

Міністерство освіти та науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

## **НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ ТА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ**

Виконано за сприяння головного управління ДСНС України у Вінницькій області

Розробив студент групи ТЗД-17з/в  
Піменов Олександр Миколайович  
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи,  
к.т.н, доцент  
Васильківський Ігор Володимирович

Вінниця – 2019

## Актуальність

Ядерна енергія використовується в усіх галузях народного господарства – промисловості, медицині, сільському господарстві, наукових дослідженнях, а також у побуті.

Сьогодні гостро стоїть проблема радіаційної ситуації в Україні, тому актуальністю даної теми є дослідження радіоекологічних та медико-біологічних наслідків Чорнобильської катастрофи, їх вплив на людину та господарську діяльність.

В результаті аварії на ЧАЕС (Чорнобильській атомній електростанції) радіоактивного забруднення зазнала територія площею 9 млн. га, що призвело до обмеження можливостей агропромислового виробництва і лісогосподарського використання на площі 256 тис. га.

Виходячи з вище зазначеного впливає необхідність проведення вимірювань рівня радіації та подальшого моніторингу. Програма моніторингу включає: вид та частоту вимірювань, методи вимірювання, відбір зразків та подальший лабораторний аналіз, методи статистичної обробки, інтерпретації та реєстрації отриманих даних.

Висока вартість інженерних технологій очищення ґрунту (5000 грн. за 1 м ґрунту з урахуванням витрат на зняття забрудненого ґрунту, його транспортування і підготовку), що приводять до руйнування гумусу, відсутність ефективних методів дезактивації ландшафтів сприяло тому, що на першому етапі ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (Чорнобильській атомній електростанції) були ухвалені рішення про розробку заходів з метою зменшення надходження радіонуклідів в рослинну фітомасу.

Після аварії на Чорнобильській атомній електростанції дослідження, які можуть слугувати основою для технології використання рослин в процесі очищення забруднених ґрунтів, одержали додатковий імпульс для свого розвитку і відображені в роботах багатьох наукових колективів. Зібраний великий масив даних про накопичувальну здатність різних видів рослин і розробку відходів і методів з метою модифікувати цей процес.

**Метою роботи є дослідження поведінки радіонуклідів присутніх в ґрунтовому покриві, проаналізувати відомі методи дезактивації забрудненої території і прилади для вимірювання рівня радіоактивного забруднення та розробити заходи по фітодезактивації на території Вінницької області для зниження рівня радіоактивного забруднення.**

**Об'єкт досліджень – процес забруднення території радіонуклідами Цезієм-137 та Стронцієм-90 та їх вплив на середовище і організм людини.**

**Предметом досліджень є радіоекологічні та медико-біологічні наслідки Чорнобильської катастрофи.**

## Задачі дослідження

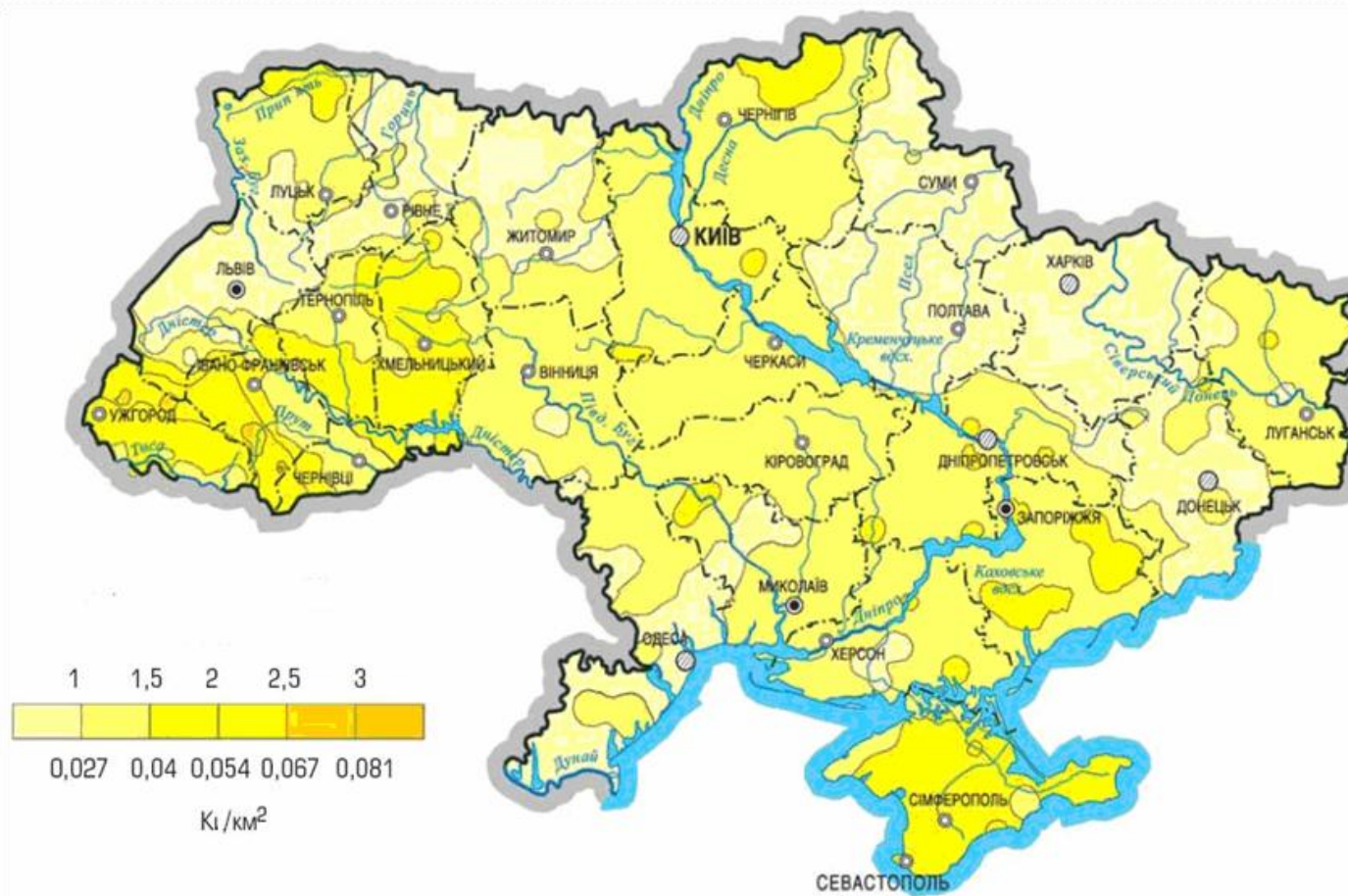
Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

- 1) проаналізувати джерела та стан радіаційного забруднення території України та Вінницької області;
- 2) охарактеризувати медико-біологічний вплив радіації на навколишнє середовище та організм людини;
- 3) запропонувати рекомендації для зменшення негативного впливу антропогенних джерел радіації на організм людини.
- 4) провести еколого-економічну оцінку заходів по фітодезактивації на території Оратівського району.

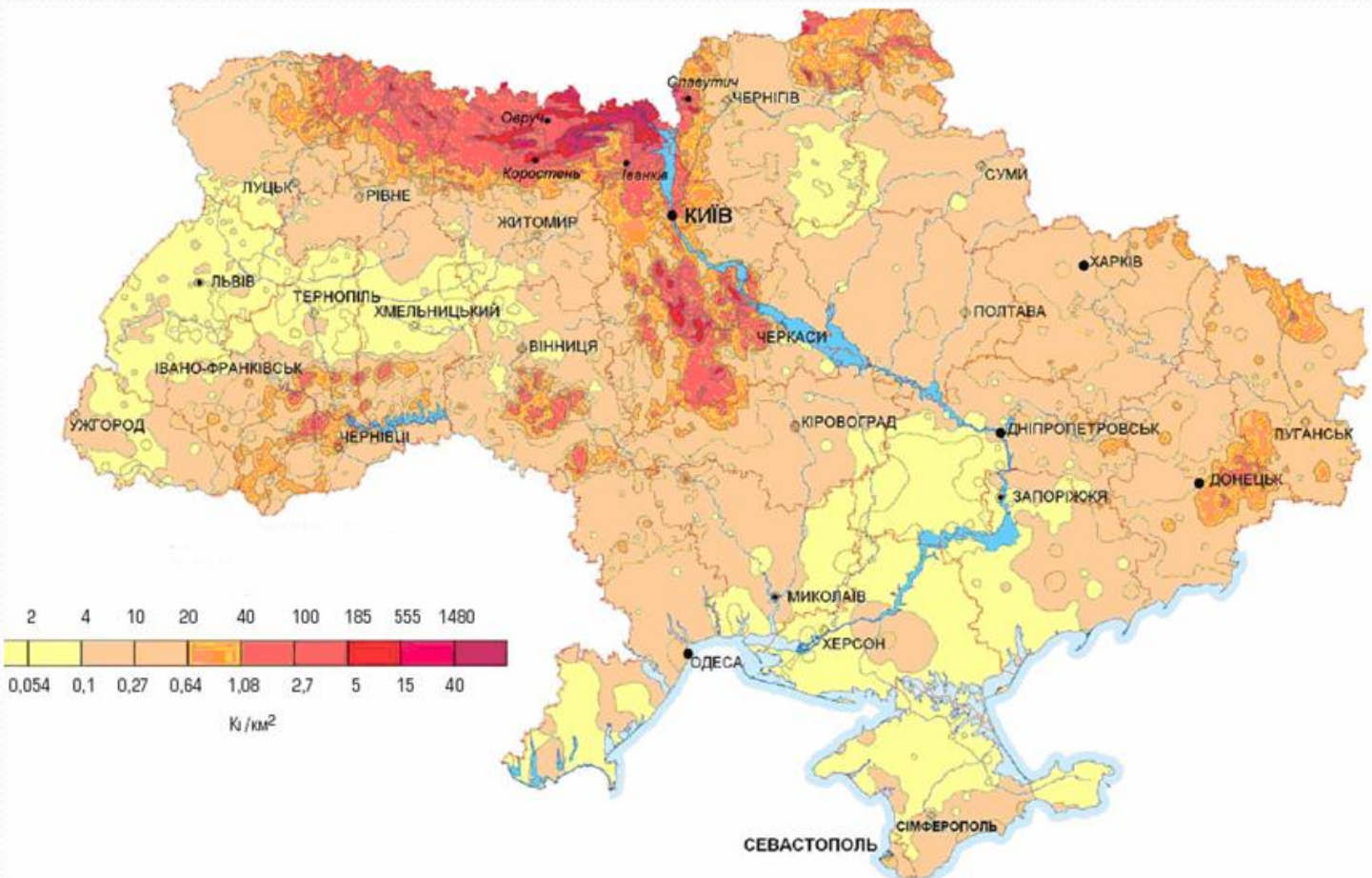
# Схема розташування підприємств атомної енергетики на території України



