПОЧАТОК

Таблиця 3.2 – Максимально допустимі рівні концентрації радіонуклідів в забруднених продуктах харчування і кормах. Регламенти РАДИ (ЄВРОАТОМ) № 2218/89 від 18 липня 1989 року вносять поправки до регламентів (Євроатом) № 3954/87, які встановлюють МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМІ РІВНІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА КОРМІВ ПІСЛЯ ЯДЕРНОЇ АБО БУДЬ-ЯКОЇ ІНШОЇ РАДІАЦІЙНОЇ АВАРІЇ

Радіонуклідна група	Концентрація активності (Бк/кг або Бк/л)				
	дитяче харчування	молочні продукти	інші продукти харчування	рідкі продукти харчування	комбікорми
Ізотопи Sr, особливо ^{90}Sr	75	125	750	125	
Ізотопи I, особливо ^{131}I	150	500	2000	500	
Альфа-випромінюючі ізотопи Pu і трансплутонієвих елементів, зокрема ^{239}Pu і ^{241}Am	1	20	80	20	
Всі інші нукліди з періодом напіврозпаду більше 10 днів, особливо ^{134}Cs і ^{137}Cs *	400	1000	1250	1000	

* Вуглець 14 і тритій не включені в цю групу

Таблиця 3.3 – Максимально допустимі рівні концентрації радіонуклідів (^{137}Cs і ^{134}Cs) в кормах. Регламенти КОМІСІЇ (ЄВРОАТОМ) № 770/90 від 29 березня 1990, які встановлюють МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМІ РІВНІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ КОРМІВ ПІСЛЯ ЯДЕРНОЇ АБО РАДІАЦІЙНОЇ АВАРІЇ

Тварина	Бк/кг
Свині	1250
Домашня птиця, ягнята, телята	2500
Інші	5000

НА ПОЧАТОК

Розгляд відносних кількостей окремих радіонуклідів, які можуть бути викинуті в разі ядерної аварії з урахуванням їх періоду напіврозпаду і переходу з кормів в продукцію тваринництва, змушує дійти висновку, що максимально допустимі рівні радіоактивного забруднення кормів необхідні тільки для ізотопів цезію.

Таблиця 3.4 – Орієнтовні рівні вмісту радіонуклідів в харчових продуктах, забруднених внаслідок ядерної або радіаційної аварійної ситуації, для використання в міжнародній торгівлі, відповідно до Кодексу Аліментаріус (Продовольчим кодексом) ФАО / ВООЗ, Codex standard (Загальним стандартом) 193-1995 (2013), Загальним стандартом для забруднювачів і токсинів в харчових продуктах і кормах.

Радіонукліди в продуктах харчування	Рекомендований рівень Бк/кг	
	дитячі продукти	інші продукти харчування
^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	1	10
^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{131}I , ^{235}U	100	100
^{35}S , ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir	1000	1000
^3H , ^{14}C , ^{99}Tc	1000	10 000

Приведені таблиці відкриваються в формі як довідковий матеріал при натисканні кнопки «Довідкова інформація для визначення допустимого рівня питомої активності радіонукліда в продукті».

В кінці заповнюються поля: «Особи, відповідальні за проведення вимірювань та розрахунків:(посада та прізвище виконавця)» і «Особа (посада), відповідальна за висновок (посада та прізвище виконавця)».

«Висновок» формується автоматично, на підставі аналізу виконання умов:

Питома активність $^{137}\text{Cs} \leq \text{ДР}(\text{допустимого рівня}) ^{137}\text{Cs}$,

Питома активність $^{90}\text{Sr} \leq \text{ДР}(\text{допустимого рівня}) ^{90}\text{Sr}$,

Питома активність $^{131}\text{I} \leq \text{ДР}(\text{допустимого рівня}) ^{131}\text{I}$.

За умови, що Питома активність всіх трьох радіонуклідів менше або дорівнює допустимого рівня, Висновок буде: «Продукт придатний до вживання», в іншому випадку: «Продукт не придатний до вживання».

Дві кнопки в лівому, нижньому кутку форми призначені для роздруківки поточного документа і переходу в режим таблиці. Всі внесені дані зберігаються в таблиці Data. Дані можна переглядати, редагувати як в режимі таблиці, так і в режимі форми, здійснювати експорт в EXCEL. В системі передбачено формування вибірок, формування запитів.

НА ПОЧАТОК

Система Rad_Agro_2 (завантаження дистрибутивного пакету)

для дослідження харчових продуктів на вміст радіонуклідів в поставарійний період
(на середній та пізній фазах аварії)

Система Rad_Agro_2 створена в середовищі MS Access-2010.

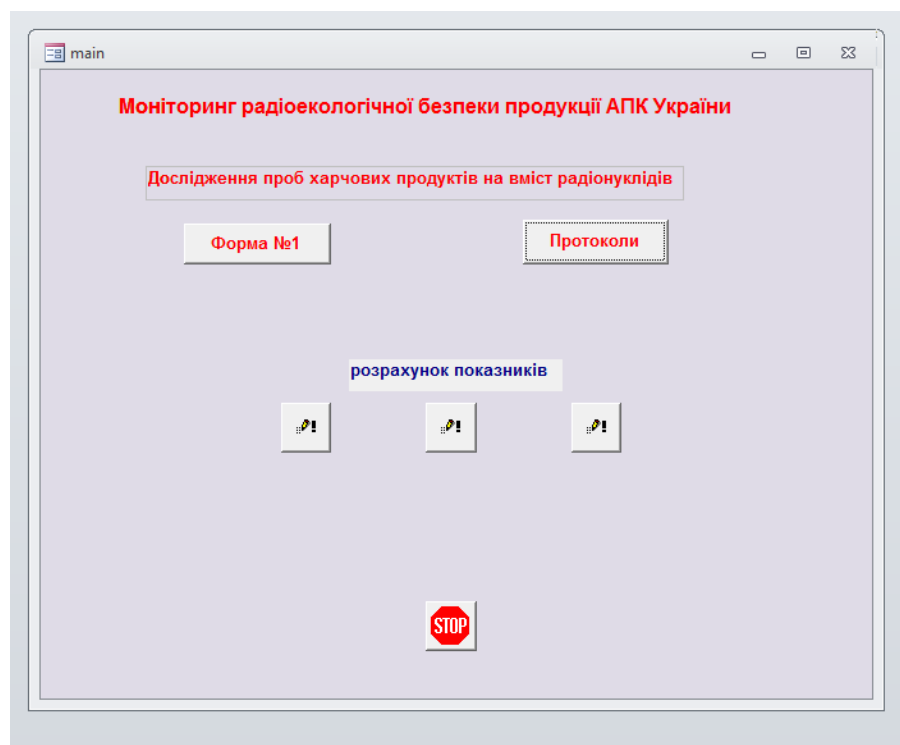


Рисунок 3.4 – Основне меню системи Rad_Agro_2.

НА ПОЧАТОК

The screenshot shows a web-based data entry form titled "Дослідження проб харчових продуктів на вміст радіонуклідів" (Investigation of food samples for radionuclide content). The form is organized into several sections:

- Header:** Includes fields for "Проба N" (Sample No.), "Шифр проби" (Sample Code), and "Замовник (назва організації)" (Orderer (organization name)).
- Location:** Dropdown menus for "Країна" (Country), "Область" (Region), "Район" (District), and "Населений пункт" (Settlement).
- Manufacturer:** A text field for "Виробник" (Manufacturer).
- Product Type:** A dropdown menu for "Тип продукції" (Product type) and a text field for "Підтип продукції" (Subtype of product).
- Product Name:** A text field for "Найменування продукції" (Product name).
- Dates:** Fields for "Дата відбору зразків (чч.мм.рр)" (Date of sample collection) and "Дата проведення досліджень (чч.мм.рр)" (Date of investigation).
- Standards and Equipment:** A dropdown for "Перелік нормативних та методичних документів" (List of normative and methodological documents) and a dropdown for "Перелік засобів вимірювальної техніки" (List of measuring equipment).
- Activity and Error:** Fields for "Питома активність Cs-137, Бк/кг" (Specific activity of Cs-137, Bq/kg), "Питома активність Sr-90, Бк/кг" (Specific activity of Sr-90, Bq/kg), and "Помилка" (Error) for both isotopes.
- Acceptance:** A text field for "Приймач" (Receiver).
- Responsible Persons:** Fields for "Особа, відповідальна за проведення вимірювань та розрахунків (посада та прізвище виконавця)" (Person responsible for measurements and calculations) and "Особа (посада), відповідальна за висновок (посада та прізвище виконавця)" (Person responsible for the conclusion).
- Conclusion:** A text field for "Висновок" (Conclusion).

The bottom of the form includes a status bar with "Записи: 1 з 49" (Records: 1 of 49), "Нет фильтра" (No filter), and "Поиск" (Search).

21

Рисунок 3.5 – Головна форма системи Rad_Agro_2.

При відкритті файлу Rad_Agro_2.mdb на екрані з'являється основна форма (рисунок 3.5). Заповнення форми починається з внесення даних:

№ проби;

Шифр проби;

Замовник (назва організації);

Виробник.

Дані: Країна, Область, Район, Населений пункт, вибираються з адміністративно-територіального довідника (рисунок 3.6).

