



## *Захист населення і території*

*Тема Лекції:*

**“Основні характеристики атомних електростанцій (АЕС) та підприємств ядерного паливного циклу”**

*Доповідач: к.т.н. Традуда Д.В.*

## МЕТА ЗАНЯТТЯ

**Ознайомити з наявністю РНО та основними характеристиками АЕС та підприємств ядерно-паливного циклу**

2

## ЛІТЕРАТУРА

1. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник.-2-ге вид., – К.: Знання, 2010. -487 с.
1. Мозаренко Д.И. и др. Гражданская защита области. Том 1-4: Учебник. – Х.: НМЦ ХНТУСХ, 2007 г.
1. Аварії на радіаційно, хімічно та біологічно небезпечних об'єктах: Довідник / Грек А.М., Сакун О.В., Григор'єв О.М. та інш. -Х.: ФВП НТУ «ХП», 2010. - 173 с.4.
1. Чернявський І.Ю. Військова дозиметрія: -Х.: Підручник НТУ “ХП”, 2012. – 560 с.

## Вступ.

### 1 навчальне питання

Характеристика ядерно-паливному циклу

### 2 навчальне питання

Характеристика ППРВ

### 3 навчальне питання

Причини та наслідки аварій на АЕС

## Закінчення.



Об'єкти, на яких використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються небезпечні радіоактивні, речовини, що створюють загрозу виникнення НС є потенційно небезпечними об'єктами - РНО

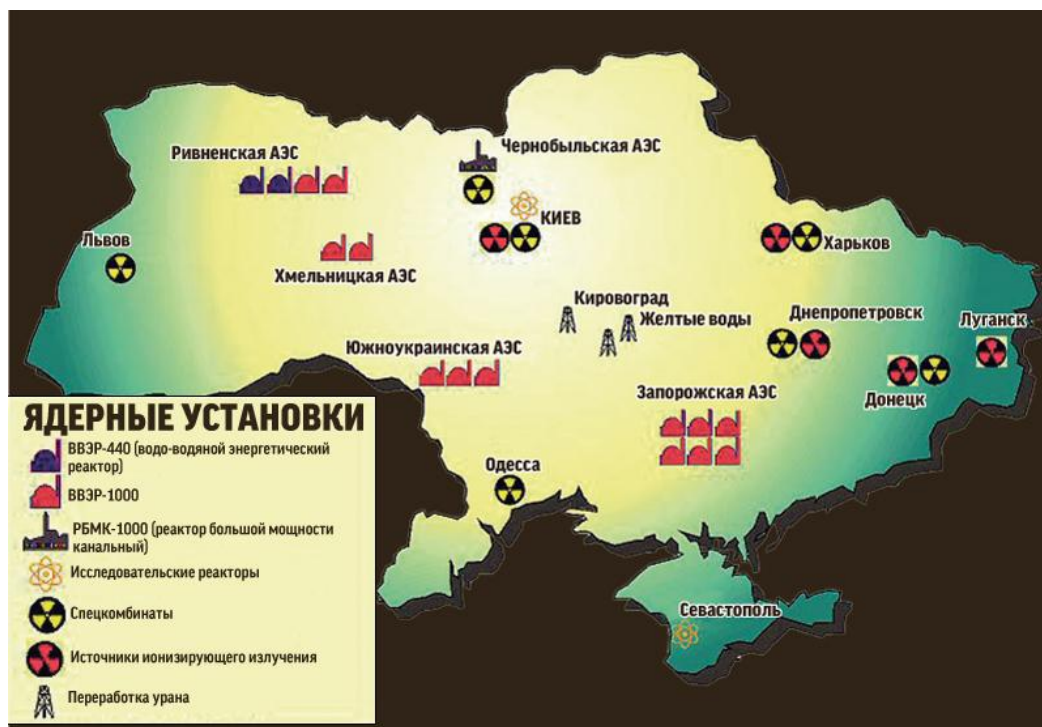
## Захист населення і території

атомні електростанції (АЕС)

підприємства з виготовлення і переробки ядерного палива

підприємства поховання радіоактивних відходів

науково-дослідні організації

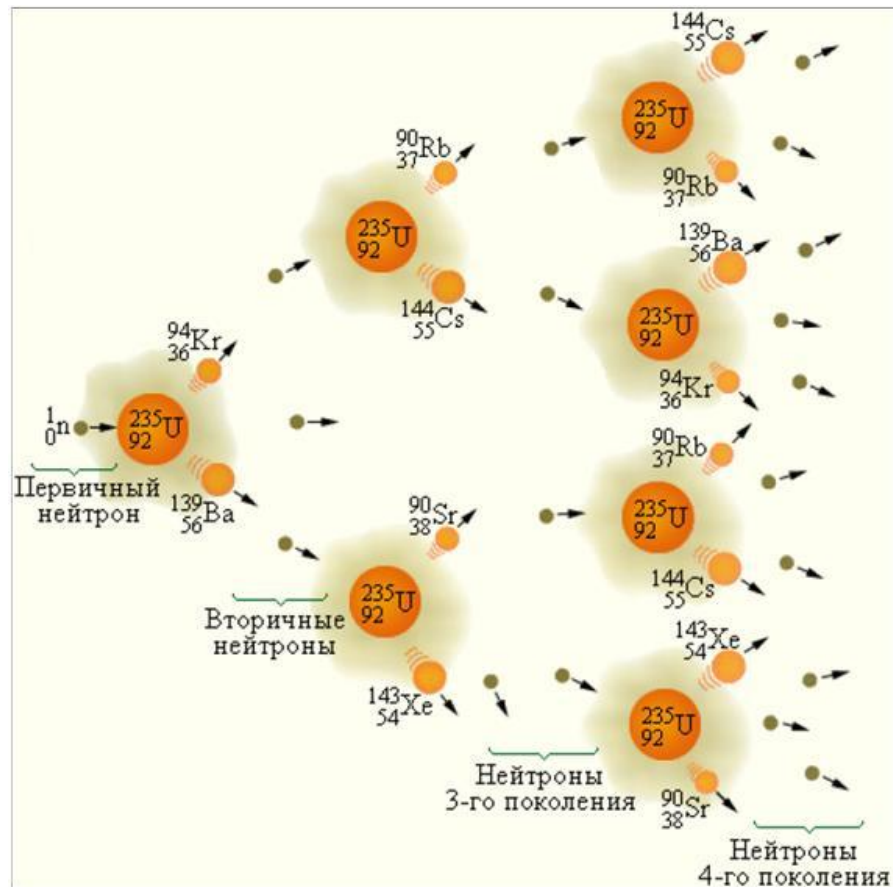
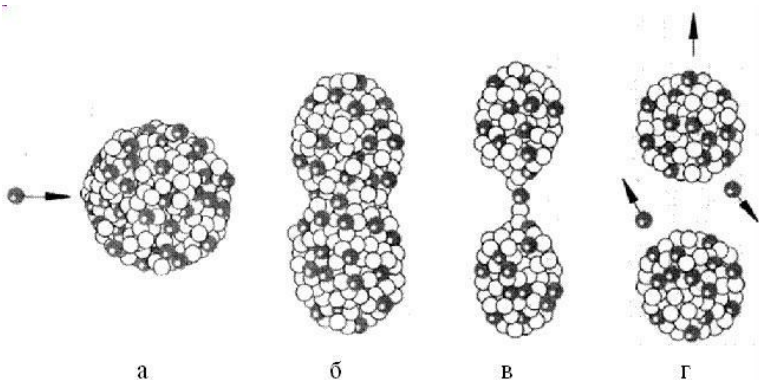
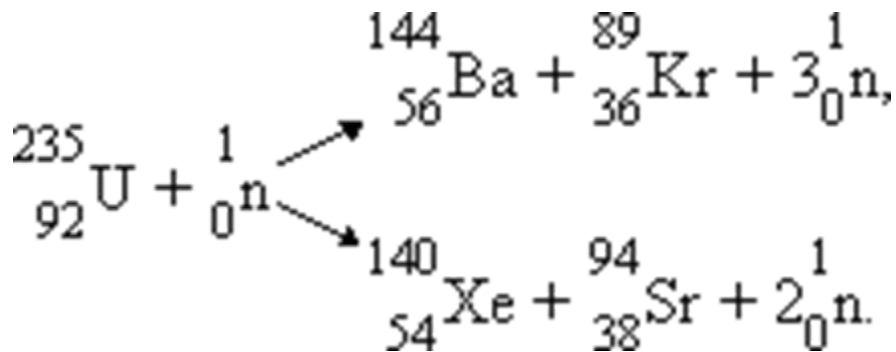