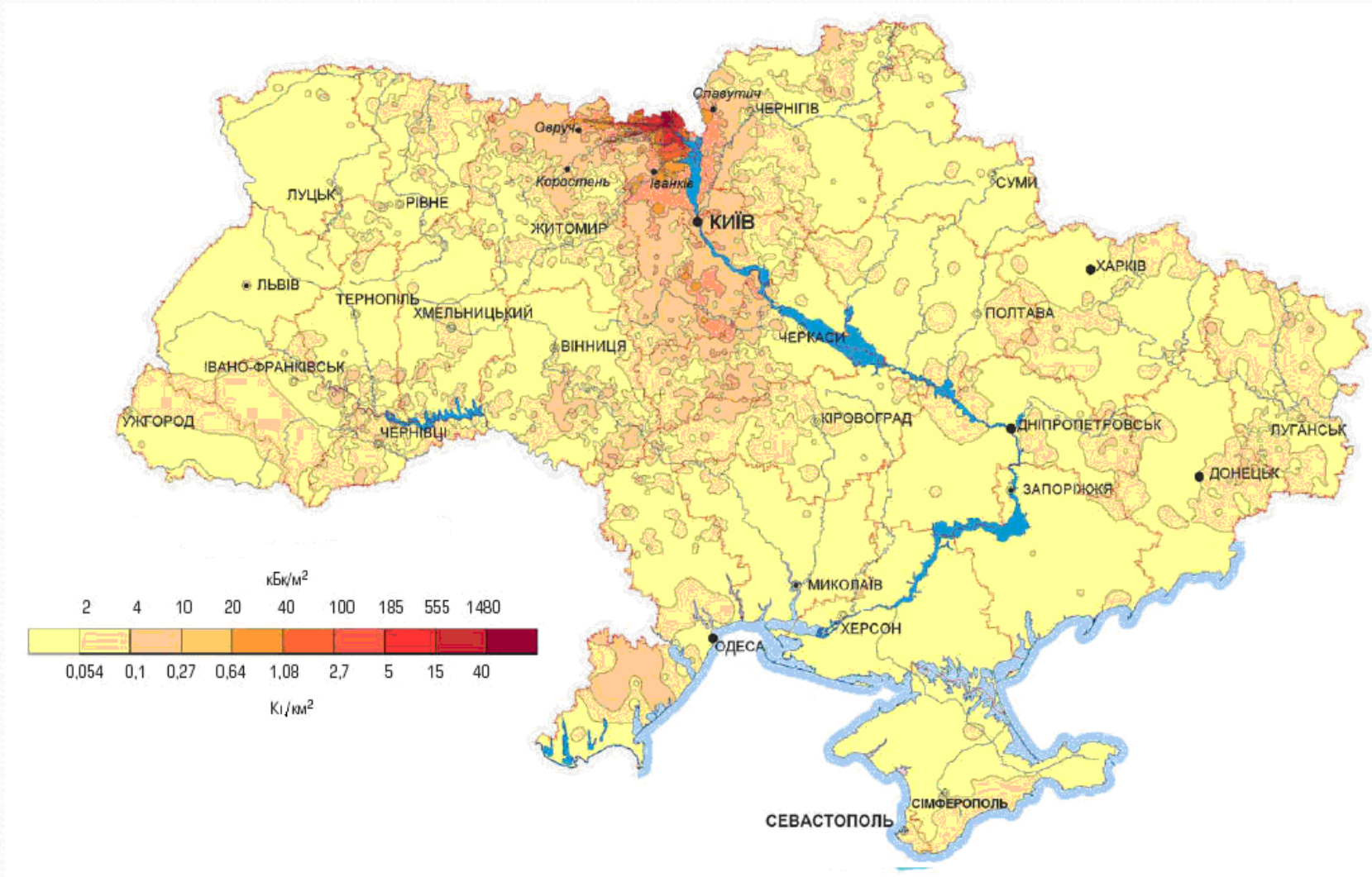
# Забруднення території України до аварії на ЧАЕС $^{137}\text{Cs}$ , $\text{кБк}/\text{м}^2$



# Забруднення території України цезієм-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) після аварії на ЧАЕС, $\text{кБк}/\text{м}^2$

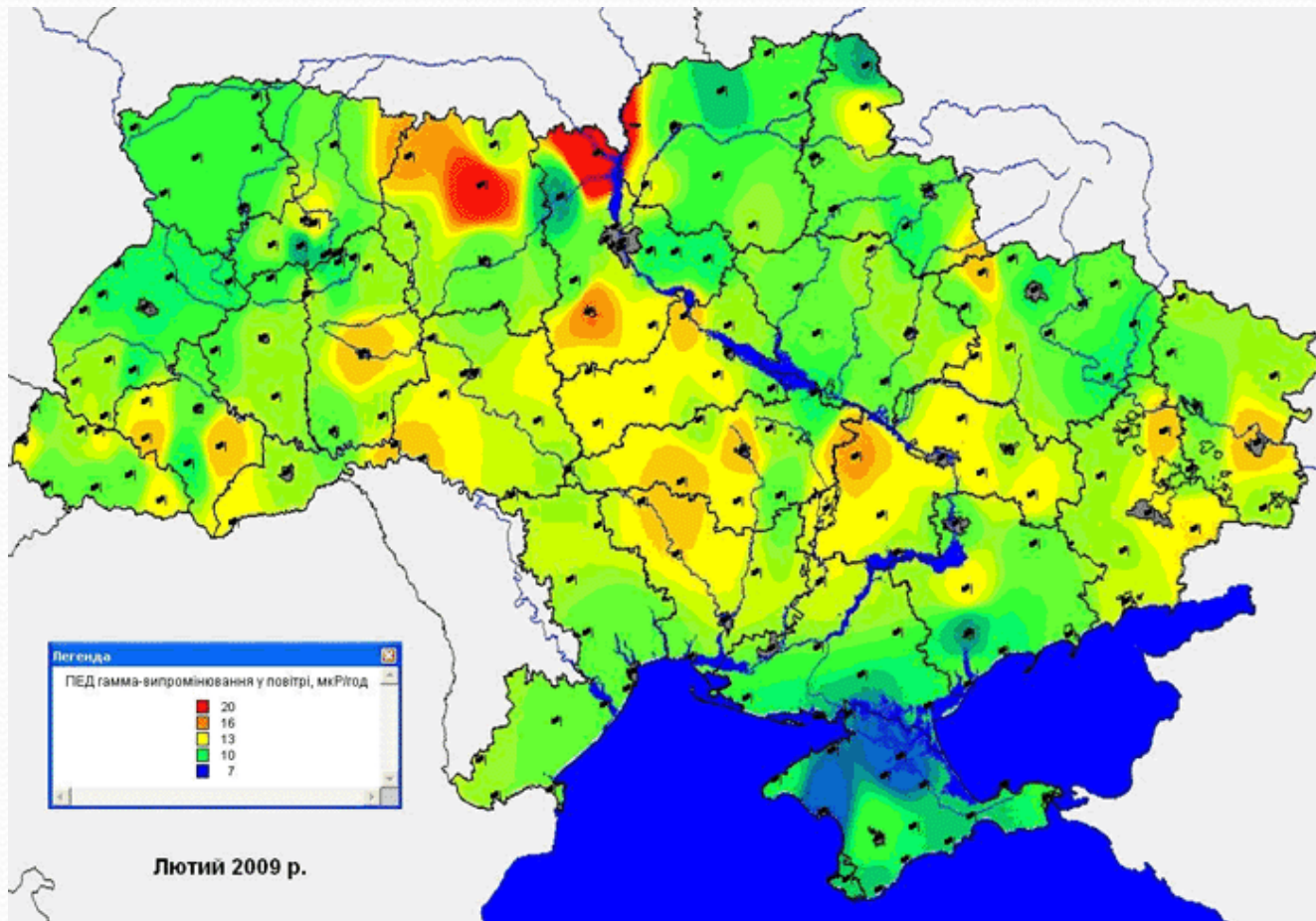


# Забруднення території України стронцієм-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) після аварії на ЧАЕС, $\text{кБк}/\text{м}^2$