НА ПОЧАТОК

Дослідження проб харчових продуктів на вміст радіонуклідів

Проба N Шифр проби Замовник (назва організації)

Країна Область Район Населений пункт

Виробник

Тип продукції

Підтип продукції

Найменування продукції

Дата відбору зразків (чч.мм.рр) Дата аналізу (чч.мм.рр)

Перелік нормативних та методичних документів

Методика вимірювання

Рисунок 3.6 – Вибір даних з адміністративно-територіального довідника.

Дослідження проб харчових продуктів на вміст радіонуклідів

Проба N Шифр проби Замовник (назва організації)

Країна Область Район Населений пункт

Виробник

Тип продукції

Підтип продукції

Найменування продукції

Дата

Перелік нормативних та методичних документів

Питома активність Cs-137, Бк/кг

Показник відповідності Похибка ΔB Критерій оцінки B +

Рисунок 3.7 – Вибір типу продукції на пізній фазі аварії для радіологічного контролю.

На пізній фазі ядерної або радіаційної аварії розглядаються наступні категорії сільськогосподарської продукції (рисунок 3.7):

Таблиця 3.5 – Тип продукції.

Тип продукції	
	Зерно, борошно-круп'яні та хлібобулочні вироби
	Молоко та молочні продукти
	М'ясо та м'ясопродукти
	Риба, нерибні об'єкти промислу та продукти їх переробки
	Яйця птиці та продукти їх переробки
	Овочі та продукти їх переробки
	Фрукти та ягоди

Тип продукції	
	Цукор, кондитерські вироби (карамель, ірис, пастила, мармелад тощо), желейні вироби, шоколад та вироби з нього; гумка жувальна
	Гриби та ягоди дикорослі свіжі, заморожені, консервовані
0	Гриби та ягоди дикорослі сушені
1	Насіння олійних культур (соняшнику, кунжуту, арахісу, маку та інших, за винятком сої); продукти їх переробки, за винятком рослинних жирів та олій
2	Жири та олії рослинні, продукти, вироблені на їх основі, у т. ч. маргарини, кулінарні жири, кондитерські жири, креми та інші
3	Чай ; кава зелена, смажена (у зернах, мелена, розчинна); какао-боби, какао терте, какао-порошок; сухі розчинні напої на основі чаю, какао, кави та замінників кави (обсмажений солод, цикорій та інше)
4	Вода питна (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)
5	Напої
6	Лікарські рослини сушені; фіточаї, мате (парагвайський чай), каркаде (суданська троянда) та інші
7	Тютюн та тютюнові вироби
8	Біологічно активні добавки (БАД) усіх видів; екстракти та загущувачі харчові рослинного походження (речовини з вмістом пектину, пектинати та пектати; агар-агар та інші клеї та загусники рослинного походження)
9	Прянощі; спеції та їх суміші; приправи, у т.ч. соуси (соевий соус, грибний та інші), за винятком томатних соусів, гірчиця (готова, гірчичний порошок), салатні заправки, майонез та інше
0	Харчові добавки та їх суміші оцет; сода харчова; дріжджі; харчові концентрати для виготовлення перших і других страв, десертів, мусів, кремів та ін., які не включені до переліку в інших пунктах; супи та бульйони швидкого приготування; солодовий екстракт
1	Сіль кухонна харчова та сольові суміші
2	Мед та продукти бджільництва
3	Продукти дитячого харчування

Таблиця 3.6 – Підтип продукції.

Підтип продукції					
d	d2	підтип продукції	P Cs-137 Бк/кг	P Sr-90 Бк/кг	примітка
		Зерно продовольче, у т.ч. пшениця, жито, овес, ячмінь, просо, гречка, рис, кукурудза, сорго та інших зернових культур	0	0	

Підтип продукції					
d	d2	підтип продукції	P Cs- 137 Бк/кг	P Sr- 90 Бк/кг	примітка
		Зерно бобових сушене, у т.ч. горох, квасоля, сочевиця, боби та інше	0	0	
		Борошно, борошняні хлібопекарські суміші, крупа, крохмаль, зерно плющене чи перероблене в пластівці; макаронні вироби, круп'яні вироби, толокно; напівфабрикати зернові; готові продукти, виготовлені із зерна, зернових культур	0	0	у т.ч. сухі сніданки, мюслі, продукти, одержані шляхом здуття чи обсмажування зернових та інше
		Соеві боби сушені, продукти переробки сої, у т.ч. соєвий білок, борошно, готові вироби та інше	0	0	
		Хліб та хлібобулочні вироби, у т.ч. з добавками; продукти борошняні, у т.ч. борошняні кондитерські вироби, напівфабрикати з тіста	0		
		Сире товарне молоко для промислової переробки (крім продуктів дитячого харчування), молоко рідке та вершки, сироватка молочна; продукти кисломолочні, напої кисломолочні та інші; продукти, вироблені на основі молока та вершків	00	0	у т.ч. сири свіжі, йогурти, йогуртні продукти, десерти кисломолочні свіжі, напої кисломолочні та інші; з додаванням немолочних компонентів (морозиво, виготовлене на основі молока чи вершків, торти з морозива, напої молочні, десерти молочні та інше)
		Масло вершкове (у т.ч. масло коров'яче, спреди, молочний жир та інше); бутербродні пасти на основі масла вершкового	00	0	
		Сири сичужні тверді, сири розсольні, сири плавлені, сири голубі	00	00	
		Молоко та вершки концентровані або згущені, молоко та вершки згущені з наповнювачами	00	0	
		Продукти молочні сухі, у т.ч. молоко, вершки, казеїн та інші; сухі молочні суміші, концентрати харчові на основі молока	00	00	
		Сире товарне молоко для промислової переробки (для продуктів дитячого харчування)	0		харчові субпродукти (у т.ч. кишки-сирець, кров харчова), у т.ч. напівфабрикати, готові продукти, ковбаси, консерви м'ясні та м'ясо-рослинні
		М'ясо забійних тварин, птиці без кісток для промислової переробки, м'ясо, харчові субпродукти забійних тварин	00	0	

Підтип продукції					
d	d2	підтип продукції	P Cs- 137 Бк/кг	P Sr- 90 Бк/кг	примітка
		та свійської птиці свіжі, заморожені, різних способів обробки; продукти їх переробки			
		М'ясо диких тварин та птиці	00	0	
		Жир забійних тварин (у т.ч. шпик) та свійської птиці, продукти його переробки	00	0	
		М'ясо забійних тварин, свійської птиці сушене та продукти його переробки	00	0	
		Кістки тварин та птиці всіх видів	0	00	
		Желатин	50	0	
		Риба свіжа та морожена, різних способів обробки; риб'ячий жир, ікра (у т.ч. штучна), молочко та інші рибні продукти; продукти переробки, у т.ч. рибні напівфабрикати, готові продукти з риби, рибні пресерви та консерви	50	5	у т.ч. рибні напівфабрикати, готові продукти з риби (масло рибне, масло ікорне, рибні пасти та інші)
		Нерибні об'єкти промислу свіжі та заморожені, різних способів обробки; продукти їх переробки, у т.ч. напівфабрикати, готові продукти, консерви; жир морських ссавців	50	5	Нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски та інші водяні безхребетні, м'ясо земноводних, плазунів та морських ссавців)
		Сушені або в'ялені риба та нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски та інші водяні безхребетні, м'ясо земноводних, плазунів та морських ссавців)	00	0	
		Водорості, морські трави та продукти їх переробки	00	0	
		Водорості та морські трави сушені	00	00	
		Яйця птиці та рідкі яєчні продукти; напівфабрикати та готові вироби з яєць птиці	00	0	
		Сушені продукти переробки яєць птиці, у т.ч. яєчний порошок, сушені білок, жовток; сухі суміші, вироблені на основі яєць птиці	00	00	
		Картопля свіжа та продукти переробки картоплі, у т.ч. картопля консервована, картопля заморожена; кулінарні картопляні вироби, напівфабрикати з	0	0	

Підтип продукції					
d	d2	підтип продукції	P Cs- 137 Бк/кг	P Sr- 90 Бк/кг	примітка
		картоплі та інше			
		Свіжі овочі (листові, у т.ч. столова зелень, плодові, баштанні, коренеплоди), бобові, кукурудза цукрова, гриби (культивовані); продукти переробки овочів, у т.ч. напівфабрикати, готові продукти, соки, консерви та інше	0	0	
		Овочеві концентрати (у т.ч. томатна паста, томатні соуси, кетчупи, тощо)	20	0	
		Сушені овочі (у т.ч. картопля), гриби (культивовані) та овочеві суміші; продукти переробки сушених овочів	40	0	
		Фрукти та ягоди свіжі, заморожені, консервовані; соки фруктові та ягідні	0	0	
		Продукти переробки фруктів та ягід (варення, пасти, джеми, повидло, желе та інші	40	0	
		Сухі фрукти та ягоди, у т.ч. продукти сублімаційної сушки, сухі суміші на фруктовій та ягідній основі	80	0	
		Горіхи та продукти їх переробки	0	0	
		Суміші соків фруктових-ягідних з овочевими	0	5	
		Цукор, кондитерські вироби (карамель, ірис, пастила, мармелад тощо), желеві вироби, шоколад та вироби з нього; гумка жувальна	0	0	
		Гриби та ягоди дикорослі свіжі, заморожені, консервовані	00	0	
0		Гриби та ягоди дикорослі сушені	500	50	
1		Насіння олійних культур (соняшнику, кунжуту, арахісу, маку та інших, за винятком сої); продукти їх переробки, за винятком рослинних жирів та олій	0	0	
2		Жири та олії рослинні, продукти, вироблені на їх основі, у т. ч. маргарини, кулінарні жири, кондитерські жири, креми та інші	00	0	
3		Чай байховий, пресований, ароматизований, з рослинними домішками; кава зелена, смажена (у	00	0	кава та замінників кави (обсмажений солод, цикорій та інше)