Сьогодні відомі біля 100 різних ізотопів з масовими числами приблизно від 90 до 145,

які виникають під час ділення ядра. Дві типові реакції ділення ядра мають вид:

## Захист населення і території



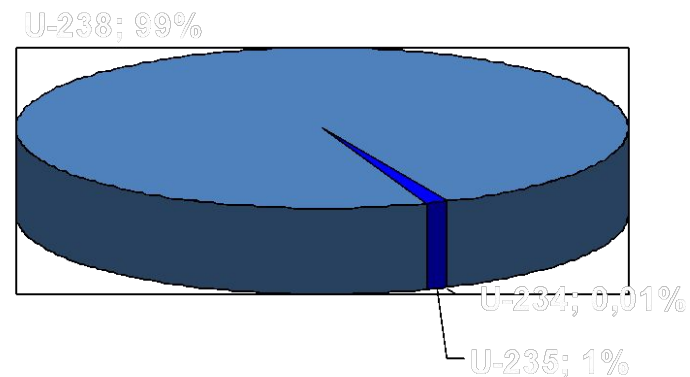


# ядерно паливний цикл

## Захист населення і територій



Вміст урана-235 в ядерному паливі для АЕС повинно складати 4–5%, а для створення ядерної зброї необхідно довести його вміст до 80%







# Принципова схема поводження з радіоактивними відходами.

## Захист населення і території

Рідкі відходи	Тверді відходи	Газоподібні відходи
Низькоактивні до $10^{-5}$ Кі/л	Низькоактивні до 10 мР/год	Збір та очищення газів на фільтрах
Середньоактивні $10^{-5}$ – 1 Кі/л	Середньоактивні 10 – 900 мР/год	Збір та тимчасове очищення газів у балонах
Високоактивні більш 1 Кі/л	Високоактивні більше 900 мР/год	Викид в атмосферу
Переробка з метою їх концентрування	Переробка з метою зменшення їх об'єму	Захоронення у могильниках та континентальних геологічних формаціях – соляних виробітках, скельних породах, старих шахтах, а також у морі
Захоронення у спеціальних ємностях у могильниках	Отвердіння концентрованих РВ різними методами	



# Радіоактивні відходи

## Захист населення і території



## Безопасное хранение радиоактивных отходов

### Технологии подготовки РАО к хранению

Один из прогрессивных методов финальной переработки жидких РАО — **витрификация** (остекловывание)

! Остеклованные РАО надежно изолированы от окружающей среды



### Способ хранения РАО зависит от степени их активности и срока жизни





# Характеристики пунктів поховання радіоактивних відходів в міжобласних спецкомбінатах

## Захист населення і території

№ з/п	Найменування об'єкта	Рік введення	Сховище	Вид відходів	Активність, Кі	Загальна активність, Кі	Нукліди
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Харківський МСК	1961	ТРВ — 16 шт РРВ — 3 шт ВАВ — 2 шт	ТРВ РРВ ДІВ БРВ	8 092,00 0,02 1 348,97 1,75	9 443	<sup>3</sup> H <sup>137</sup> Cs <sup>60</sup> Co <sup>90</sup> Sr <sup>239</sup> Pu
2	Дніпропетровський МСК	1962	5 підземних з/б ємностей	ТРВ ДІВ БРВ	147 781,04 г.-екв. Ra 6,9	147 781	<sup>3</sup> H <sup>137</sup> Cs <sup>60</sup> Co <sup>90</sup> Sr <sup>239</sup> Pu <sup>170</sup> Tm <sup>210</sup> Po
3	Київський МСК	1962	ТРВ — 6 шт РРВ — 5 шт ВАВ — 2 шт	ТРВ РРВ ДІВ	690 958,0 0,1 42 327,0	733 285	<sup>3</sup> H <sup>241</sup> Am <sup>137</sup> Cs <sup>60</sup> Co <sup>192</sup> Ir <sup>239</sup> Pu <sup>226</sup> Ra
4	Донецький МСК (законсервованний у 1965 р.)	1959	7 простих бункерів	Упаковки	280 г.-екв. Ra	280 г.-екв. Ra	<sup>226</sup> Ra <sup>232</sup> Th
5	Одеський МСК	1962	14 підземних бункерів	ТРВ РРВ ДІВ	8 310,0 12,36 52 082,21	60 513	
6	Львівський МСК (закритий у 1990 р., відкритий знову у 1993 р.)	1962		ТРВ ДІВ	2 406,0 4 709,0	7 115	<sup>3</sup> H <sup>137</sup> Cs <sup>60</sup> Co <sup>90</sup> Sr <sup>238</sup> U <sup>192</sup> Ir <sup>210</sup> Po