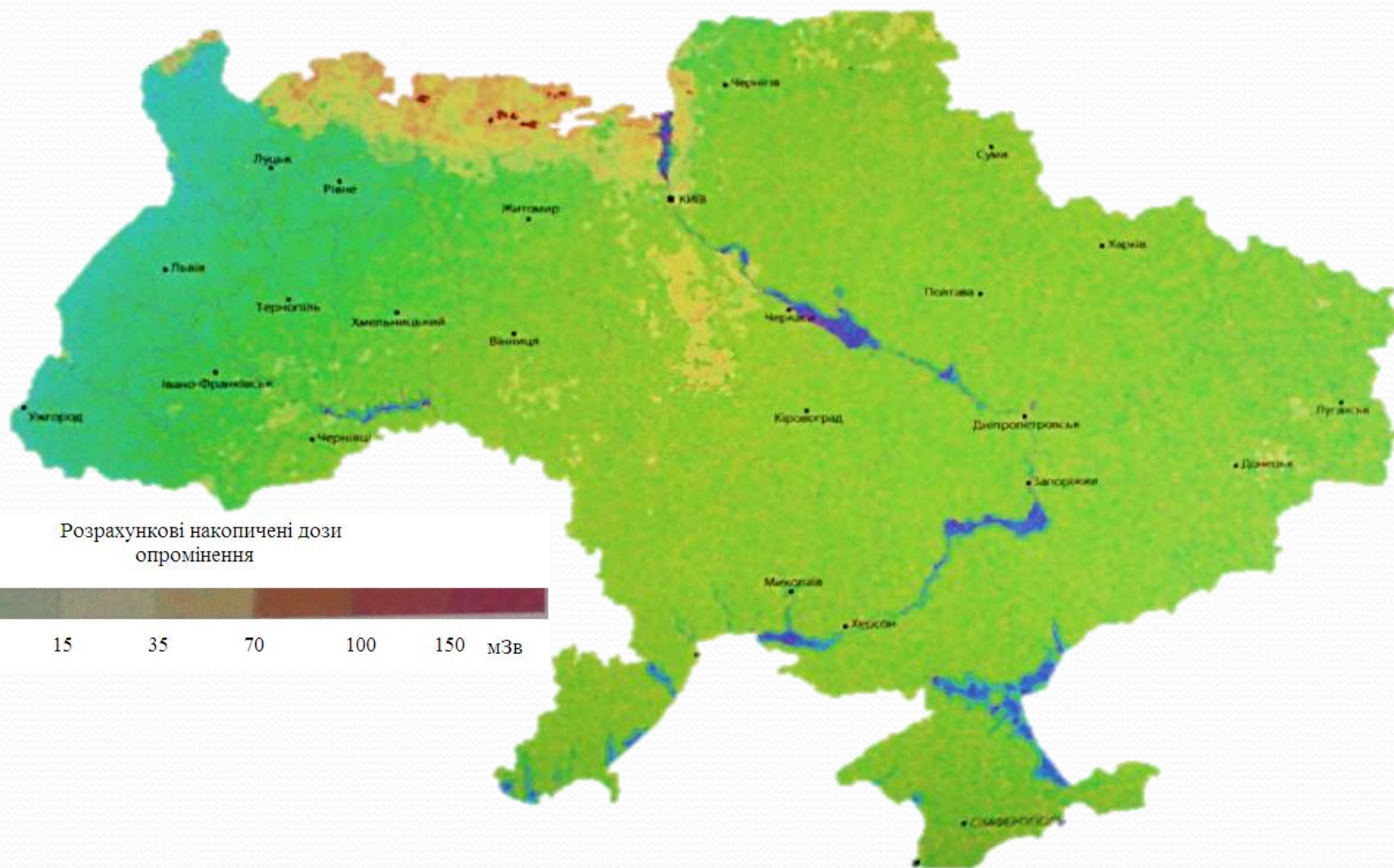




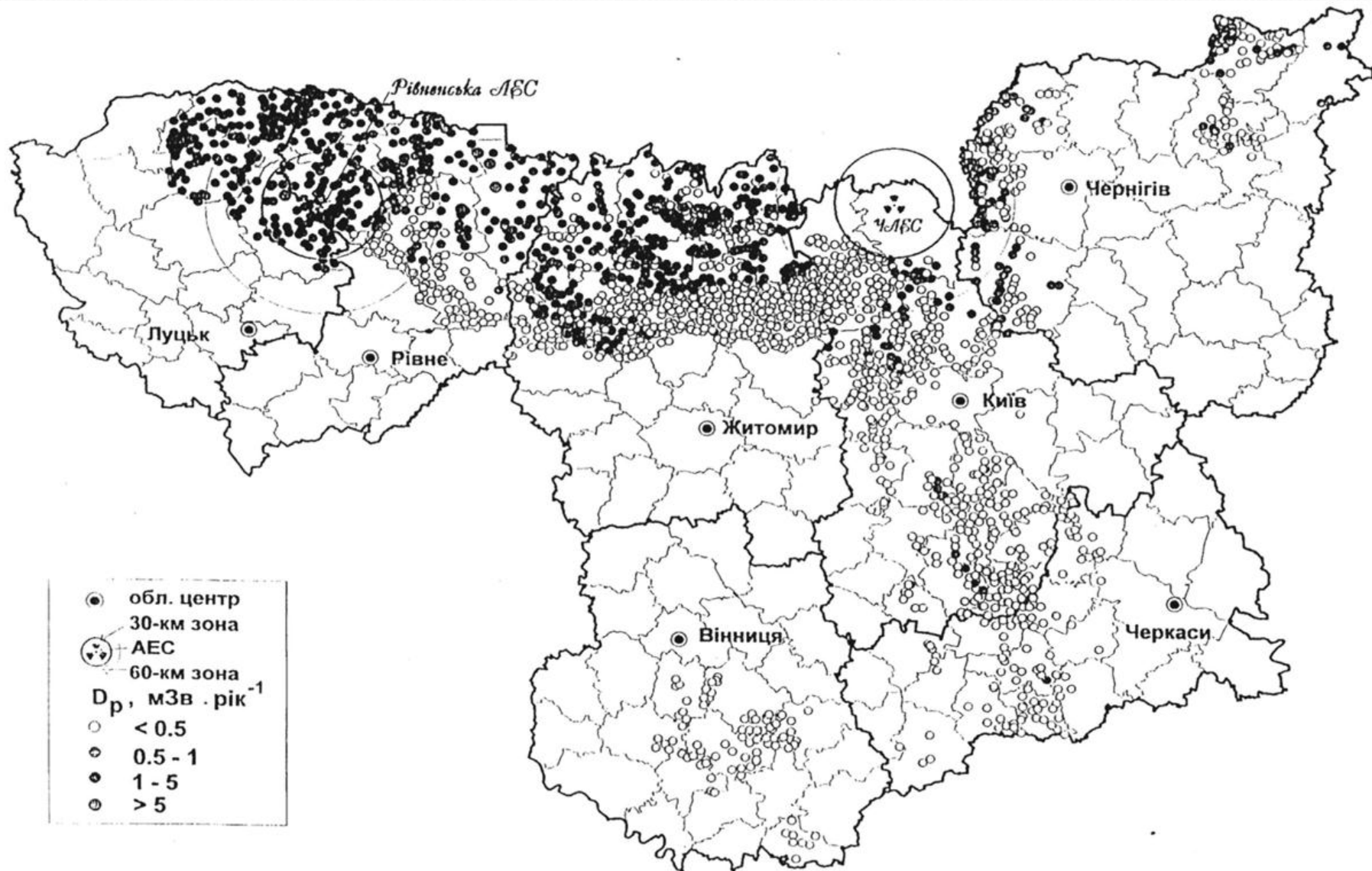
# Розподіл середньомісячної потужності експозиційної дози гамма-випромінювання у повітрі на території України



# Сумарні прогнозовані ефективні дози зовнішнього та внутрішнього опромінення розраховані на період 1986-2055 роки (70 років після аварії)

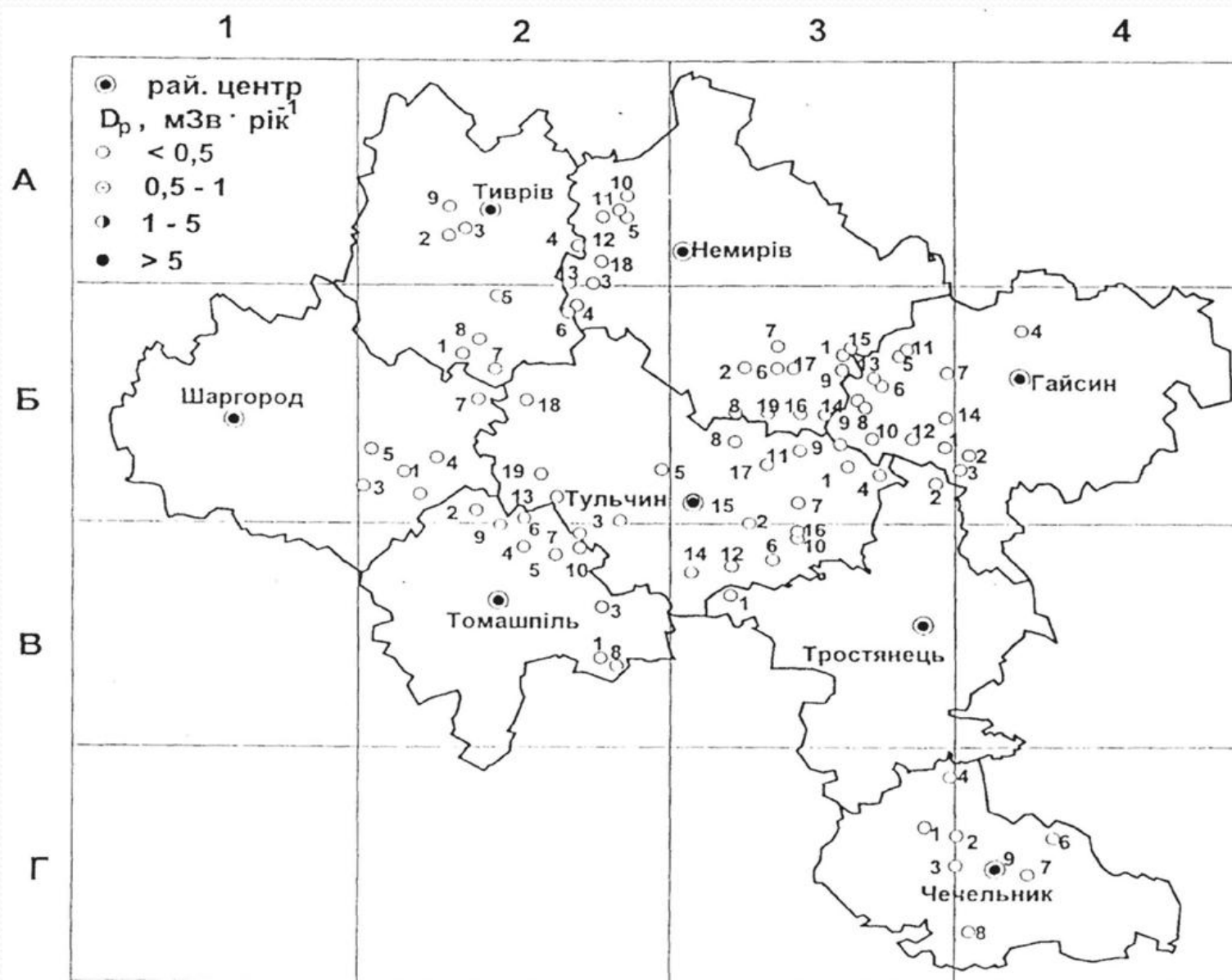


# Узагальнені результати дозиметричної паспортизації по 7 (з 12) областям України

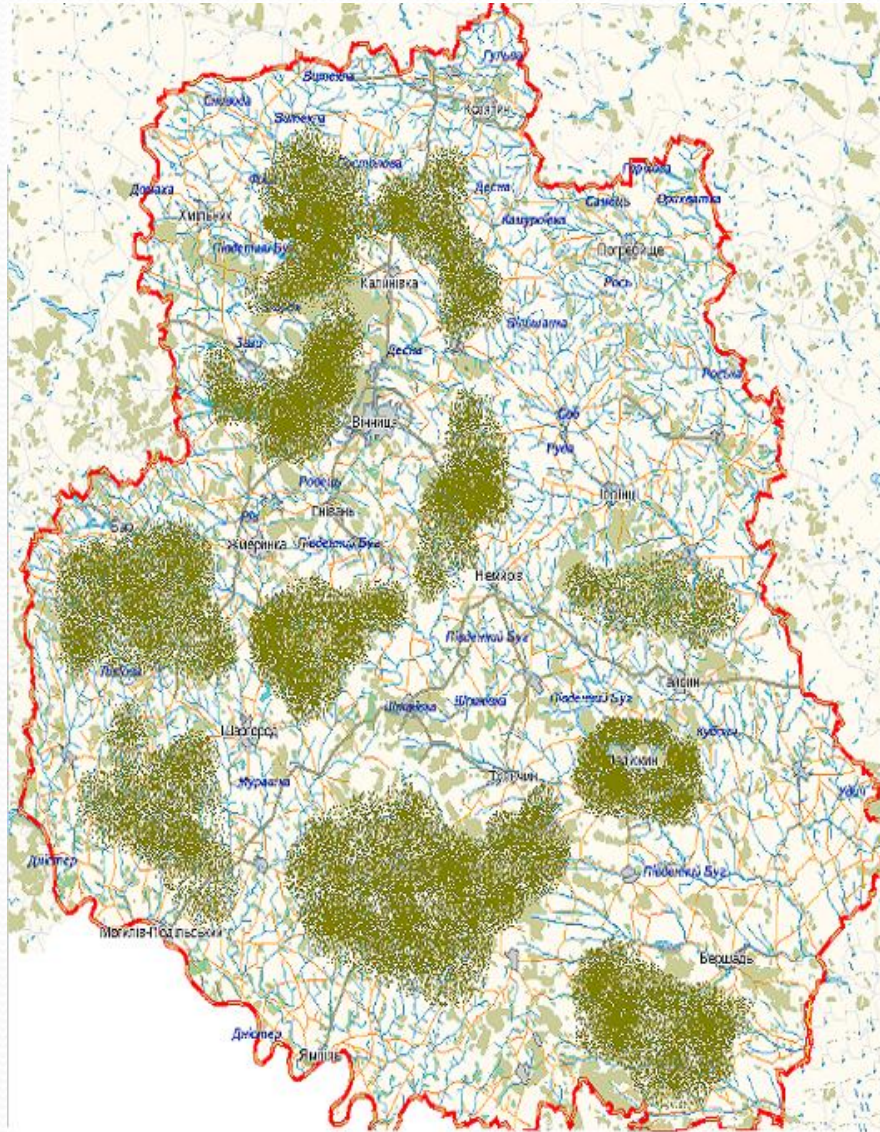


# Вінницька область (радіаційне забруднення)

Гайсинський, Немирівський, Тиврівський, Томашпільський, Тростянецький, Тульчинський, Чечельницький та Шаргородський райони