Підтип продукції					
d	d2	підтип продукції	P Cs- 137 Бк/кг	P Sr- 90 Бк/кг	примітка
		зернах, мелена, розчинна); какао-боби, какао терте, какао-порошок; сухі розчинні напої на основі чаю, какао, кави та замінників кави			
4		Вода питна (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)			
5		Мінеральна вода (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)	0		
5		Безалкогольні та слабоалкогольні напої, у т.ч. на основі рослинної сировини; пиво, квас, морозиво соковмісне; концентрати напоїв, які не включені до інших розділів	0	0	
5		Алкогольні напої (за винятком пива)	0	0	
6		Лікарські рослини сушені; фіточаї, мате (парагвайський чай), каркаде (суданська троянда) та інші	00	00	
7		Тютюн та тютюнові вироби	20	0	
8		Біологічно активні добавки (БАД) усіх видів; екстракти та загущувачі харчові рослинного походження (речовини з вмістом пектину, пектинати та пектати; агар-агар та інші клеї та загусники рослинного походження)	00	0	
9		Прянощі; спеції та їх суміші; приправи, у т.ч. соуси (соевий соус, грибний та інші), за винятком томатних соусів, гірчиця (готова, гірчичний порошок), салатні заправки, майонез та інше	0	0	
0		Харчові добавки та їх суміші ; оцет; сода харчова; дріжджі; харчові концентрати для виготовлення перших і других страв, десертів, мусів, кремів та ін.; супи та бульйони швидкого приготування; солодовий екстракт	50	0	Харчові добавки та їх суміші (барвники натуральні та штучні, стабілізатори, емульгатори, ароматизатори, наповнювачі та інші)
1		Сіль кухонна харчова та сольові суміші	20	0	
2		Мед та продукти бджільництва	00	0	

Підтип продукції					
d	d2	підтип продукції	P Cs-137 Бк/кг	P Sr-90 Бк/кг	примітка
3		Готові продукти дитячого харчування, сухі молочні суміші	0		

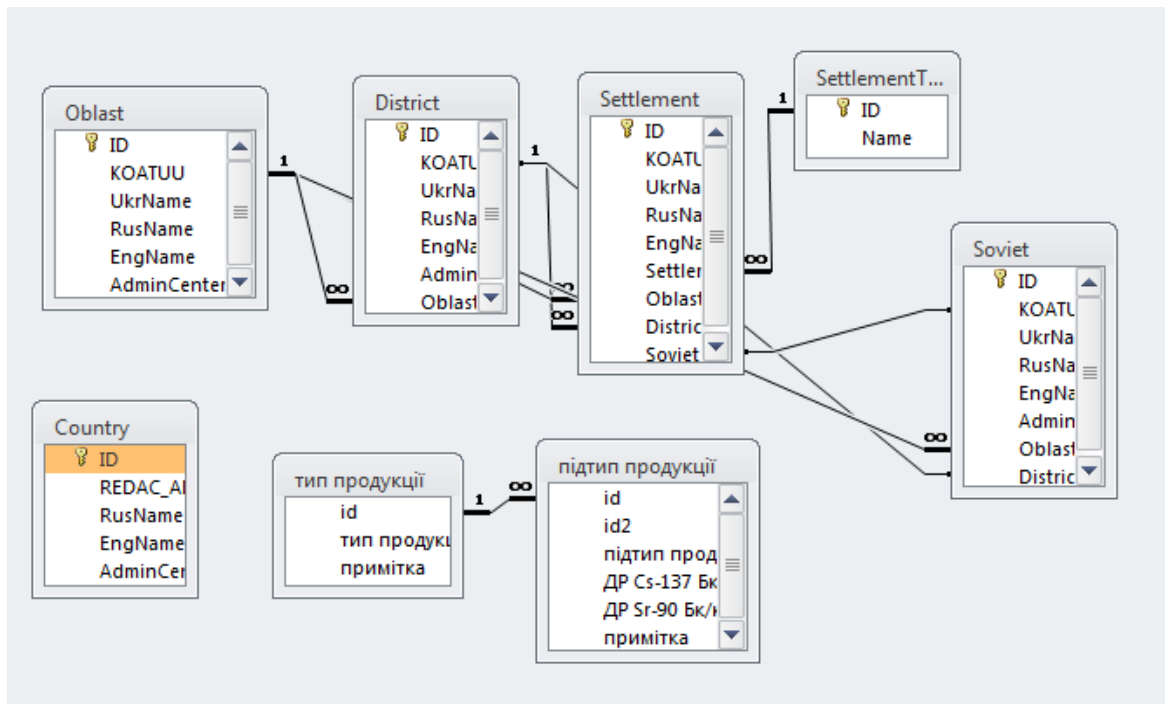


Рисунок 3.8 – Схема даних в програмі Rad_Agro_2.

Таблиці «Тип продукції» та «Підтип продукції» (табл. 3.5, 3.6) пов'язані між собою полем id (рисунок 3.8). Таким чином, при виборі визначеного типу продукції, список підтипу продукції відкривається відповідно до заданого типу. Заповнюються поля «Дата відбору зразків (чч.мм.рр)», «Дата проведення досліджень (чч.мм.рр)»

«Перелік нормативних та методичних документів» і «Перелік засобів вимірювальної техніки» заповнюються так само за допомогою відкритих списків або ж в ручну. Вносяться значення:

Питома активність ^{137}Cs , Похибка ^{137}Cs , відн од

Питома активність ^{90}Sr , Похибка ^{137}Cs , відн од

НА ПОЧАТОК

Висновок «Продукт не придатний до вживання» визначається на підставі чинного на даний час документа «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006». Згідно з пунктами документа:

2.7. Для визначення відповідності харчових продуктів критеріям радіаційної безпеки використовується показник відповідності, значення якого розраховується за результатами вимірювань питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr :

$$B = \frac{A_{\text{Cs}}}{DP_{\text{Cs}}} + \frac{A_{\text{Sr}}}{DP_{\text{Sr}}}, \quad (2)$$

де B - показник відповідності;

$A_{\text{Cs}}, A_{\text{Sr}}$ - результати вимірювань питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr у досліджених зразках сировини.

$DP_{\text{Cs}}, DP_{\text{Sr}}$ - нормативи вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у сировині (п. 3 нормативів).

У разі, якщо отримані значення питомих активностей лічильних зразків менші МВА ЗВТ, узятих для границь відносної похибки вимірювання 40% та довірчої імовірності 0,95, необхідно прийняти їх такими, що дорівнюють:

$$A_{\text{Cs}} = 1,2\text{МВА} / k_{k\text{Cs}},$$

$$A_{\text{Sr}} = 1,2\text{МВА} / k_{k\text{Sr}}, \quad (3)$$

де $k_{k\text{Cs}}, k_{k\text{Sr}}$ - коефіцієнти концентрування для ^{137}Cs та ^{90}Sr відповідно.

2.8. Значення абсолютної похибки визначення показника B розраховується за такою формулою:

$$\Delta B = k_p \sqrt{(\Delta A_{\text{Cs}} / DP_{\text{Cs}})^2 + (\Delta A_{\text{Sr}} / DP_{\text{Sr}})^2}, \quad (4)$$

де ΔB - абсолютна похибка визначення показника відповідності;

k_p - коефіцієнт, що залежить від прийнятої довірчої імовірності та закону розподілу випадкових величин $A_{\text{Cs}}, A_{\text{Sr}}$ (для довірчої імовірності 0,95 та невідомого закону розподілу $k_p = 1,1$);

$A_{\text{Cs}}, A_{\text{Sr}}$ - абсолютні похибки вимірювань питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr . Величини $A_{\text{Cs}}, A_{\text{Sr}}$ визначаються для конкретних зразків ЗВТ, МВВ та умов виконання вимірювань (активності зразка, часу вимірювання та ін.).

НА ПОЧАТОК

2.9. Оцінка харчового продукту на предмет його придатності до використання за призначенням проводиться шляхом перевірки виконання умови:

$$B + 0,6\Delta B \leq 1,0 \quad (5)$$

де 0,6 - коефіцієнт, розрахований для достовірності контролю, що характеризується довірчою імовірністю 0,95.

2.10. При вимірюваннях питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr значення МВА та коефіцієнтів концентрування зразка повинні бути такими, що не впливають на перевірку співвідношення (5) з урахуванням (2), (3).

2.11. Харчовий продукт вважається придатним до використання за призначенням, якщо виконується умова (5) пункту 2.9.