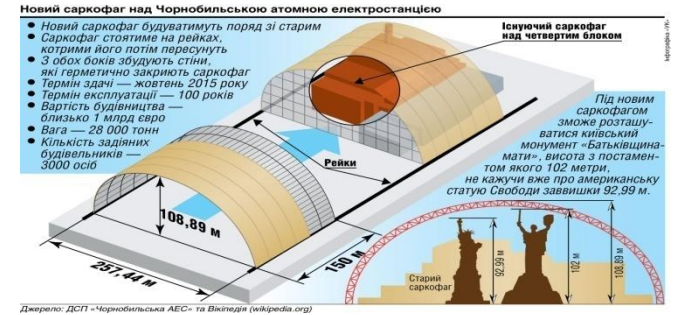




# Характеристика ППРВ

## Чорнобильської 30-кілометрової зони

### Захист населення і території

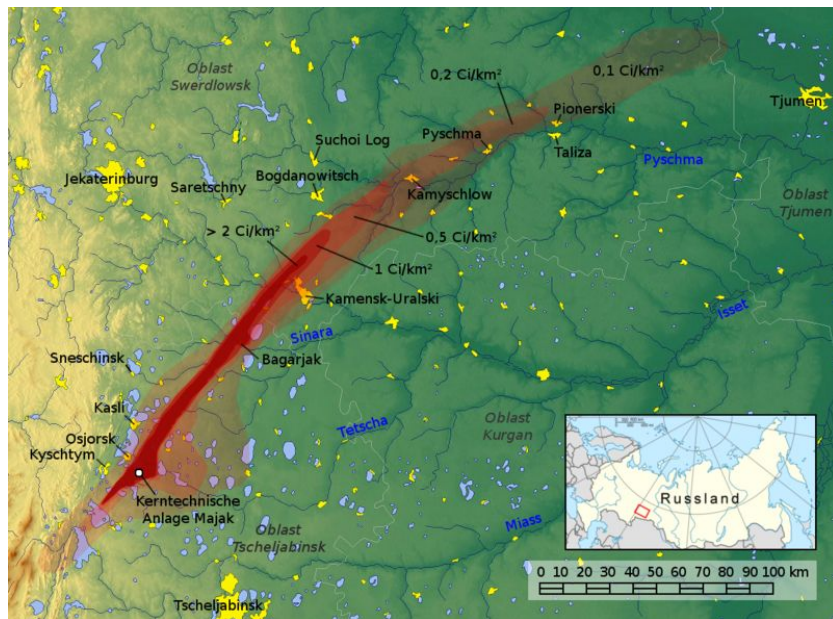


№ з/п	Найменування об'єкта	Сховища	Вид РАР	Площа, м <sup>2</sup>	Об'єм, м <sup>3</sup>	Загальна активність, Кі (Бк)	Нукліди
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Рудий ліс	Траншеї, бурти	ТРВ	4 000 000	500 000	13 000 (4,8 · 10 <sup>14</sup> )	<sup>137</sup> Cs <sup>90</sup> Sr <sup>238</sup> Pu <sup>239</sup> Pu <sup>240</sup> Pu
2	Будбаза	Те саме	Те саме	1 210 000	290 000	31 000 (1,1 · 10 <sup>15</sup> )	—>—
3	Ст. Янов	—>—	—>—	1 280 000	30 000	1 000 (3,7 · 10 <sup>13</sup> )	—>—
4	Піщане плато	Траншеї	—>—	88 000	10 000	5 000 (1,9 · 10 <sup>14</sup> )	—>—
5	Прип'ять	—>—	—>—	700 000	16 000	700 (2,6 · 10 <sup>13</sup> )	—>—
6	Нафтобаза	—>—	—>—	400 000	5 000	120 (4,4 · 10 <sup>12</sup> )	—>—
7	Село Копачі	—>—	—>—	1 250 000	106 000		—>—
8	Сільгосптехніка	Грунт. площ.	—>—	25 000	1 000	120 (4,4 · 10 <sup>12</sup> )	—>—
9	Чорнобиль. Місц. Смітник	—>—	—>—	5 000	320 000	25 (9,3 · 10 <sup>11</sup> )	—>—
10	ЧРЗБ	—>—	—>—	100 000	40 000	10 (3,7 · 10 <sup>11</sup> )	—>—
11	Чорнобиль. Смітник	—>—	—>—	100 000	87 000	36 (1,3 · 10 <sup>12</sup> )	—>—
12	Шлаковідстійник		РРВ	10 000	400	50 (1,9 · 10 <sup>12</sup> )	—>—
13	Зливи ПУСО		—>—	250 000	130 000	5 (1,9 · 10 <sup>11</sup> )	—>—



# Вибух ємності з радіоактивними відходами

## Захист населення і території



Челябінськ-40, СРСР, 29.09.57 — вибух ємності з радіоактивними відходами внаслідок перегріву й «усихання» розчину. До 90 % викинутої активності випало на прилеглу до сховища територію. Близько 10 % активності потрапило до хмари, що утворилася, з них 90 % активності визначали переважно короткоіснуючі радіонукліди (з періодом напіврозпаду кілька років), а з довгоіснуючих радіонуклідів у хмарі переважав стронцій Sr-90. Хмара накрила смугу шириною 8 – 9 км території Челябінської, Свердловської й Тюменської областей. Уже через 4 год вона перебувала на відстані близько 100 км, а через 10 год – до 300 км. До 9 000 осіб, що знаходилися у районі хмари, були евакуйовані. Випадків виникнення гострої променевої хвороби не зафіксовано. До 1978 р. на 80 % території знову відновлена господарська діяльність. Сумарна активність викиду склала близько 2 МКі.





Згідно даних Інформаційної системи МАГАТЕ в 30 країнах світу експлуатується 432 АЕС загальною потужністю приблизно 340 ГВт. На них виробляється біля 17% електроенергії від загальносвітового рівня