# Радіоактивне забруднення Вінницької області



 - Територія, яка забруднена радіоактивними речовинами

## Рівні радіоактивного забруднення несених пунктів

Вінницької області 137 Cs, Кі/км<sup>2</sup> за 1996 рік

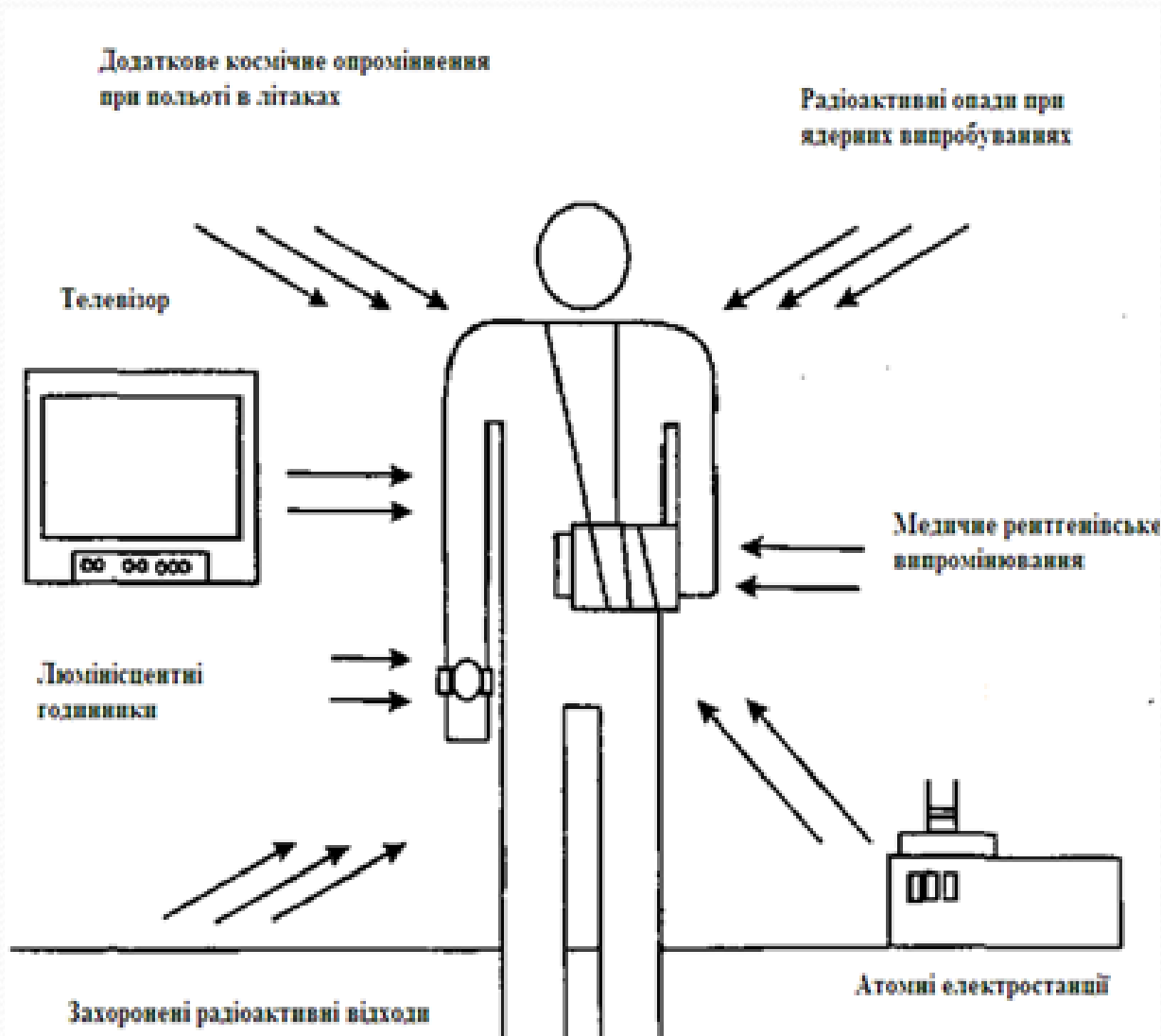
номер	Населений пун	Концентрація Цезію-137,І	Рік
1	с. Вовчок	1,03	1996
2	с. Перекоринці	1,26	1996
3	с. Воробіївка	2,27	1996
4	с. Забуття	1,23	1996
5	с. Грабовець	1,88	1996
6	с. Анциполівка	1,15	1996
7	с. Зяньківці	1,1	1996
8	с. Кудлаї	1,27	1996
9	с. Шолудьки	1,01	1996
10	с. Лука	2,48	1996
11	с. Никифорівці	2,28	1996
12	с. Семенки	1,25	1996
13	с. Скрицьке	1,57	1996
14	с. Шура	2,61	1996
15	Сперіячинці	1,32	1996
16	с. Кузьминці	1,25	1996
17	с. Павлівка	1,43	1996
18	с. Сокільці	1,45	1996
19	с. Кунка	3,56	1996
20	с. Косанове	1,21	1996
21	с. Степашки	1,22	1996
22	с. Горишівка	2,05	1996
23	с. Колоденець	1,74	1996
24	с. Цаповка	1,47	1996
25	с. Комаргород	1,05	1996
26	с. Антопіль	1,13	1996
27	с. Жолоби	1,72	1996
28	м. Тульчин	1,23	1996
29	с. Дранка	1,02	1996
30	с. Одої	1,35	1996
31	с. Журавлівка	1,42	1996
32	с. Василівка	1,11	1996
33	с. Заозерне	1,05	1996
34	с. Зарічне	2,24	1996
35	с. Кинашів	1,1	1996
36	с. Нестерварка	1,46	1996
37	с. Маркове	1,9	1996
38	с. Кирнасівка	2,59	1996

39	с. Кришинці	2,71	1996
40	с. Ганнополь	1,97	1996
41	с. Клебань	1,83	1996
42	с. Гуральня	1,06	1996
43	с. Михайлівка	3,08	1996
44	с. Тиманівка	1,07	1996
45	с. Холодівка	2,07	1996
46	с. Кленове	1,06	1996
47	с. Соснівка	1,31	1996
48	с. Шликів	1,26	1996
49	с. Калинівка	1,73	1996
50	с. Шура-Копіївс	1,4	1996
51	с. Станіславка	1,84	1996
52	с. Юрківка	2,39	1996
53	с. Бушинка	2,12	1996
54	с. Василівка	1	1996
55	с. Канава	2,65	1996
56	с. Рахни Польо	1,41	1996
57	с. Сліди	1,99	1996
58	с. Сутиски	1,1	1996
59	с. Уяринці	4,49	1996
60	с. Шендрів	1,01	1996
61	с. Гута	2,25	1996
62	с. Скаліполь	1,18	1996
63	с. Бурдаї	2,39	1996
64	с. Дохно	1,91	1996
65	с. Василівка	1,43	1996
66	с. Вербка	3,05	1996
67	с. Куренівка	1,55	1996
68	с. Тартак	1	1996
69	с. Червона Гре	1,33	1996
70	с. Чечельник	1,01	1996
71	с. Голинчинці	1,16	1996
72	с. Вербівка	1,1	1996
73	с. Мал. Дербчи	1,95	1996
74	с. Джурин	1,61	1996
75	с. Зведенівка	1,8	1996
76	с. Тяжлівка	2,1	1996
77	с. Рахни Лісові	2,94	1996
*	(Счетчик)		

# Щільність забруднення радіонуклідами населених пунктів Вінницької області 2010 рік

Назва	Середні по населених пунктах рівні $^{137}\text{Cs}$ В об'єктах моніторингу			Паспортна доза опромінення мЗв рік <sup>-1</sup>		
	грунт ( $\sigma_{cs}$ ) кБк/м <sup>2</sup>	молоко ( $C_m$ ) Бк/л	картопля ( $C_p$ ) Бк/кг	зовнішня ( $D_y$ )	внутрішня ( $D_{int}$ )	сумарна ( $D_s$ )
<b>Гайсинський район</b>						
с. <u>Басаличівка</u>	21	0,7	1,1	0,04	0,02	0,06
с. <u>Бубнівка</u>	18	0,5	0,9	0,04	0,02	0,06
с. <u>Дмитренки</u>	33	0,4	1,5	0,06	0,01	0,08
с. <u>Карбівка</u>	2	0,8	0,8	<0,01	0,01	0,02
с. <u>Косанове</u>	44	0,4	0,8	0,09	0,03	0,11
с. <u>Сокільці</u>	53	0,4	0,8	0,10	0,02	0,12
с. <u>Степашки</u>	45	0,8	1,5	0,09	0,02	0,11
<b>Немирівський район</b>						
с. <u>Андиполівка</u>	42	0,5	–	0,08	0,01	0,09
с. <u>Гостинне</u>	34	0,8	–	0,07	0,01	0,08
с. <u>Кудлаї</u>	46	1,3	0,5	0,09	0,03	0,12
<b>Тиврівський район</b>						
с. <u>Бушинка</u>	78	0,5	–	0,15	0,01	0,16
с. <u>Василівка</u>	37	0,9	–	0,07	0,02	0,09
с. <u>Канава</u>	61	1,2	–	0,12	0,02	0,14
<b>Томашпільський район</b>						
с. <u>Антопіль</u>	41	0,7	0,6	0,08	0,02	0,10
с. <u>Благодатне</u>	35	0,6	–	0,07	0,02	0,09
снт. <u>Вапнярка</u>	35	0,7	–	0,05	<0,01	0,06
<b>Тростянецький район</b>						
с. <u>Красногірка</u>	92	0,6	0,8	0,18	0,01	0,19
с. <u>Ладжин</u>	29	–	7	0,03	0,02	0,04
<b>Тульчинський район</b>						
с. <u>Василівка</u>	41	0,8	0,7	0,08	0,02	0,09
с. <u>Ганнопіль</u>	72	0,6	0,9	0,14	0,01	0,15

# Основні джерела штучної радіації





## Радіаційне забруднення продуктів харчування

Небезпека забруднення організму радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених продуктів і від швидкості виведення радіоактивних речовин з організму.

Основна маса радіонуклідів (до 94%) в організм людини надходить з добовим харчовим раціоном, до 5% - з питною водою і 1% - з повітрям, яке вдихається.

Харчовий продукт вважають придатним до споживання, якщо

$$\left(\frac{A}{H}\right)_{\text{цезій } -137} + \left(\frac{A}{H}\right)_{\text{стронцій } -90} \leq 1 ,$$

де  $A$  - питома активність радіонукліду стронцію-90 і цезію-137 в даному харчовому продукті,

$H$  - нормативи по стронцію-90 і цезію-137 для цього виду продукту.