2.12. Якщо в результаті виконання РК зразка харчового продукту умова (5) не виконується, то для остаточного прийняття рішення щодо використання даного продукту рекомендується:

- перевірити вплив значень коефіцієнтів концентрування по ^{137}Cs та ^{90}Sr на значення МВА та величину коефіцієнта відповідності. За необхідності провести повторну підготовку зразка з метою збільшення значень k_{kCs} , k_{kSr} ;
- провести повторні вимірювання питомих активностей A_{Cs} , A_{Sr} зразка із збільшенням часу вимірювання і маси зразка;
- змінити метод виконання вимірювання, а в разі потреби виконати вимірювання із застосуванням термічного чи радіохімічного концентрування проби та ін.

В окремих випадках рекомендується зробити повторний відбір проб даного виду харчового продукту та його контроль.

2.14. Визнання харчового продукту таким, що непридатний до використання за призначенням, можливе лише при невиконанні умови (5) пункту 2.9 при обов'язковому виконанні умов пунктів 2.1, 2.2, 2.10.

2.15. Результати радіаційного контролю (досліджень, випробувань) оформлюються протоколом відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025-2001, пункт 5.10. Рекомендована форма протоколу та приклад його оформлення надані в додатку.[1]

Критерії:

Показник відповідності B відн од

Похибка ΔB відн од

Критерії оцінки $B + 0,6 \Delta B$, а так же Висновок

обчислюються в програмі автоматично.

НА ПОЧАТОК

У початковій формі є три кнопки, при натисканні на які відбувається перерахунок цих трьох параметрів по всій формі. Можна отримати протокол результатів радіаційного контролю відповідно до рекомендованої формою ДСТУ ISO / IEC 17025-2001, пункт 5.10 натисканням відповідної кнопки. Всі внесені дані зберігаються в таблиці Data. Дані можна переглядати, редагувати як в режимі таблиці, так і в режимі форми, здійснювати експорт в EXCEL. В системі передбачено формування вибірок, формування запитів.

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06>

НА ПОЧАТОК

4. АНАЛІЗ РАДІОЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

ОЦІНКА ДОЗ ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ

ОЦІНКА ДОЗ ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ

НЕВІДКЛАДНІ КОНТРЗАХОДИ

ДОВГОСТРОКОВІ КОНТРЗАХОДИ

ПРОГНОЗ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

**ДОПУСТИМІ РІВНІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ
ПРОДУКЦІЇ**

НА ПОЧАТОК

Аналіз радіоекологічної обстановки в разі ядерних та будь-яких інших радіаційних аварій, а також прогнозування її зміни проводиться на підставі даних радіоекологічного моніторингу, встановлених референтних рівнів ефективних доз опромінення населення та обумовлених цим допустимих рівнів радіоактивного забруднення харчових продуктів і питної води.

ОЦІНКА ДОЗ ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ

33

Як правило, мешканці сільської місцевості отримують більш значні дози зовнішнього опромінення у порівнянні з міськими мешканцями через більший час знаходження на відкритому повітрі на радіоактивно забрудненій території за відсутності захисту різними будівлями і т.п. У зв'язку з цим, консервативна оцінка очікуваної потужності ефективної дози зовнішнього опромінення проводиться на підставі даних про щільність радіоактивного забруднення території та дозових коефіцієнтів для різного розподілу радіонуклідів у ґрунті (таблиця 4.1).

Середньорічна ефективна доза (СРЕД) зовнішнього опромінення населення в населеному пункті ($\overline{D_{ext}}$, мЗв·рік⁻¹) розраховується на підставі даних про середню щільність забруднення його території і-м радіонуклідом (A_s^i , кБк·м⁻²) з урахуванням фактора ослаблення і тимчасової поведінки (0.3 - для мешканців сіл; 0.2 - мешканців селищ міського типу та малих містечок, де переважають одноповерхові будинки; 0.1 - для мешканців міст на відкритій місцевості з непошкодженим ґрунтовим шаром). Зміна з часом екранування випромінювання ґрунтом за рахунок вертикального перерозподілу радіонуклідів також враховуються. Середньорічна ефективна доза зовнішнього опромінення на відкритій місцевості (без урахування фактора ослаблення) визначається за формулою:

$$\overline{D_{ext}} = \sum_i B_{ext}^i \cdot A_s^i \quad (1)$$

де B_{ext}^i – середньорічна ефективна доза зовнішнього опромінення людини від і-го радіонукліда на відкритій місцевості, (мЗв·рік⁻¹)·(кБк·м⁻²)⁻¹ – таблиця 4.1.

ОЦІНКА ДОЗ ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ

Внутрішня середньорічна ефективна доза опромінення ($\overline{D}_{\text{int}}$, мЗв·рік⁻¹) розраховується на підставі офіційних даних щодо раціону харчування сільських мешканців України і утримання i -го радіонукліда в n -му харчовому продукті (A_n^i , Бк·кг⁻¹):

$$\overline{D}_{\text{int}} = \sum_i \sum_n (B_{\text{ing}}^i \cdot I_n \cdot A_n^i) \quad (2)$$

де I_n – середнє за рік споживання n -го харчового продукту і питної води (таблиця 4.2), кг·рік⁻¹; B_{ing}^i – ефективна доза на одиницю надходження через органи шлунково-кишкового тракту активності i -го радіонукліда, мЗв·Бк⁻¹ – таблиця 4.1.

Сумарна СРЕД опромінення населення в населеному пункті ($\overline{D}_{\text{total}}$, мЗв·рік⁻¹) розраховується як сума ефективних доз від зовнішнього ($\overline{D}_{\text{ext}}$) і внутрішнього ($\overline{D}_{\text{int}}$) опромінення для порівняння з референтним рівнем ефективної дози і оптимізації застосування захисних заходів (контрзаходів) в разі радіаційних і ядерних аварій:

$$\overline{D}_{\text{total}} = \overline{D}_{\text{ext}} + \overline{D}_{\text{int}} \quad (3)$$

НА ПОЧАТОК

Таблиця 4.1 – Максимальні значення дозових коефіцієнтів від [зовнішнього](#)³ і [внутрішнього](#)⁴ опромінення для радіонуклідів, що розглядаються з метою оцінки радіологічної обстановки при ядерних та будь-яких інших радіаційних аваріях.

Радіонуклід і-й	B_{ext}^i , ефективна доза на одиницю щільності забруднення території і-м радіонуклідом, (мЗв·рік ⁻¹)·(кБк·м ⁻²) ⁻¹			B_{ing}^i ефективна доза на одиницю надходження через органи шлунково- кишкового тракту активності і-го радіонукліда, мЗв·Бк ⁻¹		
	Поверхнєве забруднення	На глибину 5 см	На глибину 15 см	≤1 року	7-12 років	Дорослі >7 років
⁶⁰ Co	7.41E-02	2.81E-02	1.52E-02	5.4E-05	1.1E-05	3.4E-06
⁷⁵ Se	1.19E-02	4.38E-03	2.12E-03	2.0E-05	6.0E-06	2.6E-06
⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y	1.77E-04	5.43E-05	2.61E-05	2.3E-04	6.0E-05	2.8E-05
⁹⁵ Zr +	2.28E-02	8.51E-03	4.48E-03	8.5E-06	1.9E-06	9.5E-07
⁹⁵ Nb	2.36E-02	8.77E-03	4.63E-03	4.6E-06	1.1E-06	5.8E-07
⁹⁹ Mo + ^{99m} Tc	8.42E-03	3.05E-03	1.50E-03	5.5E-06	1.1E-06	6.0E-07
¹⁰³ Ru	1.46E-02	5.43E-03	2.80E-03	7.1E-06	1.5E-06	7.3E-07
¹⁰⁶ Ru + ¹⁰⁶ Rh	6.69E-03	2.48E-03	1.29E-03	8.4E-05	1.5E-05	7.0E-06
^{110m} Ag	8.36E-02	3.13E-02	1.67E-02	9.7E-06	2.8E-06	1.5E-06
¹³² Te	7.00E-02	2.42E-03	1.17E-03	4.8E-05	8.3E-06	3.8E-06
¹³¹ I	1.19E-02	4.41E-03	2.25E-03	1.8E-04	5.2E-05	2.2E-05
¹³⁴ Cs	4.79E-02	1.78E-02	9.40E-03	2.6E-05	1.4E-05	1.9E-05
¹³⁶ Cs	6.59E-02	2.45E-02	1.30E-02	1.5E-05	4.4E-06	3.0E-06
¹³⁷ Cs + ^{137m} Ba	1.85E-02	6.87E-03	3.60E-03	2.1E-05	1.0E-05	1.3E-05
¹⁴⁰ Ba +	5.68E-03	2.06E-03	1.06E-03	3.2E-05	5.8E-06	2.6E-06
¹⁴⁰ La	6.81E-02	2.59E-02	1.41E-02	2.0E-05	4.2E-06	2.0E-06
¹⁴¹ Ce	2.33E-03	7.69E-04	3.53E-04	8.1E-06	1.5E-06	7.1E-07
¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	2.15E-03	6.30E-04	2.96E-04	6.6E-05	1.1E-05	5.2E-06
¹⁶⁹ Yb	9.59E-03	2.72E-03	1.21E-03	7.1E-06	1.5E-06	7.1E-07
¹⁹² Ir	2.53E-02	9.46E-03	4.79E-03	1.3E-05	2.8E-06	1.4E-06
²²⁶ Ra	2.03E-04	7.32E-05	3.47E-05	4.7E-03	8.0E-04	2.8E-04
²³⁵ U	4.67E-03	1.67E-03	7.88E-04	3.5E-04	7.1E-05	4.7E-05
²³⁸ Pu	2.64E-05	4.79E-07	1.70E-07	4.0E-03	2.4E-04	2.3E-04
²³⁹ Pu	1.16E-05	7.25E-07	3.20E-07	4.2E-03	2.7E-04	2.5E-04
²⁴⁰ Pu	2.53E-05	4.69E-07	1.65E-07	4.2E-03	2.7E-04	2.5E-04
²⁴¹ Am	8.67E-04	1.37E-04	4.92E-05	3.7E-03	2.2E-04	2.0E-04

³ Eckerman K.F. and Ryman J.C. External exposure to radionuclides in air, water, and soil //Federal guidance report No. 12, EPA-402-R-93-081, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee 37831, USA, 1993. 238 P.