## Захист населення і території





# Наслідки для України трансграничних НС

## Захист населення і території

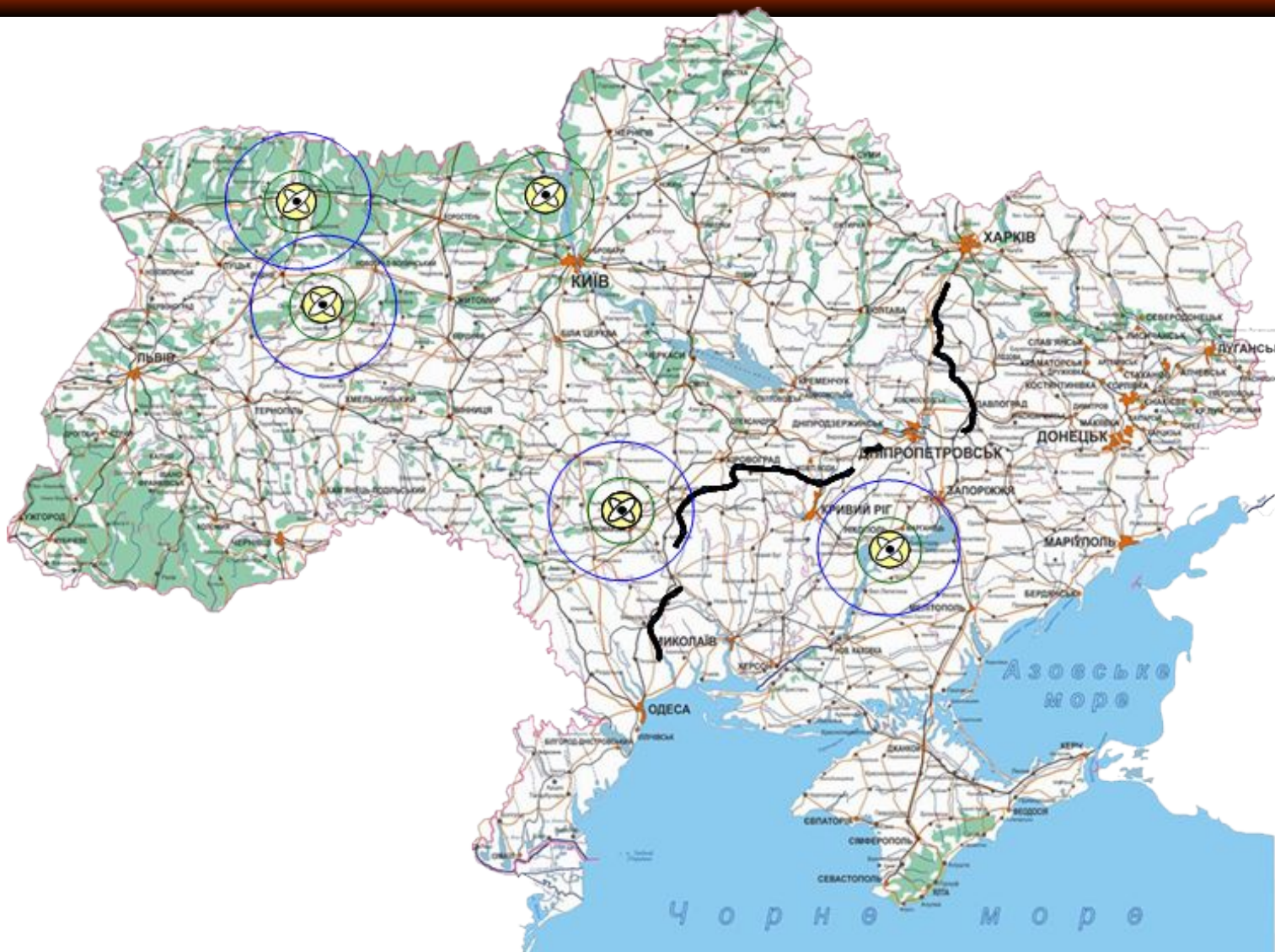
Джерело НС	Активність (один реактор)	Наслідки НС для України		
		Площа зони НС	Кількість населення	Області України, що потрапляють у зону НС (доза опромінення 5 і більше берів на рік)
1	2	3	4	5
Курська АЕС	10 %	10 тис. км <sup>2</sup>	4 млн осіб	Полтавська, Сумська, Харківська, Чернігівська
	50 %	250 тис. км <sup>2</sup>	24 млн осіб	Додатково: Київська, Черкаська, Дніпропетровська, Донецька, Луганська, Кіровоградська
Смоленська АЕС	10 %	10 тис. км <sup>2</sup>	500 тис. осіб	Чернігівська, Сумська
	59 %	90 тис. км <sup>2</sup>	9,5 млн осіб	Додатково: Київська, Полтавська, Харківська
Інгалінська АЕС (Литва)	10 %	5 тис. км <sup>2</sup>	300 тис. осіб	Рівненська, Житомирська, Київська, Чернігівська
	50 %	250 тис. км <sup>2</sup>	19 млн осіб	Додатково: Волинська, Львівська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Черкаська, Полтавська, Сумська
Нововоронезька АЕС	10 %	1 тис. км <sup>2</sup>	100 тис. осіб	Луганська
АЕС Болгарії, Угорщини, Чехії, Словаччини				Закарпатська, Львівська, Одеська





# АЕС України

## Захист населення і території







# ХАРАКТЕРИСТИКА атомних електростанцій України

## Захист населення і території

Найменування станції	Місце розташування	Типи реакторів	Електрична потужність, МВт	Дата вводу в експлуатацію
Запорізька	Енергодар	ВВЕР-1000	1000	12.84
		ВВЕР-1000	1000	10.85
		ВВЕР-1000	1000	12.86
		ВВЕР-1000	1000	12.87
		ВВЕР-1000	1000	09.89
ВВЕР-1000	1000	11.95		
Всього:		5		
Рівненська	Кузнецовськ	ВВЕР-440	402	12.80
		ВВЕР-440	416	12.81
		ВВЕР-1000	1000	12.86
Всього:		3		
Хмельницька	Нетешин	ВВЕР-1000	1000	12.87
Всього:				
Чорнобильська	Прип'ять	РБМК-1000	1000	09.77
		РБМК-1000	1000	12.78
Всього:		2		
Південноукраїнська	Первомайськ	ВВЕР-1000	1000	12.82
		ВВЕР-1000	1000	01.85