Якщо

$$\left(\frac{A}{H}\right)_{\text{цезій } -137} + \left(\frac{A}{H}\right)_{\text{стронцій } -90} > 1 ,$$

або коли в харчових продуктах, харчовій сировині присутні інші радіонукліди техногенного походження, то слід керуватися НРБ.

# Допустимі рівні вмісту радіонуклідів $^{137}\text{Cs}$ та $^{90}\text{Sr}$ у продуктах харчування та питній воді

№ з/п	Найменування продукту	ДР $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг	ДР $^{90}\text{Sr}$ Бк/кг
1	Зерно, борошно-круп'яні та хлібобулочні вироби		
	1.1. Зерно <u>продовольче</u> , у т.ч. <u>пшениця</u> , <u>жито</u> , <u>овес</u> , <u>ячмінь</u> , <u>просо</u> , <u>гречка</u> , <u>рис</u> , <u>кукурудза</u> , <u>сорго</u> та <u>інших зернових культур</u>	50	20
	1.2. Зерно <u>бобових сушене</u> , у т.ч. <u>горох</u> , <u>квасоля</u> , <u>сочевиця</u> , <u>боби</u> та <u>інше</u>	50	30
	1.3. Борошно, борошняні хлібопекарські суміші, крупа, крохмаль, зерно плюшене чи перероблене в пластівці; макаронні вироби, круп'яні вироби, толокно; напівфабрикати зернові; готові продукти, виготовлені із зерна, зернових культур, у т.ч. сухі сніданки, <u>мюслі</u> , <u>продукти</u> , одержані шляхом здуття чи обсмажування зернових та <u>інше</u>	30	10
	1.4. <u>Соеві боби сушені</u> , <u>продукти переробки сої</u> , у т.ч. <u>соевий білок</u> , <u>борошно</u> , <u>готові вироби</u> та <u>інше</u>	50	30
	1.5. <u>Хліб</u> та <u>хлібобулочні вироби</u> , у т.ч. з <u>добавками</u> ; <u>продукти борошняні</u> , у т.ч. <u>борошняні кондитерські вироби</u> , <u>напівфабрикати з тіста</u>	20	5
2	Молоко та <u>молочні продукти</u>		
	2.1. <u>Сире товарне молоко для промислової переробки</u> (крім продуктів дитячого харчування), <u>молоко рідке</u> та <u>вершки</u> , <u>сироватка молочна</u> ; <u>продукти кисломолочні</u> , у т.ч. <u>сири свіжі</u> , <u>йогурти</u> , <u>йогуртні продукти</u> , <u>десерти кисломолочні свіжі</u> , <u>напої кисломолочні</u> та <u>інші</u> ; <u>продукти</u> , вироблені на основі <u>молока</u> та <u>вершків</u> , у т.ч. з додаванням <u>немолочних компонентів</u> ( <u>морозиво</u> , виготовлене на основі <u>молока</u> чи <u>вершків</u> , <u>торти з морозива</u> , <u>напої молочні</u> , <u>десерти молочні</u> та <u>інше</u> )	100	20
	2.2. <u>Масло вершкове</u> (у т.ч. <u>масло коров'яче</u> , <u>спреди</u> , <u>молочний жир</u> та <u>інше</u> ); <u>бутербродні пасти на основі масла вершкового</u>	200	40
	2.3. <u>Сири сичужні тверді</u> , <u>сири розсольні</u> , <u>сири плавлені</u> , <u>сири голубі</u>	200	100
	2.4. <u>Молоко та вершки концентровані або згущені</u> , <u>молоко та вершки згущені з наповнювачами</u>	300	60
	2.5. <u>Продукти молочні сухі</u> , у т.ч. <u>молоко</u> , <u>вершки</u> , <u>казеїн</u> та <u>інші</u> ; <u>сухі молочні суміші</u> , <u>концентрати харчові на основі молока</u>	500	100
	2.6. <u>Сире товарне молоко для промислової переробки</u> ( <u>для продуктів дитячого харчування</u> )	40	5
3	М'ясо та <u>м'ясопродукти</u>		
	3.1. <u>М'ясо забійних тварин</u> , <u>птиці</u> (свіже, охоложене, заморожене) без кісток для промислової переробки, <u>м'ясо</u> , <u>харчові субпродукти</u> (у т.ч. <u>кишки-сирець</u> , <u>кров харчова</u> ) <u>забійних тварин</u> та <u>свійської птиці</u> свіжі, заморожені, різних способів обробки; <u>продукти їх переробки</u> , у т.ч. <u>напівфабрикати</u> , <u>готові продукти</u> , <u>ковбаси</u> , <u>консерви м'ясні</u> та <u>м'ясо-рослинні</u>	200	20
	3.2. <u>М'ясо диких тварин</u> та <u>птиці</u>	400	40
	3.3. <u>Жир забійних тварин</u> (у т.ч. <u>шпик</u> ) та <u>свійської птиці</u> , <u>продукти його переробки</u>	100	30
	3.4. <u>М'ясо забійних тварин</u> , <u>свійської птиці сушене</u> та <u>продукти його переробки</u>	400	40
	3.5. <u>Кістки тварин</u> та <u>птиці всіх видів</u>	50	200
	3.6. <u>Желатин</u>	150	50

# Допустимі рівні вмісту радіонуклідів $^{137}\text{Cs}$ та $^{90}\text{Sr}$ у продуктах харчування та питній воді

4	<u>Риба, нерибні об'єкти промислу та продукти їх переробки</u>		
	4.1. 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 (масло рибне, масло ікорне, рибні пасти та інші), рибні пресерви та консерви	150	35
	4.2. Нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски та інші водянні безхребетні, м'ясо земноводних, плазунів та морських ссавців) свіжі та морожені, різних способів обробки; продукти їх переробки, у т.ч. напівфабрикати, готові продукти, консерви; жир морських ссавців	150	35
	4.3. Сушені або в'ялені риба та нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски та інші водянні безхребетні, м'ясо земноводних, плазунів та морських ссавців)	300	70
	4.4. Водорості, морські трави та продукти їх переробки	200	70
	4.5. Водорості та морські трави сушені	600	200
5	<u>Яйця птиці та продукти їх переробки</u>		
	5.1. Яйця птиці та рідкі яєчні продукти; напівфабрикати та готові вироби з яєць птиці	100	30
	5.2. Сушені продукти переробки яєць птиці, у т.ч. яєчний порошок, сушені білок, жовток; сухі суміші, вироблені на основі яєць птиці	400	100
6	<u>Овочі та продукти їх переробки</u>		
	6.1. Картопля свіжа та продукти переробки картоплі, у т.ч. картопля консервована, картопля заморожена; кулінарні картопляні вироби, напівфабрикати з картоплі та інше	60	20
	6.2. 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	40	20
	6.3. Овочеві концентрати (у т.ч. томатна паста, томатні соуси, кетчупи, тощо)	120	50
	6.4. Сушені овочі (у т.ч. картопля), гриби (культивовані) та овочеві суміші; продукти переробки сушених овочів	240	80
7	<u>Фрукти та ягоди</u>		
	7.1. Фрукти та ягоди свіжі, заморожені, консервовані; соки фруктові та ягідні	70	10
	7.2. Продукти переробки фруктів та ягід (варення, пасти, джеми, повидло, желе та інші)	140	20
	7.3. Сухі фрукти та ягоди, у т.ч. продукти сублімаційної сушки, сухі суміші на фруктовій та ягідній основі	280	40
	7.4. Горіхи та продукти їх переробки	70	10
	7.5. Суміші соків фруктових-ягідних з овочевими	50	15
8	<u>Цукор, кондитерські вироби (карамель, ірис, пастила, мармелад, тощо), желейні вироби, шоколад та вироби з нього; гумка жувальна</u>	50	30
9	<u>Гриби та ягоди дикорослі свіжі, заморожені, консервовані</u>	500	50
10	<u>Гриби та ягоди дикорослі сушені</u>	2500	250
11	<u>Насіння олійних культур (соняшнику, кунжуту, арахісу, маку та інших, за винятком сої); продукти їх переробки, за винятком рослинних жирів та олій</u>	70	10

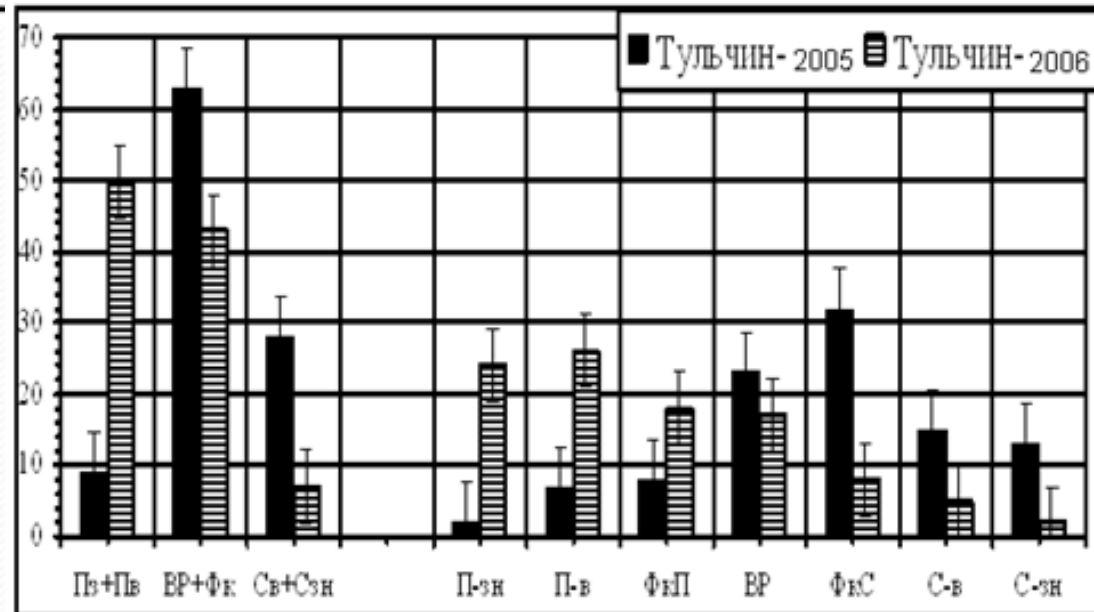
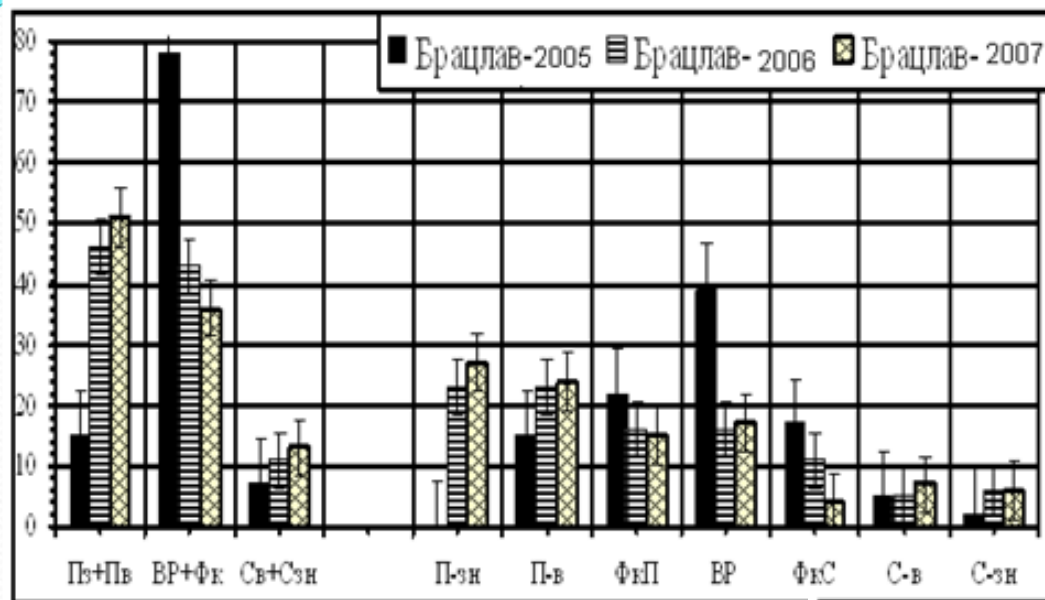
## Допустимі рівні вмісту радіонуклідів $^{137}\text{Cs}$ та $^{90}\text{Sr}$ у продуктах харчування та питній воді