⁴ Міжнародні основні стандарти безпеки (General Safety Requirements No. GSR Part 3, МАГАТЕ, 2014

НА ПОЧАТОК

Таблиця 4.2 – Споживання харчових продуктів в домогосподарствах⁵, кг·рік-1 (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим та м. Севастополь)⁵

Споживання продуктів харчування в домогосподарствах (у перерахунку на первинний продукт) у середньому за рік у розрахунку на одну особу	2015	2016	2017
- м'ясо і м'ясопродукти, кг	55.2	56.4	56.4
- молоко і молочні продукти, кг	237.6	235.2	231.6
- яйця, шт.	228	228	240
- риба і рибопродукти, кг	14.4	14.4	15.6
- цукор, кг	33.6	32.4	33.6
- олія та інші рослинні жири, кг	19.2	18	18
- картопля, кг	79.2	80.4	76.8
- овочі та баштанні, кг	105.6	110.4	102
- фрукти, ягоди, горіхи, виноград, кг	37.2	39.6	44.4
- хліб і хлібні продукти, кг	102	99.6	100.8

36

НЕВІДКЛАДНІ КОНТРЗАХОДИ

Відповідно с [НРБУ-97](#):

«Д.7.1 Основними та найбільш ефективними невідкладними контрзаходами на початковій фазі аварії є: укриття, евакуація, йодна профілактика та обмеження перебування осіб з населення на відкритому повітрі (таблиця 4.3). Крім цих основних контрзаходів (для яких вводяться рівні виправданості та безумовної виправданості) на цій фазі аварії застосовуються ціла низка допоміжних контрзаходів, доцільність введення яких розглядається у кожному конкретному випадку, але для яких рівні втручання не вводяться. До подібних допоміжних контрзаходів відносяться:

- (а) заходи пилопригнічення;
- (б) часте миття доріг з твердим покриттям;
- (в) запобігання запилення узбіччя доріг та спеціальні обмеження для автотранспорту щодо з'їзду на узбіччя;
- (г) спеціальний режим роботи шкіл, дитячих садків, ясел;
- (д) зміна режиму роботи лікувально-оздоровчих закладів;
- (е) переведення великої рогатої худоби з пасовищного на стійлове утримання;
- (є) обмеження лісокористування, заборона полювання та рибної ловлі у місцевих водоймах;
- (ж) інші контрзаходи».

⁵ <http://www.ukrstat.gov.ua/>

НА ПОЧАТОК

Таблиця 4.3 – Нижні межі виправданості та рівні безумовної виправданості для невідкладних контрзаходів (НРБУ-97 Розділ 7)

Контрзахід	Доза, яку відвертають за перші 2 тижні після аварії					
	Нижні межі виправданості			Рівні безумовної виправданості		
	мЗв	мГр		мЗв	мГр	
	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру
Укриття	5	50	100	50	300	500
Евакуація	50	300	500	500	1000	3000
Йодна профілактика						
діти	-	50	-	-	200	-
дорослі	-	200	-	-	500	-
Обмеження перебування на відкритому повітрі						
діти	1	20	50	10	100	300
дорослі	2	100	200	20	300	1000

37

ДОВГОСТРОКОВІ КОНТРЗАХОДИ

Відповідно с [НРБУ-97: \(Розділ 8\)](#)

«Д.8.1 «Довгострокові контрзаходи (тимчасове відселення, постійне переселення, дезактивація території і радіоактивно-забруднених будівель та споруд, обмеження вживання радіоактивно-забрудненої води і продуктів харчування на досить тривалий час, сільськогосподарські та інші контрзаходи, включаючи індустріально-технічні) проводяться в умовах, коли:

- (а) дані радіаційного моніторингу дозволяють зробити досить надійний прогноз розвитку ситуації;
- (б) організації, які відповідають за проведення довгострокових контрзаходів, мають для цього достатньо ресурсів (матеріально-технічних, транспортних, запасів продовольства та ін.);
- (в) процедура оптимізації показує і виправданість, і необхідність такої акції, тобто користь від дози, яку відвертають довгостроковим контрзаходом, перевищує збиток, яким подібне втручання супроводжується;
- (г) є досить надійна науково-технічна експертиза ефективності довгострокових контрзаходів, які плануються.

НА ПОЧАТОК

Д.8.2 При формуванні рішення про проведення довгострокових контрзаходів стосовно кожної конкретної аварійної ситуації в процедурі оптимізації мають бути враховані:

- (а) масштаб аварії;
- (б) кількість населених пунктів і загальна чисельність жителів в них, до яких планується застосування таких довгострокових контрзаходів, як тимчасове відселення чи постійне переселення;
- (в) наявність необхідних для реалізації довгострокового контрзаходу ресурсів;
- (г) площа угідь, на яких передбачається здійснити сільськогосподарські контрзаходи;
- (д) стан транспортних комунікацій і засобів перевезення людей (чи підвозу продуктів, фуражу і техніки);
- (е) інші фактори, які визначають можливість проведення відповідних контрзаходів.

Д.8.3 Втручання слід вважати безумовно виправданим, якщо довгостроковим контрзаходом відвертають таку прогнозну дозу, яка перевищує значення рівнів, наведених у таблиці 4.4 (або пов'язаних з ними рівнів дії).

Таблиця 4.4 – [Нижні межі виправданості, безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії для прийняття рішення про переселення \(НРБУ-97 Розділ 8\)](#)

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза, яку відвертають за період переселення, Зв	0.2	1
Доза, яку відвертають за перші 12 місяців після аварії, Зв	0.05	0.5
Щільність радіоактивного забруднення території довгоживучими радіонуклідами, $\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$:		
- ^{137}Cs	400	4000
- ^{90}Sr	80	400
- α -випромінювачі ($^{238,239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am та ін.)	0.5	4
Потужність дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно-забрудненій місцевості, $\text{нГр} \cdot \text{сек}^{-1}$:		
· мононуклідне забруднення ^{137}Cs	0.3	3
· забруднення свіжою уламковою сумішшю (15-ий день після початку аварійних випадінь)	5	50

НА ПОЧАТОК

Д.8.7 Застосування такого втручання як тимчасове відселення (таблиця 4.5) вимагає поєднання ряду наступних особливостей і умов, які впливають із прогнозу динаміки розвитку радіаційної обстановки:

(а) відносно високий темп прогнозованого покращання радіаційної обстановки через відсутність у складі радіоактивного забруднення території таких довгоживучих радіонуклідів як ^{60}Co , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{210}Po , ізотопи плутонію, ^{241}Am та ін.;

(б) радіоактивне забруднення території будівель і споруд навіть довгоживучими радіонуклідами носить досить локальний характер, тому за період тимчасового відселення виявиться можливим і виправданим здійснити ефективні дезактиваційні роботи, після чого можна повернути населення на попереднє місце проживання.

39

Таблиця 4.5 – [Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про тимчасове відселення \(НРБУ-97 Розділ 8\)](#)

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Сумарна доза, яку відвертають за період тимчасового відселення, Зв	0.1	1
Середньомісячна доза на протязі періоду тимчасового відселення, мЗв місяць ⁻¹	5	30
Потужність поглинутої дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно-забрудненій місцевості, нГр сек ⁻¹	3	30

ПРОГНОЗ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

У середній і пізній фазі аварії радіоактивне забруднення сільськогосподарської продукції рослинного і тваринного походження визначається як щільністю радіоактивного забруднення території, так і інтенсивністю кореневого надходження радіонуклідів у рослини. Радіонукліди найбільш інтенсивно надходять у природну пасовищну рослинність, де коефіцієнти переходу радіонуклідів можуть відрізнятися більш ніж в 100 разів для різних ґрунтово-кліматичних умов. Це призводить до великих відмінностей в рівнях радіоактивного забруднення як продукції рослинництва, так і тваринництва при однакових рівнях радіонуклідного забруднення ґрунтів. Отже, визначення регіону і мережі відбору проб продукції тваринництва на середній та пізній фазі аварії має проводитися на підставі даних про щільність забруднення території радіонуклідами та інтенсивності їх кореневого надходження до кормових культур (Таблиця 4.6).