# Загальна схема АЕС

## Захист населення і території

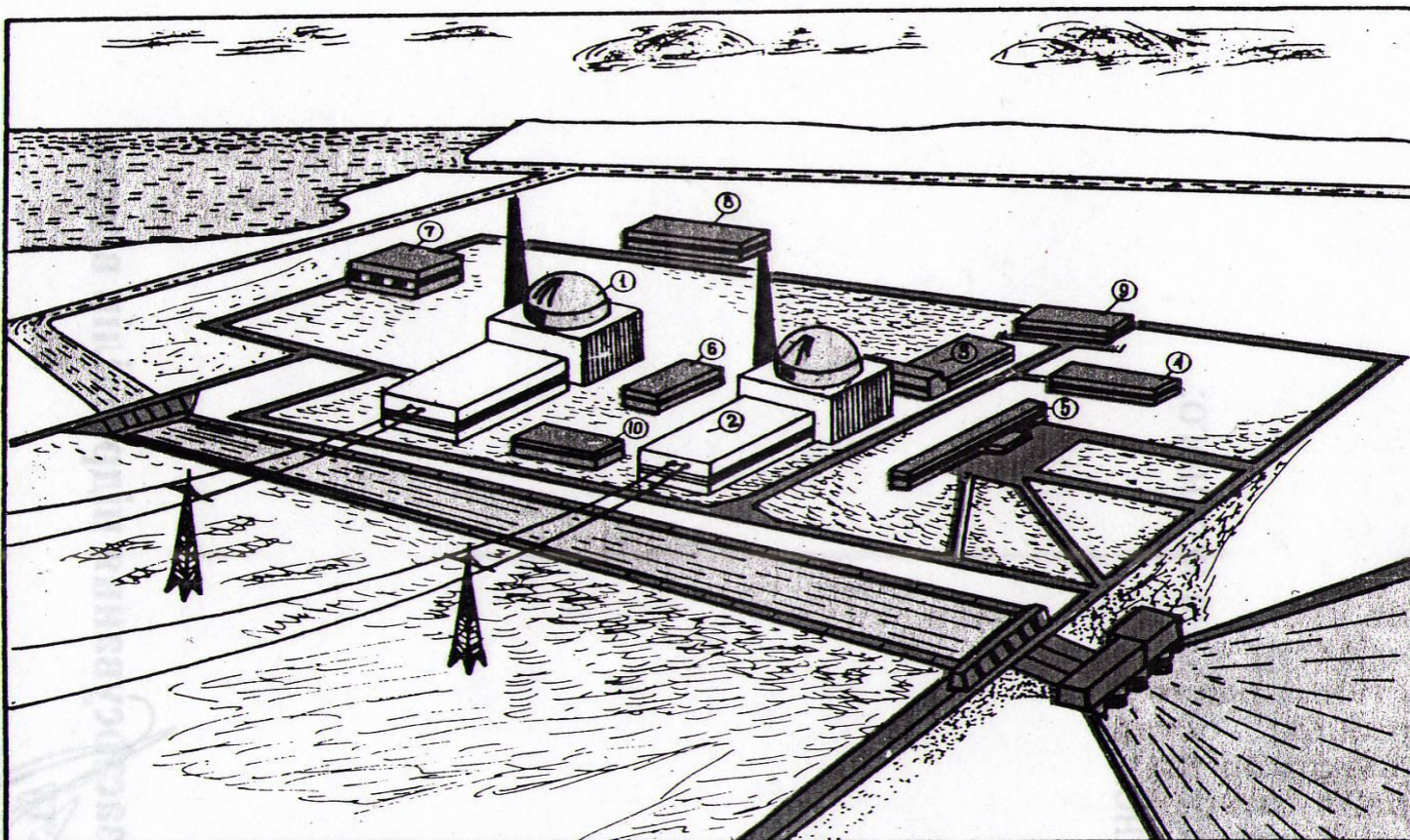


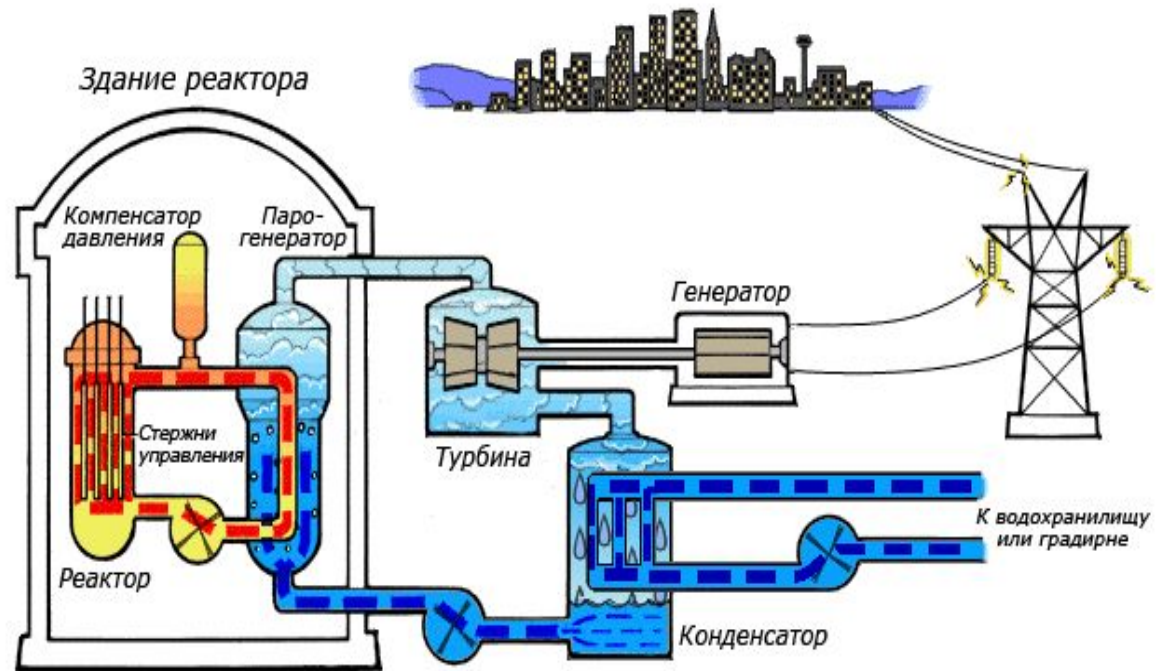
Рис. 1.2. Общий вид АЭС с реакторами ВВЭР-1000, состоящей из двух блоков  
1 — реакторное отделение; 2 — машинный зал; 3 — спецкорпус (спецоводоочистка, хим-  
водоочистка, бытовой блок и т. п.); 4 — склад химического имущества; 5 — административно-  
бытовой корпус; 6 — дизель-генераторная станция; 7 — хранилище жидких и твердых  
радиоактивных отходов; 8 — резервная котельная; 9 — склад свежего топлива; 10 — на-  
сосная станция.





# Принцип роботи реактора типу ВВЕР

## Захист населення і території



### Основні причини аварій на АС:

- втрата теплоносія в результаті розриву трубопроводу відповідного контуру;
- пошкодження ТВЕЛів в результаті швидкого зростання потужності реактора;
- механічні пошкодження систем водопостачання;
- розрив трубопроводу контуру робочого тіла.



# Характеристика реакторів

## Захист населення і території

Параметры сравнения	ВВЭР	РБМК	Реактор на тяжелой воде
Тепловыделитель	4.5%-й обогащенный уран	2.8%-й обогащенный уран	2-3%-й обогащенный уран
Замедлитель и его свойства	Легкая вода. Очень хорошо замедляет нейтроны, очень сильно поглощает нейтроны. Очень дешева.	Графит. Хорошо замедляет нейтроны, почти не поглощает нейтроны. Достаточно дешев.	Тяжелая вода. Очень хорошо замедляет нейтроны, почти не поглощает нейтроны. Очень дорога в производстве.
Особенности активной зоны, определяемые параметрами замедлителя	Тесное расположение тепловыделяющих элементов, необходимость повышенного обогащения урана	Достаточно редкое расположение тепловыделяющих элементов, возможность использования низкообогащенного урана или отработанного топлива ВВЭР	Достаточно редкое расположение тепловыделяющих элементов, возможность использования низкообогащенного урана или отработанного топлива ВВЭР
Теплоноситель	Легкая вода в обоих контурах. Одновременно является замедлителем.	Легкая вода. Замедляющий эффект незначителен.	Тяжелая вода в первом контуре, легкая вода во втором. Тяжелая вода одновременно является замедлителем.
Регулирование	Раствор борной кислоты в теплоносителе. Регулирующие стержни из бороциркониевого сплава и оксида европия.	Регулирующие стержни из бороциркониевого сплава и оксида европия.	Регулирующие стержни из бороциркониевого сплава и оксида европия.
Перегрузки топлива	1 раз в 4-6 месяцев, с полной остановкой реактора и вскрытием его корпуса. Каждый тепловыделяющий элемент переставляется внутри реактора трижды до его окончательного извлечения.	В процессе работы, с помощью специальной перегрузочной машины, позволяющей перезагружать отдельные тепловыделяющие элементы. Каждый тепловыделяющий элемент переставляется внутри реактора несколько раз до его окончательного извлечения.	Раз в несколько месяцев, с полной остановкой реактора.
Наружный отражатель	Наружный металлический корпус.	Графитовая кладка толщиной 65 см. Наружный корпус не обязателен, но желателен по соображениям безопасности	Наружный металлический корпус.