12	<u>Жири та олії рослинні, продукти, вироблені на їх основі, у т. ч. маргарини, кулінарні жири, кондитерські жири, креми та інші</u>	100	30
13	<u>Чай байховий, пресований, ароматизований, з рослинними домішками: кава зелена, смажена (у зернах, мелена, розчинна); какао-боби, какао терте, какао-порошок; сухі розчинні напої на основі чаю, какао, кави та заміників кави (обсмажений солод, цикорій та інше)</u>	200	50
14	<u>Вода питна (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)</u>	2	2
15	<u>Напої</u>		
	<u>15.1. Мінеральна вода (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)</u>	10	5
	<u>15.2. Безалкогольні та слабоалкогольні напої, у т.ч. на основі рослинної сировини; пиво, квас, морозиво соковмісне; концентрати напоїв, які не включені до інших розділів</u>	20	20
	<u>15.3. Алкогольні напої (за винятком пива)</u>	50	30
16	<u>Лікарські рослини сушені; фіточаї, мате (парагвайський чай), каркаде (суданська троянда) та інші</u>	200	100
17	<u>Тютюн та тютюнові вироби</u>	120	50
18	<u>Біологічно активні добавки (БАД) усіх видів; екстракти та загущувачі харчові рослинного походження (речовини з вмістом пектину, пектинати та пектати; агар-гар та інші клеї та загусники рослинного походження)</u>	200	50
19	<u>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</u>	120	50
20	<u>Харчові добавки та їх суміші (барвники натуральні та штучні, стабілізатори, емульгатори, ароматизатори, наповнювачі та інші); 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</u>	150	50
21	<u>Сіль кухонна харчова та сольові суміші</u>	120	30
22	<u>Мед та продукти бджільництва</u>	200	50
23	<u>Продукти дитячого харчування</u>		
	<u>Готові продукти дитячого харчування, сухі молочні суміші</u>	40	5

# Загальна захворюваність населення Вінницької області (на 100 000 населення)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Постраждалий контингент внаслідок аварії на ЧАЕС	23698	24681,9	25132,3	25239,6	26816,3	27079,7
Населення області	20781,4	21128,8	21654,3	21817,7	22061,7	22283,3

# Динаміка ФЗ дітей в радіаційно забруднених Брацлавському та Тульчинському районах



## Загальна смертність населення Вінницької області (на 100000 населення)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Постраждалий контингент внаслідок аварії на ЧАЕС	242,5	235,9	242,1	238,9	234,5	187,2
Населення області	180,7	173	175,2	171,1	162,6	161

## Онкологічні захворювання в Україні спричинені радіаційним забрудненням

Рік	1980	1991	2000	2020
Абсолютне число	119 058	157 922	160 000	≈200 000
На 100 000 населення	238,3	305,2	325,1	≈400,0

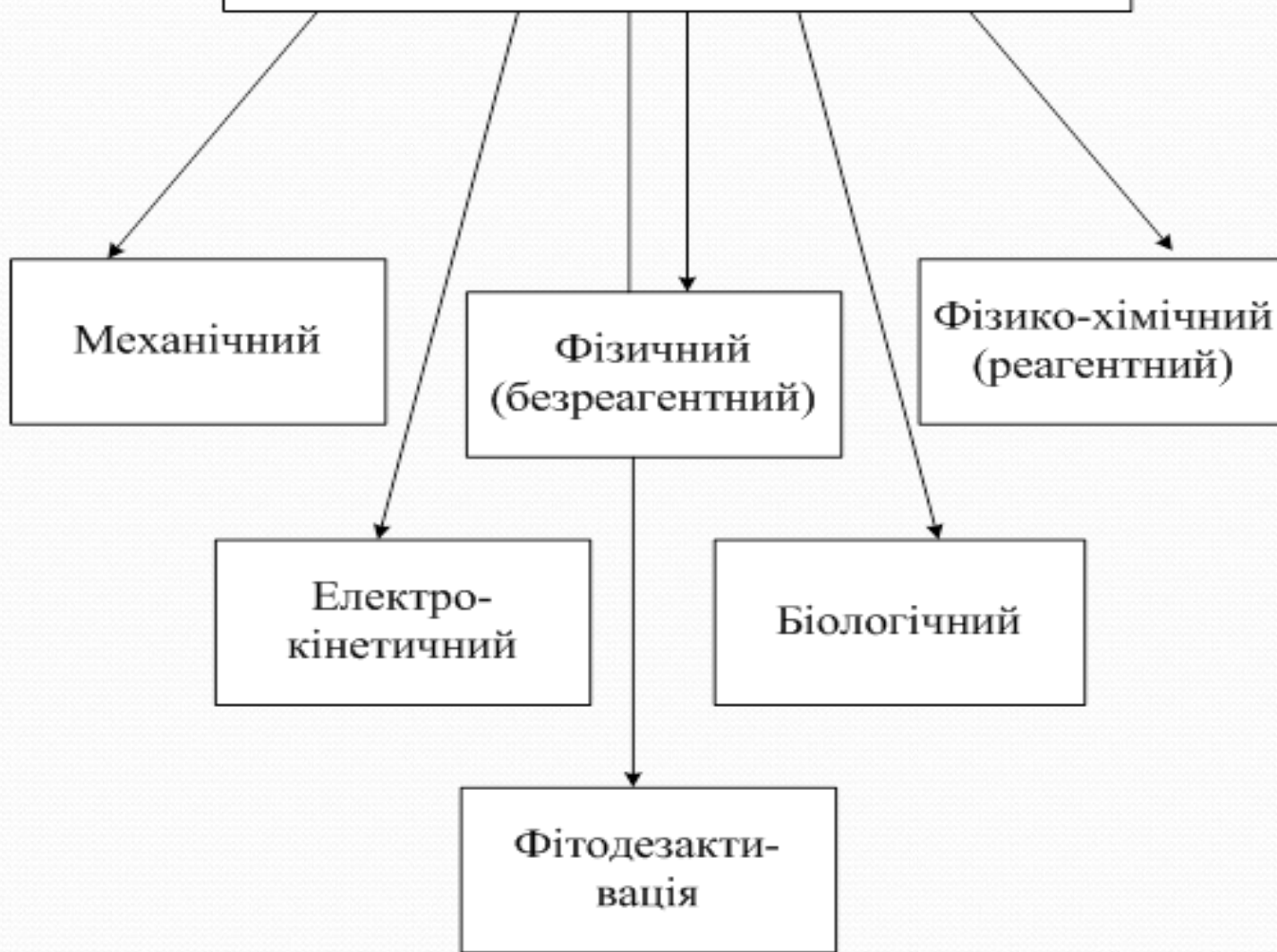




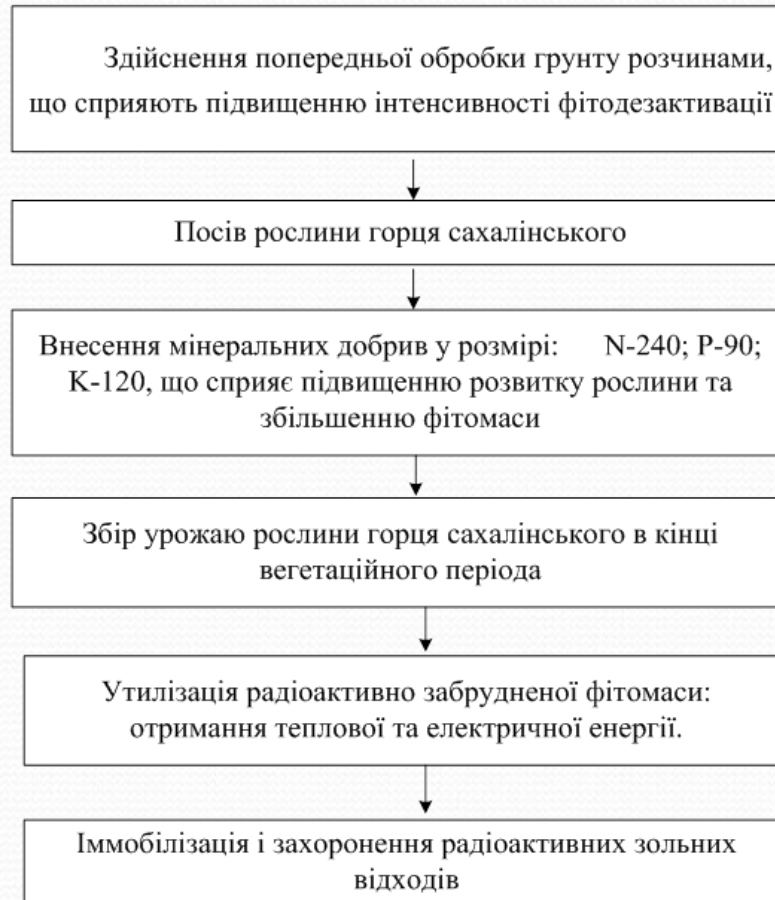
## Кількість випадків раку щитоподібної залози у дітей та підлітків України (0-18 років на момент аварії на ЧАЕС)



## Методи дезактивації радіоактивно забруднених ґрунтів



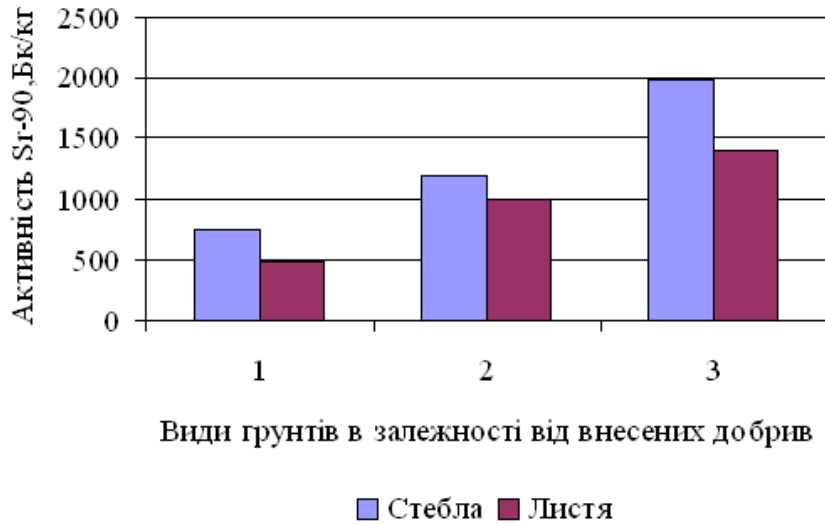
# Алгоритм реалізації процесу фітодезактивації