НА ПОЧАТОК

При забрудненні території радіоізотопами цезію особлива увага повинна приділятися регіонам з торф'яно-болотними ґрунтами, а при забрудненні ^{90}Sr - піщаним ґрунтам з низьким вмістом органічних речовин. Зазвичай, для оцінки рівнів радіоактивного забруднення продукції рослинництва використовують коефіцієнт переходу (КП_i - відношення питомої активності i -го радіонукліда в n -м продукті (A_n^i , $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) до щільності забруднення ґрунту i -м радіонуклідом (A_s^i , $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$) та накопичення (КН_i - відношення питомої активності i -го радіонукліда в n -м продукті (A_n^i , $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) до питомої активності i -го радіонукліда (A_s^i , $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) в 10-см шарі ґрунту для природних пасовищ (в 20-см шарі ґрунту для ріллі) в перерахунку на повітряно-суху масу.

Для оцінки рівноважних рівнів радіоактивного забруднення продукції тваринництва використовують коефіцієнт надходження (КП_i - відношення питомої активності i -го радіонукліда в n -му продукті тваринництва (A_n^i , $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) до добового надходження i -го радіонукліда в організм тварини (A^i , $\text{Бк}\cdot\text{доба}^{-1}$). Для оцінки рівноважних рівнів радіоактивного забруднення аквакультури використовують коефіцієнт накопичення (КН_i - відношення питомої активності i -го радіонукліда в n -му продукті (A_n^i , $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) до питомої активності i -го радіонукліда у воді водойми (A_w^i , $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$).

У таблиці 4.7 наведені середні значення КН для різних ґрунтово-кліматичних умов, також коефіцієнти переходу радіонуклідів в молоко і м'ясо великої рогатої худоби (ВРХ). Повні списки значень коефіцієнтів переходу, накопичення і надходження радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію наведені в документах МАГАТЕ - [IAEA-TECDOC-1616](#) и [TRS-472](#).

Таблиця 4.6 – Середні значення коефіцієнтів переходу ^{90}Sr і $^{134,137}\text{Cs}$ в основну дозоутворюючу сільськогосподарську продукцію для різних типів ґрунтів різного механічного складу, ($\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$)/($\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$) ([Ulanovsky et al., 2011](#)).

Продукція	Тип ґрунтів	$^{134,137}\text{Cs}$	^{90}Sr
Молоко	Піщані і супіщані	0.2	0.3
	Суглинні	0.07	0.2
	Глинисті	0.003	0.1
	Органічні	0.6	0.06
	Перезволожені торфовища	5	-
Яловичина	Піщані і супіщані	0.6	0.3
	Суглинні	0.25	0.2
	Глинисті	0.1	0.1
	Органічні	2	0.06
	Перезволожені торфовища	10	-
Свинина	Піщані і супіщані	0.3	-

	Суглинні	0.1	-
	Глинисті	0.05	-
	Органічні	1	-
	Перезволожені торфовища	4	-
Картопля	Піщані і супіщані	0.06	
	Суглинні	0.04	
	Глинисті	0.015	
	Органічні	0.2	
	Перезволожені торфовища	1	
Дикорослі гриби	Піщані і супіщані	13	-
	Суглинні	4	-
	Глинисті	1	-
	Органічні	20	-

Таблиця 4.7 – Середні значення коефіцієнтів накопичення і надходження в сільськогосподарську продукцію радіонуклідів, що розглядаються для оцінки радіологічної обстановки при ядерних та будь-яких інших радіаційних аваріях ([IAEA-TECDOC-1616](#) і [TRS-472](#)).

Радіонуклід	КН _i , (Бк·кг ⁻¹)/(Бк·кг ⁻¹)			КП _i , (Бк·кг ⁻¹)/(Бк·доба ⁻¹)	
	Зерно	Картопля	Трави	Молоко	М'ясо
⁶⁰ Co	8.5E-3	5.4E-2	4.5E-2	1.1E-4	4.3E-4
⁹⁰ Sr	1.1E-1	1.6E-1	1.3E-0	1.3E-3	1.3E-3
⁹⁵ Zr	1.0E-3	2.0E-3	1.0E-2	3.6E-6	1.2E-6
¹⁰⁶ Ru	3.0E-3	5.0E-3	-	9.4E-6	3.3E-3
^{110m} Ag	-	1.3E-3	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	5.4E-3	6.7E-3
^{134,137} Cs	2.9E-2	5.6E-2	2.5E-1	4.6E-3	2.2E-2
¹⁴⁴ Ce	3.1E-3	4.0E-3	3.7E-1	2.0E-5	-
²²⁶ Ra	1.7E-2	1.1E-2	7.1E-2	3.8E-4	1.7E-3
²³⁵ U	6.2E-3	5.0E-3	4.6E-2	1.8E-3	3.9E-4
²³⁸⁻²⁴⁰ Pu	9.5E-6	1.1E-4	5.5E-4	1.0E-5	1.1E-6
²⁴¹ Am	2.2E-5	2.1E-4	1.5E-3	4.2E-7	5.0E-4

Величина коефіцієнта накопичення для конкретного радіонукліда залежить від виду риби і пори (сезону) року, розміру (маси) риби, характеристик конкретного водоймища, включаючи концентрацію у воді іонів макроаналогів і т. д. Для прісноводних риб найбільш значущим фактором, що впливає на накопичення радіоіотопів цезію і стронцію в організмі риб є вміст у воді їх макроаналогів - іонів калію і кальцію. На підставі існуючого на даний час масиву експериментальних даних були отримані залежності КН_{Cs},_{Sr} в м'язовій тканині прісноводної риби та були отримані

залежності КН_{Cs},_{Sr} в м'язовій тканині прісноводної риби : (Щука (*Esox lucius*), Окунь (*Perca fluviatilis*), Судак (*Stizostedion lucioperca*), Жерех (*Aspius aspius*), Ком (*Silurus glanis*), Плітка (*Rutilus rutilus*), Лящ (*Abramis brama*), Краснопінка (*Scardinius erythrophthalmus*), Густера (*Blicca bjoerkna*), Головень (*Leuciscus cephalus*), Синець, (*Abramis ballerus*), Лінь (*Tinca tinca*),

Карась золотий (*Carassius carassius*), Короп/Сазан (*Cyprinus carpio*)) в залежності від вмісту у воді іонів калію (K^+) і кальцію (Ca^{++}). При зменшенні концентрації K^+ у воді з $50 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ до $0.2 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ КП_{Cs} у м'язову тканину прісноводної риби збільшується зі $100 \text{ л} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $40000 \text{ л} \cdot \text{кг}^{-1}$. При зменшенні концентрації Ca^{++} в воді з $100 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ до $2 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ КП_{Sr} у м'язову тканину прісноводної риби збільшується з $20 \text{ л} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $10000 \text{ л} \cdot \text{кг}^{-1}$. Мінімальне надходження ^{90}Sr і $^{134,137}\text{Cs}$ в рибу спостерігається в водоймах з високою мінералізацією води, наприклад, прісноводних частин морів. Слід також зазначити, що в одному і тому ж водоймищі вміст радіонуклідів у м'язовій тканині особин різного розміру одного і того ж виду риб може відрізнятися до 5 разів (так званий «розмірний ефект»). Таким чином, під час пробовідбору риби особлива увага повинна приділятися водоймищам з низьким вмістом іонів калію і кальцію в воді, наприклад, тундровим озерам і верховим болотам.

Метаболізм радіонуклідів в організмі риб сильно залежить від температури води. За радіоактивного забруднення водоймища при температурі води нижче 10°C в осінньо-зимово-весняний період надходження радіонуклідів в організм риб буде на порядки величини нижче в порівнянні з порою року, коли температура води в водоймах буде вище 15°C .

ДОПУСТИМІ РІВНІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

У разі ядерних та будь-яких інших радіаційних аварій в гострий період найбільш ефективним контрзаходом у сільському господарстві є запровадження обмежень на споживання харчових продуктів з вмістом радіонуклідів вище допустимого рівня. Відповідно до [НРБУ-97 \(Розділ 8\)](#):

«Д.8.8 Вилучення, заміна чи обмеження вживання радіоактивно забруднених харчових продуктів, будучи важливим довгостроковим контрзаходом, одночасно потребує для своєї реалізації значних ресурсних і економічних затрат. Тому в інтервалі значень між нижньою межею виправданості і безумовно виправданим рівнем втручання (таблиця Д.8.3) необхідно кожний раз проводити процедуру оптимізації. Причому треба мати на увазі, що можливості заміни важливих компонентів раціону (м'яса, молока, картоплі, хліба та ін.) звичайно далеко не безмежні.

Д.8.9 Заборона чи обмеження споживання харчових продуктів місцевого виробництва вводиться на ранній, середній і, частково на пізній фазах аварії. Проте, застосування значень рівнів дії, вказаних у таблиці 9, потребує постійного застосування процедури зважування “користь - збиток”, оскільки не виключені ситуації, коли при вкрай

НА ПОЧАТОК

обмежених можливостях підвозу чистих харчових продуктів, заборона чи обмеження споживання місцевих продовольчих ресурсів може визвати пряму загрозу голоду. При цьому наслідки для здоров'я людей гострого дефіциту харчових продуктів можуть виявитися набагато тяжчими, ніж ті, які пов'язані з радіаційним фактором.