# Аварія на ЧАЕС - під час проведення експерименту з виявлення можливості використання механічної енергії ротору турбіни для аварійного забезпечення електроенергією споживача у випадку припинення подачі пару з реактора

## Захист населення і території

### Аварии на АЭС Японии

В результате разрушительного землетрясения 11 марта пострадали ядерные объекты Японии

#### АЭС Японии и их мощность (ГВт)



АЭС Японии    АЭС, где возникли проблемы с охлаждением реактора

В Японии работают 55 ядерных реакторов АЭС, они вырабатывают 29,3% электричества в стране  
К 2040 году планируется довести долю АЭС в общем объеме источников электроэнергии до 40%

#### АЭС Онагава

Возникший в результате землетрясения пожар разрушил турбину в здании станции

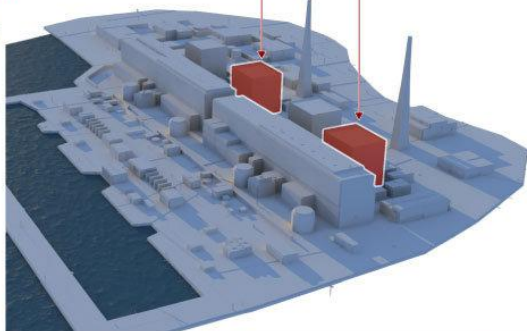
#### АЭС Фукусима-1

Отключилась система охлаждения сначала на блоке №1, затем на блоках №2 и №3.

12 марта произошел взрыв на блоке №1.  
14 марта – два взрыва на блоке №3

Блок №3  
Мощность 760 МВт  
Запущен в 1976 г.

Блок №1  
Мощность 439 МВт  
Запущен в 1971 г.



## Аварія на Фукусима-1

### АЭС «Фукусима-1»

11 марта из-за землетрясения магнитудой 8,9 на АЭС отключилось электроснабжение, реакторы в 1, 2 и 3 энергоблоках автоматически остановились (4, 5 и 6 были планомерно отключены). Для снабжения электроэнергией систем охлаждения реакторов были запущены резервные дизель-генераторы, но их вывела из строя волна цунами.

Уровень воды в реакторах упал,

вода перестала закрывать радиоактивные тепловыделяющие стержни, они начали плавиться.

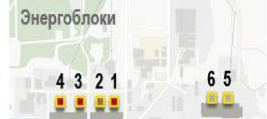
Чтобы снизить давление в оболочках реакторов,

пар выпустили в турбинный зал.

Из-за контакта пара с металлическими частями реактора из пара выделился водород, который скопился в здании энергоблока и взорвался, вызвав разрушения крыши и верхней части зданий энергоблоков.



Разрушенная крыша позволяет заливать корпус реактора сверху, с вертолетов, водой с борной кислотой, чтобы уменьшить интенсивность ядерных реакций в бассейне для хранения отработавшего ядерного топлива.



#### Состояние на 17 марта:

Уровень радиации над третьим энергоблоком 400 миллизивертов в час

Разрушены здания 1, 3 и 4 энергоблоков, корпус 2 энергоблока поврежден.

Повреждены оболочки реакторов 2, 3 и 4 энергоблоков

Расплавлены топливные стержни на 1-м (на 70%), 2-м (на 33%) и 3-м (процент не сообщается) энергоблоках. Стержни 4-го плавятся.

Систему охлаждения пытаются восстановить.

Контеймент — мощное бетонное дно реактора,

которое должно защитить окружающую среду от радиоактивных веществ при расплавлении стержней с ядерным топливом.

ДАННЫЕ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ. КАРТА: OPENSTREETMAP.ORG

HTTP://WWW.GAZETA.RU





# Аварії на АЕС та їх радіаційні наслідки

## Захист населення і території

**Максимально проектні аварії**

Інертні гази - 100% ( $4 \cdot 10^7$  Кі), Йод – 80% ( $9 \cdot 10^5$  Кі),  
Цезій ( $5 \cdot 10^4$  Кі), – 40%.

**50% вказаних викидів здійснюється у першу добу**

**Гіпотетичні аварії  
(повне розплавлення палива)**



**100% (ксенон, йод, цезій и теллур)  
Можливо вихід значної кількості –  
стронція, рутенія й латана а також  
актиноїдів.**





# Газоаерозольна суміш радіонуклідів

## Захист населення і території



До 20 км – масові втрати незах. населення (до 1000 Бер)

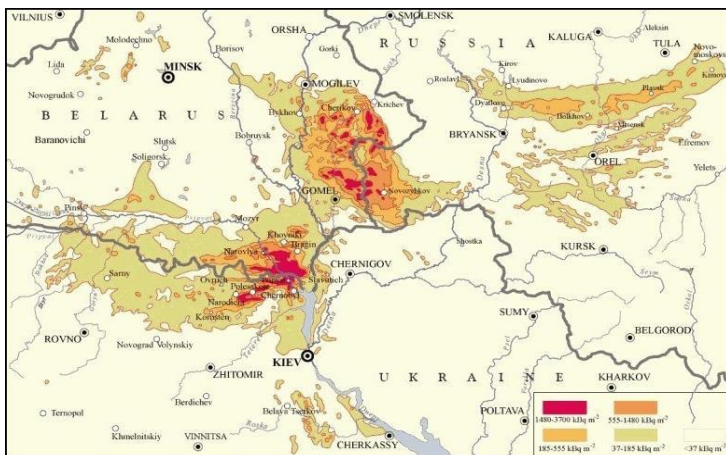
*Біологічно значущі радіонукліди ІРГ і йоду, що утворюються під час роботи ядерного реактора*

Нуклід	$T_{1/2}$	Нуклід	$T_{1/2}$	Нуклід	$T_{1/2}$
$^{41}\text{Ar}$	1,83 год	$^{133}\text{Xe}$	5,2 діб	$^{129}\text{I}$	$1,6 \cdot 10^7$ років
$^{85}\text{Kr}$	10,7 років	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	2,2 діб	$^{131}\text{I}$	8 діб
$^{83\text{m}}\text{Kr}$	4,5 год	$^{135}\text{Xe}$	9,1 год	$^{133}\text{I}$	21 год
$^{87}\text{Kr}$	1,3 год	$^{135\text{m}}\text{Xe}$	15,3 хв	$^{135}\text{I}$	6,6 год
$^{88}\text{Kr}$	2,8 год				



# Довготривале зараження місцевості у результаті розкидання високоактивних осколків ядерного палива

## Захист населення і території



Деякі біологічно значущі радіонукліди, що утворюються під час роботи ядерного реактора

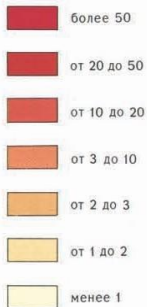
Нуклід	$T_{1/2}$	Нуклід	$T_{1/2}$	Нуклід	$T_{1/2}$	Нуклід	$T_{1/2}$
Продукти поділу							
$^{89}\text{Sr}$	51 доба	$^{95}\text{Zr}$	64 доби	$^{134}\text{Cs}$	2,1 років	$^{143}\text{Pr}$	14 діб
$^{90}\text{Sr}$	29,1 років	$^{103}\text{Ru}$	39 діб	$^{137}\text{Cs}$	30 років	$^{144}\text{Ce}$	284 доби
$^{91}\text{Y}$	59 діб	$^{106}\text{Ru}$	1 рік	$^{140}\text{Ba}$	13 діб	$^{145}\text{Eu}$	5 років
$^{95}\text{Nb}$	35 діб	$^{129\text{m}}\text{Te}$	34 доби	$^{141}\text{Ce}$	33 доби		
Продукти активації							
$^{51}\text{Cr}$	28 діб	$^{59}\text{Fe}$	45 діб	$^{95}\text{Nb}$	35 діб	$^3\text{H}$	12,3 років
$^{54}\text{Mn}$	312 діб	$^{60}\text{Co}$	5,3 років	$^{95}\text{Zr}$	64 доби	$^{14}\text{C}$	5 730 років
$^{58}\text{Co}$	71 доба	$^{65}\text{Zn}$	244 доби	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	250 діб	$^{41}\text{Ar}$	1,83 год