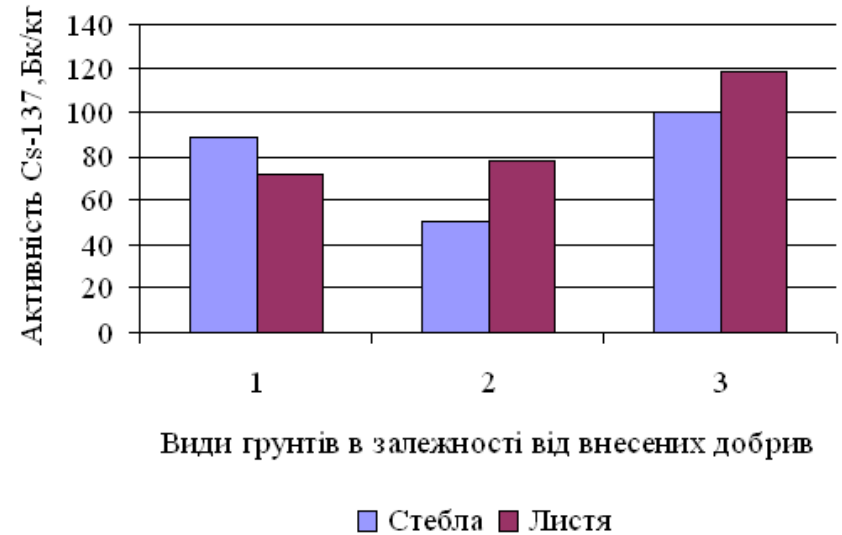
Горець сахалінський  
Fallopia sachalinensis



## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІНИ ЗДАТНОСТІ ГОРЦЯ САХАЛІНСЬКОГО НАКОПИЧУВАТИ РАДІОНУКЛІДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВВІД ВНЕСЕНИХ ДОБРИВ

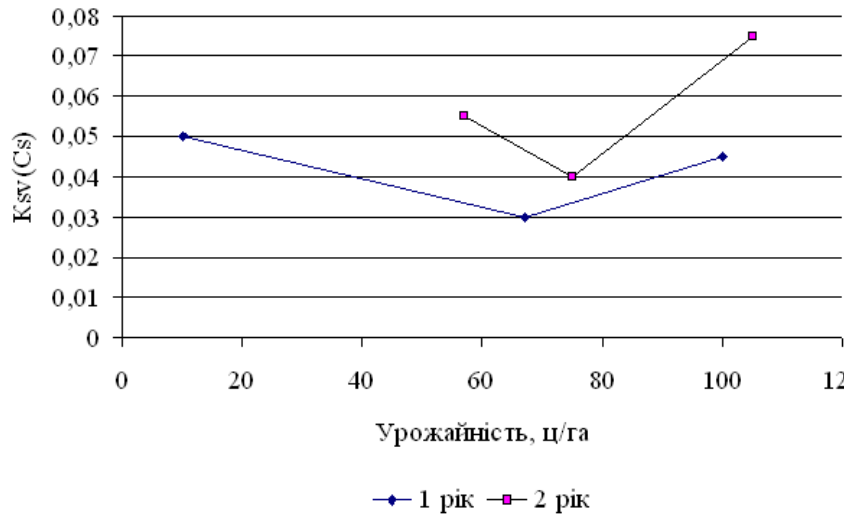


Накопичення Sr-90 в вегетативних органах горця сахалінського  
(1 – без добрив; 2 - N-120; P-90; K-120; 3 - N-240; P-90; K-120)

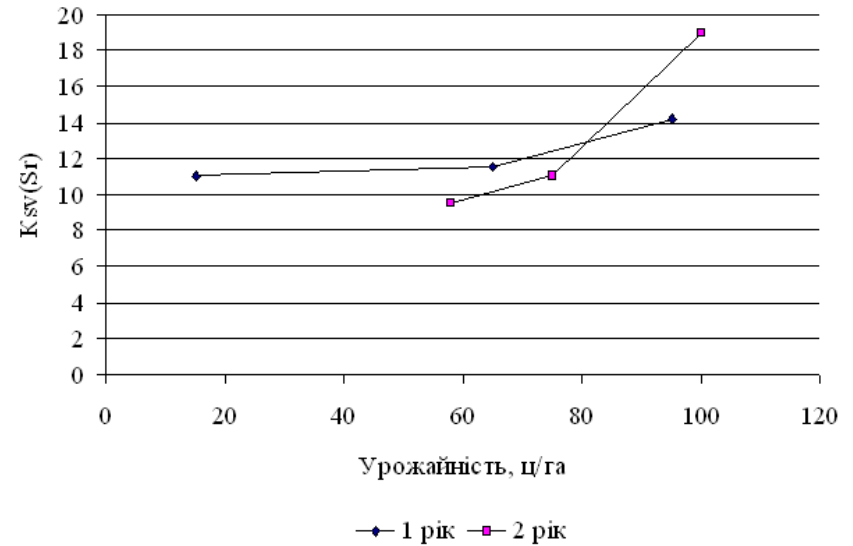


Накопичення Cs-137 в вегетативних органах горця сахалінського (1 – без добрив; 2 - внесені добрива- N-120; P-90; K-120; 3 – внесені добрива- N-240; P-90; K-120)

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТІВ ВИВЕДЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УРОЖАЙНОСТІ ГОРЦЯ САХАЛІНСЬКОГО

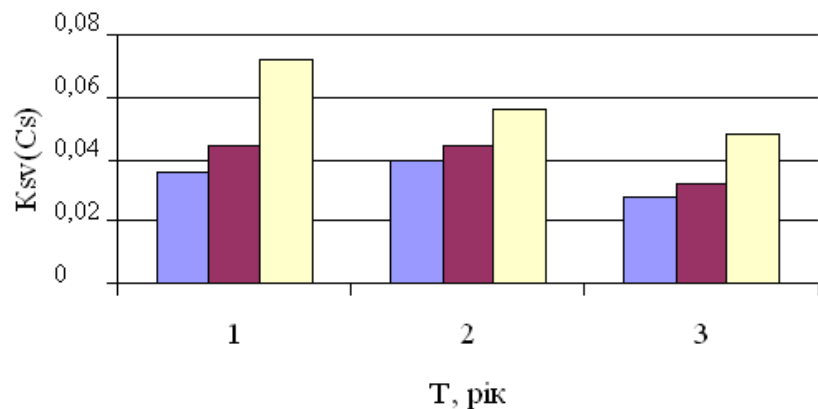


Залежність коефіцієнтів перенесення Cs-137 від врожайності культури



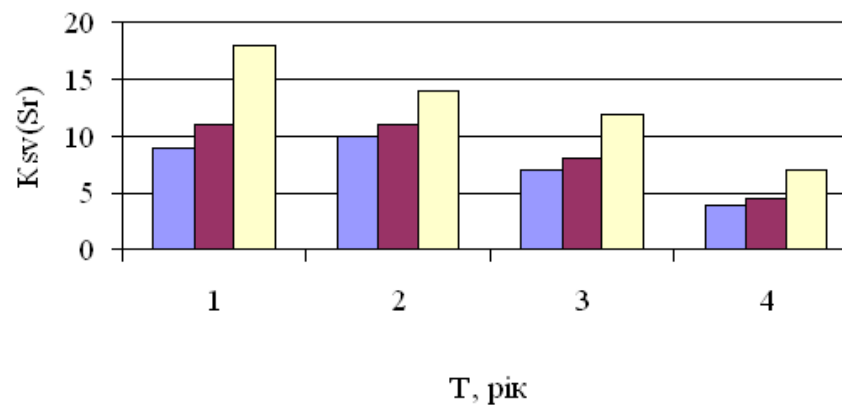
Залежність коефіцієнтів перенесення Sr-90 від врожайності культури

# ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРОТЯГОМ КІЛЬКОХ РОКІВ



- Без внесення добрив
- Внесення добрив у розмірі: N-120; P-90; K-120
- Внесення добрив у розмірі: N-240; P-90; K-120

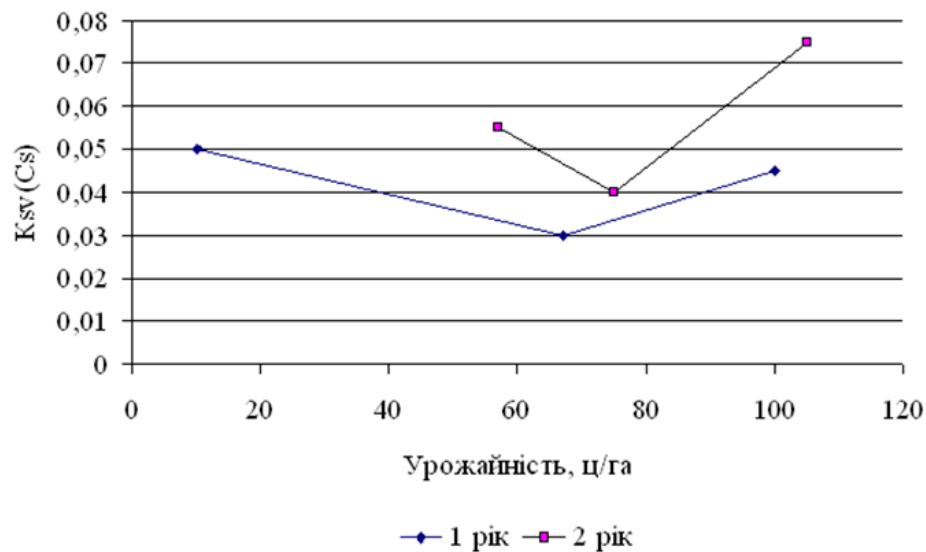
Зміна коефіцієнта перенесення  
Cs-137



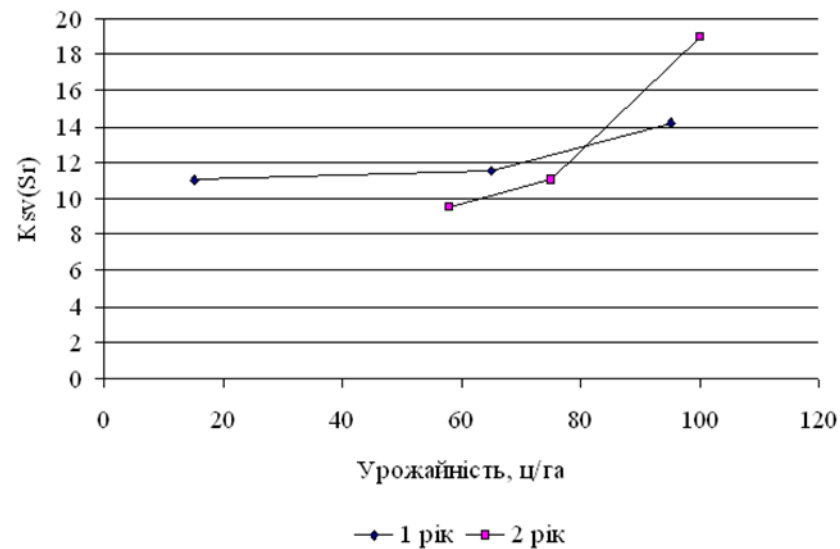
- Без внесення добрив
- Внесення добрив у розмірі: N-120; P-90; K-120
- Внесення добрив у розмірі: N-240; P-90; K-120