Д.8.10 Для таких довгострокових контрзаходів, як дезактивація територій, будівель та споруд, сільськогосподарські протирадіаційні заходи (залуження, вапнування ґрунтів, спеціальні норми внесення добрив, глибока оранка, застосування спеціальних хімічних речовин типу берлінської блакиті, зміна структури землекористування або технології вирощування м'ясо-молочної худоби і т.п.) не вводяться ні межі виправданості, ні безумовні рівні втручання. Рішення про проведення подібних контрзаходів приймаються кожного разу на основі процедури зважування “користь -збиток”».

Таблиця 4.8 – Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження ⁶ вживання радіоактивно-забруднених харчових продуктів (НРБУ-97 Розділ 8)

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза внутрішнього опромінення, яку відвертають за рахунок вживання радіоактивно-забруднених продуктів харчування, мЗв	5	30
· за перший післяаварійний рік	1	30
· за другий і наступні роки після аварії	1	5
Радіоактивне забруднення молока ⁷ , Бк л ⁻¹		
· ¹³¹ I		
для дорослих	400	1000
для дітей	100	200
· ^{134,137} Cs	100	400
· ⁹⁰ Sr	20	200
для дорослих		
для дітей	5	50

Міжнародні нормативи допустимого вмісту радіонуклідів у харчових продуктах Codex Alimentarius і FAO для торгівлі на випадок радіаційної аварії (таблиця 4.9) є менш жорсткими, в порівнянні з НРБУ-97 (таблиця 4.8), так як вважається, що людина споживає при цьому не більше 10% радіоактивно забруднених харчових продуктів.

⁶ Рішення про обмеження чи про повне вилучення (або заміну) окремих продуктів харчування є об'єктом оптимізації.

⁷ Для інших, немолочних харчових продуктів харчування, рівні дії вдвоє вищі.

НА ПОЧАТОК

Таблиця 4.9 – Допустимі рівні Codex Alimentarius вмісту радіонуклідів у харчових продуктах, забруднених в результаті радіаційної аварії та які є предметом міжнародної торгівлі.

Продукт	Радіонукліди	Допустимий рівень, Бк·кг ⁻¹
Продукти дитячого харчування	²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am	1
	⁹⁰ Sr, ¹⁰⁶ Ru, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ²³⁵ U	100
	³⁵ S**, ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ¹⁰³ Ru, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ¹⁴⁴ Ce, ¹⁹² Ir	1000
	³ H***, ¹⁴ C, ⁹⁹ Tc	1000
Всі продукти, крім дитячого харчування	²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am	10
	⁹⁰ Sr, ¹⁰⁶ Ru, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ²³⁵ U	100
	³⁵ S**, ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ¹⁰³ Ru, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ¹⁴⁴ Ce, ¹⁹² Ir	1000
	³ H***, ¹⁴ C, ⁹⁹ Tc	10000

* When intended for use as such.

** This represents the value for organically bound sulphur.

*** This represents the value for organically bound tritium. Scope: The Guideline Levels apply to radionuclides contained in foods destined for human consumption and traded internationally, which have been contaminated following a nuclear or radiological emergency¹. These guideline levels apply to food after reconstitution or as prepared for consumption, i.e., not to dried or concentrated foods, and are based on an intervention exemption level of 1 mSv in a year. Application: As far as generic radiological protection of food consumers is concerned, when radionuclide levels in food do not exceed the corresponding Guideline Levels, the food should be considered as safe for human consumption. When the Guideline Levels are exceeded, national governments shall decide whether and under what circumstances the food should be distributed within their territory or jurisdiction. National governments may wish to adopt different values for internal use within their own territories where the assumptions concerning food distribution that have been made to derive the Guideline Levels may not apply, e.g., in the case of wide-spread radioactive contamination. For foods that are consumed in small quantities, such as spices, that represent a small percentage of total diet and hence a small addition to the total dose, the Guideline Levels may be increased by a factor of 10.

* Визначаються як такі за призначенням використання.

** Значення наведені для сірки, що входить до складу органічних молекул.

*** Значення наведені для тритію, що входить до складу органічних молекул. Сфера застосування: Наведені допустимі рівні застосовуються до радіонуклідів, що містяться у харчових продуктах, забруднених внаслідок ядерних і будь-яких інших радіаційних аварій, призначених для споживання людиною і які є предметом міжнародної торгівлі. Наведені допустимі рівні застосовуються до готових до споживання харчових продуктів і не поширюються на висушені або сконцентровані продукти. Значення цих рівнів обумовлюються нижньою межею виправданості відповідного втручання, що дорівнює 1 мЗв·рік⁻¹. Умови застосування: З огляду на загальні норми радіологічного захисту, харчові продукти, рівень забруднення яких радіонуклідами не перевищує відповідні допустимі рівні, вважаються безпечними для споживання. У випадку, якщо спостерігається перевищення допустимих рівнів, то подальша доля таких продуктів у конкретній державі вирішується урядом на національному рівні. Національним урядом може бути прийнято рішення про перегляд і збільшення значень допустимих рівнів в межах цієї держави, якщо цього вимагає ситуація масштабного забруднення харчових продуктів. Для харчових продуктів, які споживаються у невеликій кількості, наприклад, спецій, що представляють невеликий відсоток від загального раціону і мають незначний внесок у загальну дозу опромінення, допустимі рівні можуть бути збільшені у 10 разів.

НА ПОЧАТОК

Регламенти РАДИ (ЄВРОАТОМ) №2218/89 від 18 липня 1989 р., які вносять поправки до регламентів №3954/87 і №770/90 від 29 березня 1990 р., встановлюють максимально допустимі рівні радіоактивного забруднення харчових продуктів (таблиця 4.10) і кормів після ядерної або будь-якої іншої радіаційної аварії (таблиця 4.11). Розгляд відносних кількостей окремих радіонуклідів, які можуть мати місце у разі ядерної аварії з урахуванням їх періоду напіврозпаду і переходу з кормів в продукцію тваринництва, приводить до висновку, що максимально допустимі рівні радіоактивного забруднення кормів необхідні тільки для радіоізоотопів цезію.

45

Таблиця 4.10 – Максимально допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах при ядерних або будь-яких інших радіаційних аваріях.

Групи радіонуклідів	Питома активність (Бк·кг ⁻¹ или Бк·л ⁻¹)		
	Дитяче харчування	Молочні продукти	Всі інші продукти
Ізотопи Sr, особливо ⁹⁰ Sr	75	125	750
Ізотопи I, особливо ¹³¹ I-	150	500	2000
Альфа-випромінюючі радіоізоотопи плутонію і трансплутонієвих елементів, особливо ²³⁹ Pu і ²⁴¹ Am	1	20	80
Всі інші радіонукліди з періодом напіврозпаду понад 10 діб, особливо ¹³⁴ Cs і ¹³⁷ Cs*	400	1000	1250

* Вуглець 14 і тритій не включені в цю групу

Таблиця 4.11 – Максимально-допустимі рівні вмісту радіоізоотопів цезію (¹³⁷Cs і ¹³⁴Cs) у кормах тварин при ядерних та будь-яких інших радіаційних аваріях.

Тварина	Бк·кг ⁻¹
Свині	1250
Птахи, ягнята, телята	2500
Всі інші	5000

Так після Чорнобильської аварії були введені тимчасові допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах та питній воді, які посилювалися по мірі поліпшення радіаційної обстановки (таблиця 4.12). Тільки через 11 років після аварії в 1997 році були встановлені не аварійні рівні ДР-97, які були доповнені розширеним переліком харчових продуктів у 2006 році ([ДР-2006](#)). Також в Україні діє введений в 2005 році "Гігієнічний

НА ПОЧАТОК

норматив питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у деревині та продукції з деревини" ([ГНПАР-2005](#)).

В Японії після аварії на АЕС Фукусіма-1 у 2011 році відразу були введені допустимі рівні на утримання радіоіотопів йоду і цезію у харчових продуктах, які через рік були замінені на аварійні (таблиця 4.12)

Таблиця 4.12 – Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування після Чорнобильської аварії 26 квітня 1986 р. і аварії на АЕС Фукусіма-1 11 березня 2011 р.

Продукт	Після Чорнобильської аварії 26 квітня 1986 р.				Після аварії на АЕС Фукусіма-1 11 березня 2011 р.		
	Аварійні		Не аварійні (ДР-2006)		Аварійні		Не аварійні
	¹³¹ I	^{134,137} Cs	^{134,137} Cs	⁹⁰ Sr	¹³¹ I	^{134,137} Cs	^{134,137} Cs
Питна вода	3700	370	2	2			10
Дитяче харчування	-	-	40	5			50
Молоко	3700	370	100	20	300	200	
Згущене молоко, сметана, сир, масло	18500-74000	3700-18500	100-300	20-100			
М'ясо, м'ясопродукти, риба	37000	3700	200	10-40			
Овочі, картопля свіжі фрукти, ягоди	37000	3700	40-60	20-50			
Хліб, хлібопродукти, крупи	-	370	20	5-30			
Гриби свіжі	-	18500	500	50			
Дикорослі сушені гриби і ягоди	-	-	2500	250			

Документ Council Regulation (EEC) No 737/90 від 22.03.1990 встановлював обмеження на імпорту сільськогосподарської продукції з третіх країн після аварії на Чорнобильській АЕС. Після кількох істотних змін в тексті цього документа Європейська комісія випустила його оновлений варіант: Council Regulation (EC) No 733/2008 від 15.07.2008 р. Документ встановлює наступні допустимі рівні вмісту Cs-134 і Cs-137 в імпортованій харчовій продукції - таблиця 4.13. У 2009 році термін дії документа продовжений до 31 березня 2020 р. (COUNCIL REGULATION (EC) No 1048/2009 від 23.10.2009).