# Захист населення і території

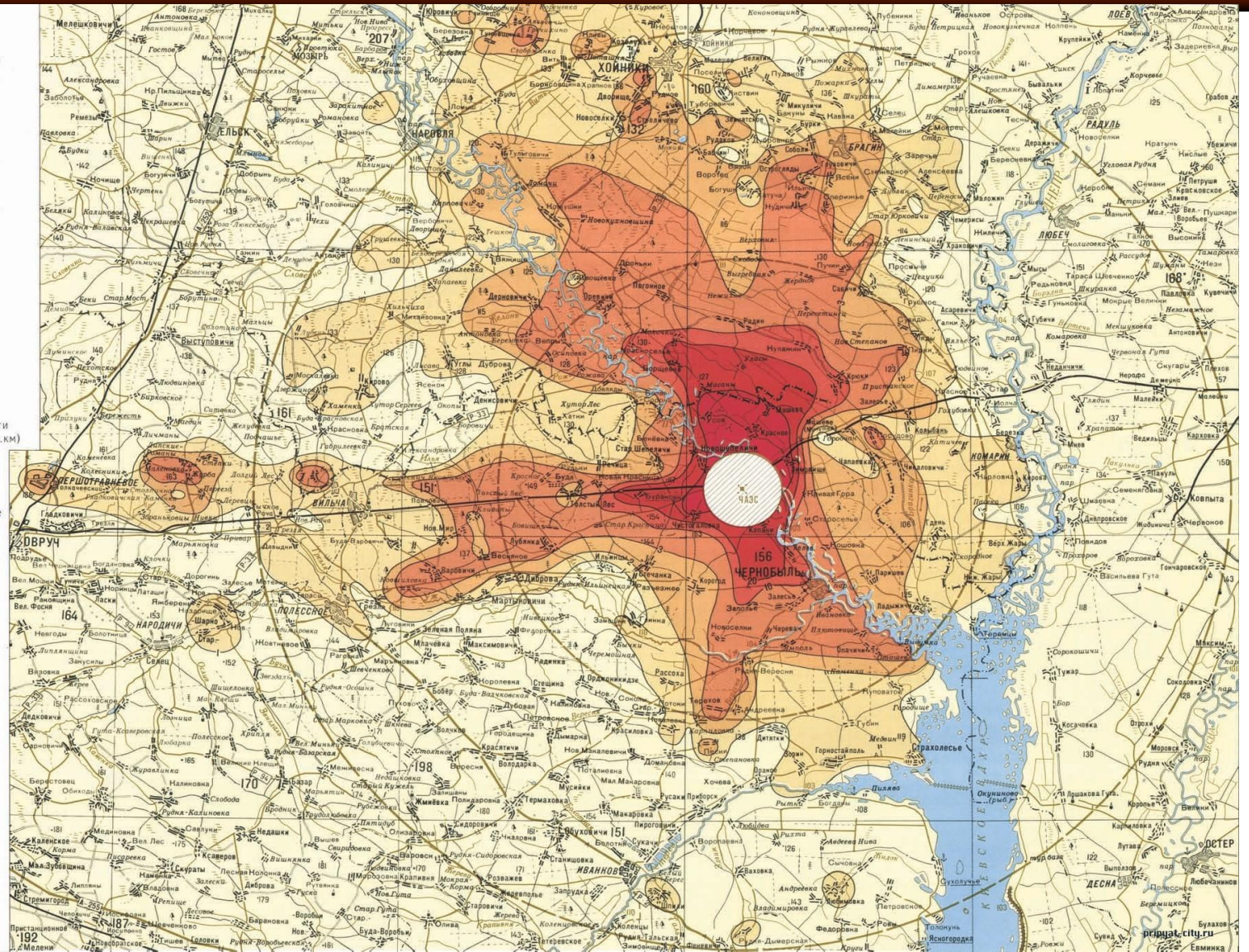
ПЛОТНОСТЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
МЕСТНОСТИ СТРОНЦИЕМ-90  
(Ки/кв.км)



изолинии плотности  
загрязнения местности  
стронцием-90 (Ки/кв.км)

промшладка  
ЧАЭС и прилегающие  
к ней территории  
в радиусе 5 км

ГРАНИЦЫ ЗОН ВОКРУГ  
ЧАЭС С РАДИУСОМ:







**Радіаційні аварії** — це аварії з викидом радіоактивних речовин або іонізуючих випромінювань за межі, непередбачені проектом для нормальної експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів, у кількостях понад установлену межу їх безпечної експлуатації.

## **Захист населення і території**

### **За масштабами**

**Комунальними** є радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями і територіями об'єкта, а поширюються на навколишні території.

До **промислових** належать такі аварії, наслідки яких не поширюються за межі приміщень і території об'єкта, а аварійне опромінення може отримати лише персонал

**локальні**, якщо в зоні аварії проживає до 10 тис. осіб

**регіональні** — із зоною від декількох населених пунктів, адміністративних районів до декількох областей з населенням більше 10 тис. осіб

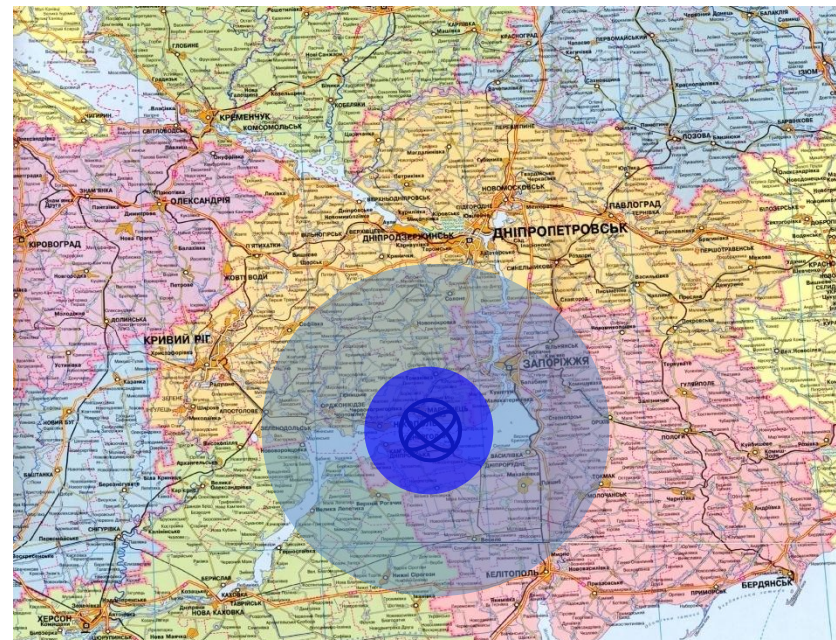
**глобальні** — комунальні радіаційні аварії, які поширюються на значну або всю територію країни