Зміна коефіцієнта перенесення  
Sr-90

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТІВ ВИВЕДЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УРОЖАЙНОСТІ ГОРЦЯ САХАЛІНСЬКОГО



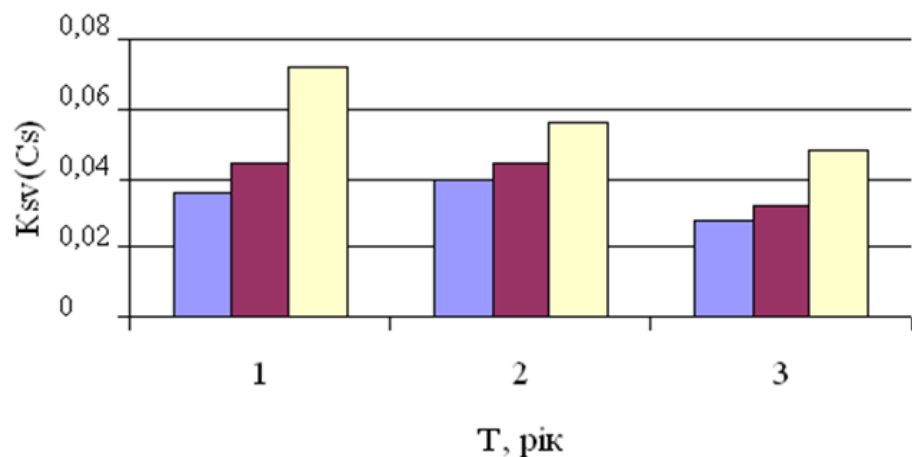
Залежність коефіцієнтів перенесення Cs-137 від врожайності культури



Залежність коефіцієнтів перенесення Sr-90 від врожайності культури

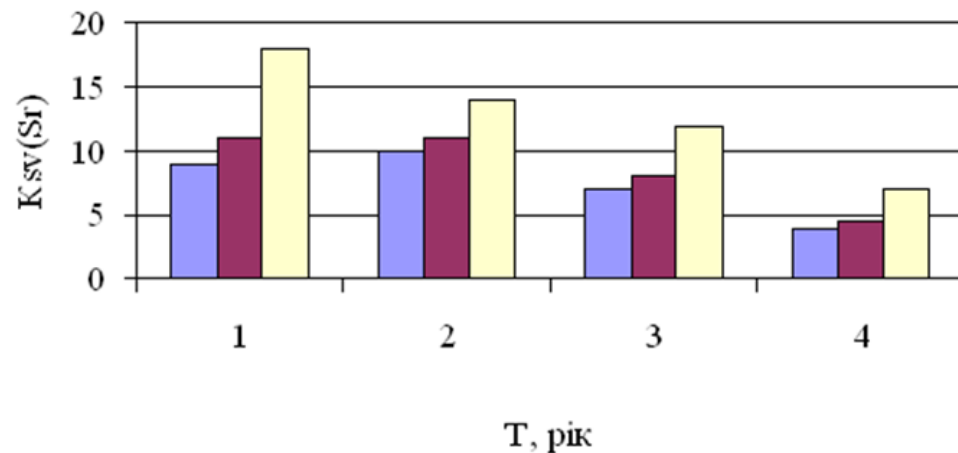


## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРОТЯГОМ КІЛЬКОХ РОКІВ



- Без внесення добрив
- Внесення добрив у розмірі: N-120;P-90;K-120
- Внесення добрив у розмірі: N-240;P-90;K-120

Зміна коефіцієнта перенесення  
Cs-137



- Без внесення добрив
- Внесення добрив у розмірі: N-120;P-90;K-120
- Внесення добрив у розмірі: N-240;P-90;K-120

Зміна коефіцієнта перенесення  
Sr-90

# Еколого-економічна оцінка заходів по фітодезактивації на території Оратівського району

Розрахунок економічної ефективності фітодезактивації можна проводити за формулою

$$E = \frac{\mathcal{E}_t}{\mathcal{Z}_t} \geq 1,0 \text{ [грн.]}$$

де  $E$  – відносна економічна ефективність даного проекту, грн.;

$\mathcal{E}_t$  – прибуток (за рік  $t$ ), грн.;

$\mathcal{Z}_t$  – витрати (за рік  $t$ ), грн.;

За оцінками експертів витрати на проведення цих робіт на 1 га площі становитимуть 4890 грн.

Тобто  $\mathcal{Z}_t = 4890$  грн.

Врожайність рослини горця сахалінського становить близько 100-300 ц/га з вологістю фітосировини 55%. Можна розрахувати масу висушеної сировини з 20% вологістю яка придатна для виготовлення брикетів:

$$300 \text{ ц} - 55\%$$

$$X \text{ ц} - 20\%,$$

де  $X$  – маса сировини з 20% вологістю, ц.

Згідно складеної пропорції маємо:

$$X = \frac{300 \cdot 20}{55} \geq 109 \text{ (ц)}.$$

Для зручності проведення подальших розрахунків необхідно знайти отриману масу сировини в кілограмах, тобто  $X = 10900$  кг фітосировини.

Відомо, що енерготехнологічна утилізація біомаси передбачає отримання енергетичних ресурсів у вигляді теплової енергії або паливних брикетів теплотворною здатністю близько 3200 ккал з 1 кг при 20%-й вологості фітомаси.

## Еколого-економічна оцінка заходів по фітодезактивації на території Оратівського району (продовження)

Отже, маючи необхідні значення можна порахувати кількість енергії отриманої в результаті спалювання сировини отриманої з 1 га площі:

$$Y = 3200 \cdot X \text{ [ккал]},$$

де  $Y$  - кількість енергії, отриманої при спалюванні сировини масою  $X$ , ккал.

$$Y = 3200 \cdot 10900 = 3488 \cdot 10^4 \text{ (ккал)}.$$

Тобто:  $Y = 34,88 \text{ Гкал}$ .

Станом на 2019 р. в Україні офіційно встановлена ціна на теплову енергію складає 1104,96 грн за 1 Гкал без ПДВ .

Отже, вартість отриманої теплової енергії в результаті спалювання сировини, зібраної з одного гектара площі, буде:

$$Et = Y \cdot 1104,96 \text{ [грн.]}$$

$$Et = 34,88 \cdot 1104,96 = 38541,0048 \text{ (грн.)}$$

Маючи значення затрат та прибутків, в результаті впровадження заходів по фітодезактивації на радіоактивно забруднених територіях Оратівського району Вінницької області, розраховано економічну ефективність:

$$E = \frac{38541,0048}{4890} \geq 7,88 \text{ (грн)}.$$

Результати розрахунків показують практичну можливість створення комплексної технології, що поєднує очищення ґрунту від радіонуклідів за допомогою горця сахалінського і можливість одержання прибутку в результаті утилізації радіоактивно забрудненої фітомаси.

## *Наукова новизна*

1. Виявлено медико-біологічний вплив продуктів радіації на навколишнє середовище. Встановлена пряма залежність радіаційного стану навколишнього природного середовища та рівня захворювання дитячого населення забруднених територій.
2. Вдосконалено метод фітодезактивації забруднених ґрунтів на території Вінницької області.

## *Практичне значення*

Результати проведених досліджень доцільно використати в практиці екологічної діяльності на територіях які зазнали радіаційного ураження після аварії на ЧАЕС для зменшення негативного впливу на організм населення. Зокрема, необхідно здійснювати постійний радіологічний екологічний контроль та моніторинг забруднення елементів природного середовища, продуктів харчування рослинного і тваринного походження, питної води, атмосферного повітря та предметів побуту.

## *Апробація результатів роботи*

Викладені у магістерській кваліфікаційній роботі положення доповідались на таких наукових конференціях:

«VI Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю» (Екологія/Ecology-2017), (м.Вінниця, 2017), а також у щорічних науково-технічних конференціях ВНТУ.

## *Публікація результатів роботи*

**Піменов О.М., Васильківський І.В. Фітодезактивація радіоактивно забруднених територій у Вінницькій області VI Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2017) Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. – 19 с.**

## *Подяки*

Автор вдячний начальнику Головного управління державної служби України з надзвичайних ситуацій у Вінницькій області Шевчуку Руслану Богдановичу за сприяння у проведенні експериментальних досліджень за темою магістерської кваліфікаційної роботи.

## Висновки:

1. Горець сахалінський відноситься до класу рослин, які володіють високою накопичувальною здатністю радіонуклідів.
2. Очищення ґрунту від Sr-90 з використанням горця сахалінського є реальною перспективою, оскільки, коефіцієнт перенесення Sr-90 в надземну частину культури досягає 19,0, що забезпечує винесення від 20 до 30% радіонукліда за один період вегетації при врожайності культури 300-500 ц/га.
3. Досягнувши оптимальних біологічних показників культури можна досягти винесення Cs-137 до 8-11% за один період вегетації. Фітодеконтамінантний ефект можна підвищити за рахунок розробки методів збільшення кореневого поглинання радіонукліда.
4. Забруднені радіонуклідами ґрунти Тиврівського району можуть бути перетворені в екологічно безпечну систему. Основними критеріями, що визначають ефективність фітодезактивації ґрунту, є біологічна доступність радіонуклідів, врожайність культури, фітоекстракційні характеристики.
5. Впровадження фітодезактивації є доцільним з економічної точки зору, оскільки, економічна ефективність впровадження фітодезактивації з подальшою переробкою фітосировини з отриманням теплової енергії становить 1,4 грн.

## Рекомендації:

1. Для фітодезактивації можна використовувати: топінамбур, амарант, рапс, зернові (ячмінь), рослини родини гречаних. А для фітодезактивації на територіях державного лісового фонду - сосна звичайна.
2. Для збільшення інтенсивності кореневого поглинання радіонуклідів доцільно використовувати передпосівну обробку біостимуляторами росту з подальшою і періодичною обробкою ґрунту. Як добрива можуть бути використані карбонатно-амонійні солі, попередня обробка ґрунту розчинами, що містять хелатні іони забезпечує підвищення рухливості Цезію-137 та Стронцію-90 у 2 рази.
3. Можливі різні варіанти (виділення целюлози, гідроліз і утворення простих цукрів, виділення біологічно активних речовин і ін.) переробки радіоактивної фітомаси. Але в даний час більш перспективною вважається комплексна технологія переробки радіоактивної біомаси з отриманням теплової енергії.



*Доповідь закінчена.*

*Дякую за увагу!*