НА ПОЧАТОК

Таблиця 4.13 – Допустимий вміст сумарного вмісту ^{134}Cs і ^{137}Cs чорнобильського походження в продукції, що імпортується в країни Європейського Союзу

Продукт	Бк·кг ⁻¹
Молоко і молочні продукти, а також готові продукти харчування марковані «для харчування дітей перших 6 місяців життя»	370
Решта продуктів харчування, які підпадають під дію документа No 737/90	600

У відношенні продуктів харчування, що імпортуються з Японії після аварії на АЕС Фукусіма-1, Європейська Комісія з 2012 р. застосовує ті ж обмеження на вміст ^{134}Cs та ^{137}Cs в сільськогосподарській продукції (таблиця 4.12), що були встановлені урядом Японії для продукції споживаної всередині Японії (COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 996/2012 від 26.10. 2012). Зокрема, для грибів, чаю, риболовної продукції, деяких їстівних частин рослин, деяких овочів і фруктів, рису, сої вироблених в префектурах Gunma, Ibaraki, Tochigi, Miyagi, Saitama, Tokyo, Iwate, Chiba and Kanagawa повинен проводитися моніторинг вмісту ^{134}Cs і ^{137}Cs . Контролю підлягають вихідна сировина і будь-яка продукція яка містить більше 50% перерахованих вище продуктів. Документ No 996/2012 передбачає регулярний перегляд обмежень.

В блоці (модулі) аналізу радіоекологічної обстановки містяться гіперпосилання на наступні матеріали сучасної системи підтримки прийняття рішень при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для сільського господарства України:

1. [Eckerman K. F. and Ryman J. C. 1993. External exposure to radionuclides in air, water, and soil. Federal guidance report NO. 12. EPA-402-R-93-081.](#)
2. [IAEA, 2009. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments, – Vienna: International Atomic Energy Agency IAEA-TECDOC-1616.](#)
3. [IAEA, 2010. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. – Vienna: International Atomic Energy Agency, TRS-472.](#)
4. [ДР-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів \$^{137}\text{Cs}\$ та \$^{90}\text{Sr}\$ у продуктах харчування та питній воді. Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006](#)
5. [ГНПАР-2005. Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів \$^{137}\text{Cs}\$ та \$^{90}\text{Sr}\$ у деревині та продукції з деревини. – Затверджено Наказом МОЗ України від 31.10.2005. - № 573](#)

6. [Хомутинин Ю. В., Кашпаров В. А., Кузьменко А. В. Зависимость коэффициентов накопления \$^{137}\text{Cs}\$ и \$^{90}\text{Sr}\$ рыбой от содержания калия и кальция в воде пресноводного водоема // Радиационная биология. Радиоэкология, 2011, том 51, № 3, с. 374–384.](#)

НА ПОЧАТОК

5. ЗАХИСНІ ЗАХОДИ (КОНТРЗАХОДИ)

НА ПОЧАТОК

У разі перевищення референтних рівнів доз опромінення населення та вмісту радіонуклідів у харчових продуктах застосовуються захисні заходи (контрзаходи) з метою реабілітації радіоактивно забруднених територій ([IAEA-TRS-475](#)). Після Чорнобильської аварії МАГАТЕ в 1994 р. підготувало [Посібник по застосуванню контрзаходів у сільському господарстві в разі аварійного викиду радіонуклідів в навколишнє середовище російською та англійською мовами](#). Найбільш ефективною в радіологічному та економічному плані було і залишається застосування ферроцину (берлінської блакиті) для зменшення вмісту радіоцезію в продукції тваринництва - молоко і м'ясо ([IAEA-TECDOC-926/R](#), [IAEA-TECDOC-926](#), [Jacob et al., 2009](#), [Labunska et al., 2018](#)).

Сучасна комп'ютерна електронна інформаційно-управлінська система підтримки прийняття рішень при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях в Україні базується на рекомендаціях МАГАТЕ і сучасному досвіді застосування контрзаходів, які знайшли відображення в Європейській системі ([EURANOS](#)) і національних системах ([UK Recovery Handbook for Radiation Incidents](#)), адаптованих для України:

КОНТРЗАХОДИ ДЛЯ СИСТЕМ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

КОНТРЗАХОДИ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

КОНТРЗАХОДИ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

В блоці (модулі) захисні заходи (контрзаходи) містяться гіперпосилання на наступні матеріали сучасної системи підтримки прийняття рішень при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для сільського господарства України:

1. [IAEA, 2012. Guidelines for remediation strategies to reduce the radiological consequences of environmental contamination. IAEA-TRS-475.](#)
2. [IAEA, 1994. Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду, IAEA-TECDOC-745.](#)
3. [IAEA, 1994. Guidelines for agricultural countermeasures following an accidental release of radionuclides, IAEA-TRS-363.](#)
4. [IAEA, 1997. Использование берлинской лазури для снижения уровня загрязнения радиоактивным цезием молока и мяса, производимых на территориях, пострадавших от Чернобыльской аварии, IAEA-TECDOC-926/R](#)

5. [IAEA, 1997. The use of Prussian Blue to reduce radiocaesium contamination of milk and meat produced on territories affected by the Chernobyl accident, IAEA-TECDOC-926.](#)
6. [Jacob P., Fesenko S., Bogdevitch I., Kashparov V., Sanzharova N., Grebenshikova N., Isamov N., Lazarev N., Panov A., Ulanovsky A., Zhuchenk Y., Zhurba M. Rural areas affected by the Chernobyl accident: Radiation exposure and remediation strategies //Science of The Total Environment, v. 408, Issue 1, 2009, p. 14-25.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.006>](#)
7. [Labunska I., Kashparov V., Levchuk S., Santillo D., Johnston P., Polishchuk S., Lazarev N., Khomutinin Y. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident: Part 1. Human dietary exposure to Caesium-137 and possible mitigation measures //Environment International, v. 117, August 2018, p. 250–259
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.053>](#)
8. [EURANOS: European approach to nuclear and radiological emergency management and rehabilitation strategies](#)

[НА ПОЧАТОК](#)

6. СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

НА ПОЧАТОК

Відповідно до програми МАГАТЕ з технічного співробітництва з Білоруссю, Росією та Україною була розроблена система підтримки прийняття рішень на пізній стадії ліквідації радіаційних аварій в сільськогосподарському виробництві [ReSCA \(Remediation Strategies after the Chernobyl Accident\)](#) (завантаження дистрибутивного пакету) для надання допомоги особам, що приймають рішення, та сприяння вибору оптимізованої стратегії радіаційного захисту сільського населення після Чорнобильської аварії ([Ulanovsky et al., 2011](#)). Система підтримки прийняття рішень базується на досвіді ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС та була з успіхом використана в Україні для населених пунктів, в яких ефективна доза опромінення перевищувала $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ([Jacob et al., 2009](#), [Labunska et al., 2018](#)). Основними критеріями застосування захисних заходів є скорочення річної ефективної дози для представницької особи населення, подібно до визначення, прийнятого МКРЗ та МАГАТЕ ([Міжнародні основні стандарти безпеки](#)). Доза для представницької людини визначається, як 95 % від розподілу індивідуальної дози в населеному пункті, і вона може бути виражена за середньою дозою розрахунку

$\overline{D}_{total} = \overline{D}_{ext} + \overline{D}_{int}$ (рівн. 3). Коректність роботи системи підтримки прийняття рішень на пізній стадії ліквідації радіаційних аварій в сільськогосподарському виробництві [ReSCA \(Remediation Strategies after the Chernobyl Accident\)](#) (завантаження дистрибутивного пакету) була перевірена шляхом вимірювання доз від внутрішнього опромінення за допомогою вимірювань вмісту радіоцезію в організмі населення і TLD вимірювань доз зовнішнього опромінення, а також радіологічної ефективності застосування захисних заходів у тестових населених пунктах ([Fesenko et al., 2013](#)).

В блоці (модулі) системи підтримки прийняття рішень містяться гіперпосилання на наступні матеріали сучасної системи підтримки прийняття рішень при ядерних і будь-яких інших радіаційних аваріях для сільського господарства України:

1. [ReSCA \(Remediation Strategies after the Chernobyl Accident\)](#)
2. [Ulanovsky A., Jacob P., Fesenko S., Bogdevitch I., Kashparov V., Sanzharova N. ReSCA: decision support tool for remediation planning after the Chernobyl accident //Radiation and Environmental Biophysics, Springer, v.50, 2011, p.67–83.
https://doi.org/10.1007/s00411-010-0344-7](#)
3. [Fesenko S. Jacob P., Ulanovsky A. Chupov A., Bogdevich I., Sanzharova N., Kashparov V., Panov A., Zhuchenka Yu. Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident //Journal of Environmental Radioactivity, V. 119, 2013, p. 39–47.
https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.08.012](#)