# Запорізька АЕС

## Захист населення і території



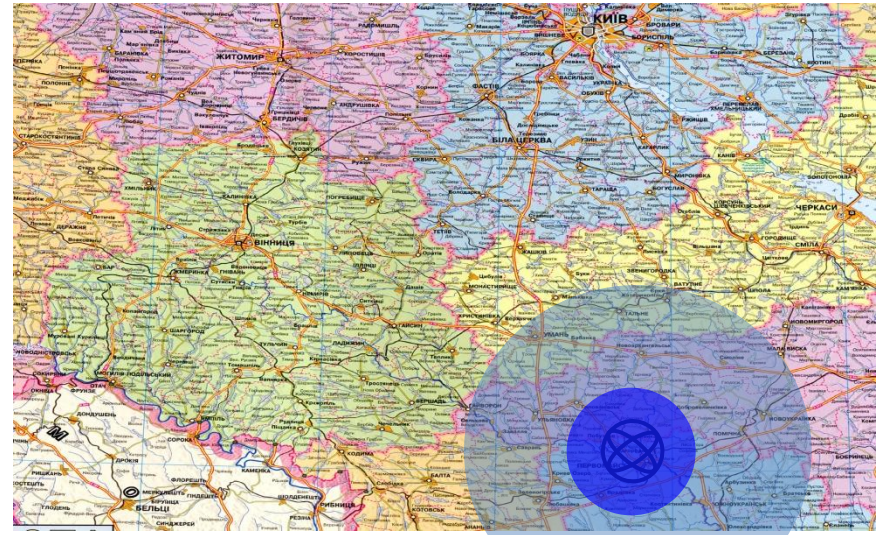
Назва областей	Кількість населених пунктів що можуть опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення			Кількість населення що може опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення		
	100 км	50 км	Разом	100 км	50 км	Разом
Дніпровська	263	64	327	1041.6	320.9	1362.5
Запорізька	333	60	393	1481.5	195.7	1677.2
Херсонська	140	22	162	149.4	21.6	171.0
Разом за АЕС	736	146	882	2672.5	538.2	3210.7





# Південно-Українська АЕС

## Захист населення і території

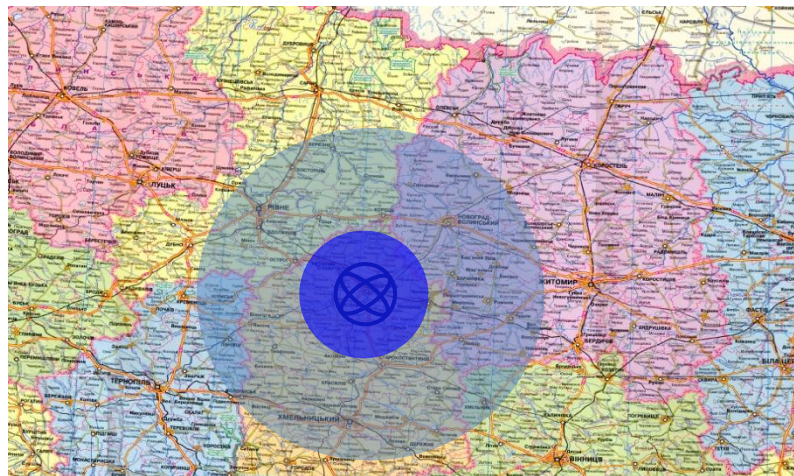


Назва областей	Кількість населених пунктів що можуть опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення			Кількість населення що може опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення		
	100 км	30 км	Разом	100 км	30 км	Разом
Кіровоградська	373		373	685.4		685.4
Миколаївська	354	81	435	557.3	142.2	699.5
Одеська	245		245	371.5		371.5
Черкаська	2		2	2.3		2.3
Разом за АЕС	974	81	1055	1616.5	142.2	1758.7



# Хмельницька АЕС

## Захист населення і території



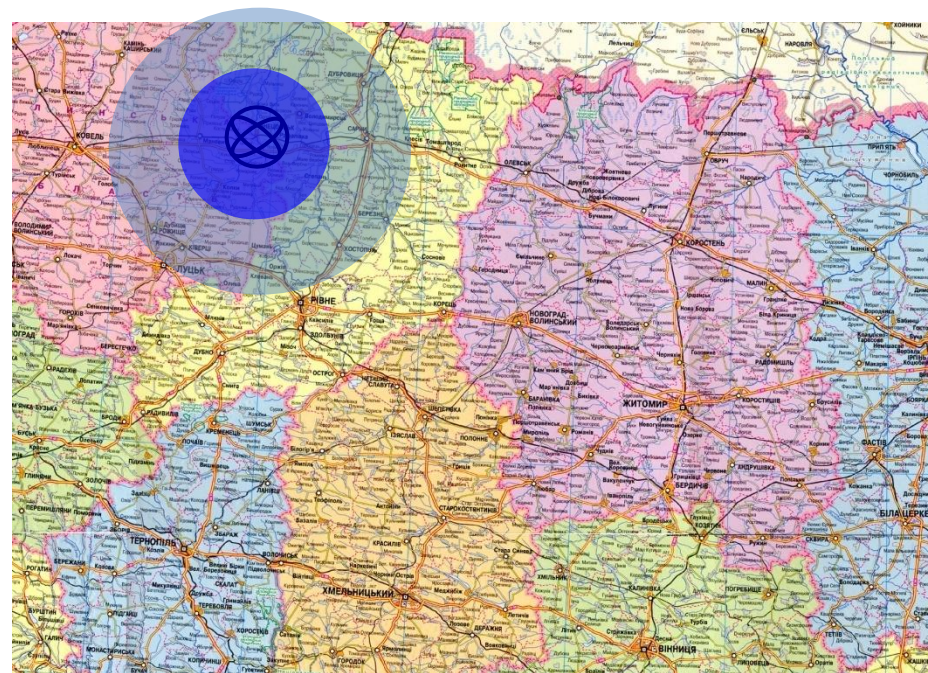
Назва областей	Кількість населених пунктів що можуть опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення			Кількість населення що може опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення		
	100 км	30 км	Разом	100 км	30 км	Разом
Волинська	59		59	320.5		320.5
Житомирська	218		218	346.8		346.8
Львівська	3		3	2.2		2.2
Рівненська	405	61	466	872.3	81.4	953.7
Тернопільська	169		169	286.2		286.2
Хмельницька	381	64	445	668.3	145.8	814.1
Разом за АЕС	1235	125	1360	2496.3	227.3	2723.6





# Рівненська АЕС

## Захист населення і території



Назва областей	Кількість населених пунктів що можуть опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення			Кількість населення що може опинитися у зонах можливого радіаційного забруднення		
	100 км	30 км	Разом	100 км	30 км	Разом
Волинська	404	37	441	779.8	45.4	825.2
Рівненська	418	41	459	861.7	85.0	946.7
Разом за АЕС	822	78	900	1641.5	130.4	1771.9