

# **Розробка та впровадження системи комплексного радіоекологічного моніторингу України**

Барбашев С.В., Ковалець І.В., Євдін Є.О., Гаргер Є.К.,  
Талерко М.М., Вітько В.І., Буртняк В.М., Яцишин А.В.

Одеський національний політехнічний університет,  
Інститут проблем математичних машин і систем НАН України,  
Інститут проблем безпеки АЕС НАН України,  
Український науково-дослідний інститут екологічних проблем,  
ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

**Мета роботи** - розробка науково-методологічних, методичних підходів і технічних засобів для створення системи комплексного радіоекологічного моніторингу навколишнього середовища, впровадження якої сприятиме прийняттю ефективних управлінських рішень щодо попередження та усунення негативних змін стану навколишнього середовища на території України.

### **Основні завдання:**

- розробка науково-методологічних основ організації і ведення комплексного радіоекологічного моніторингу навколишнього середовища в районах розташування об'єктів радіаційної небезпеки;
- розвиток математичного, інформаційного і методичного забезпечення функціонування систем радіоекологічного моніторингу навколишнього природного середовища державного, регіонального і локального рівнів для вирішення основних завдань управління екологічною безпекою, в т.ч. на об'єктах підвищеної небезпеки України;
- розробка та використання нових математичних методів моделювання динаміки радіонуклідів у навколишньому середовищі, особливо атмосферного переносу і осадження радіонуклідів, у поєднанні з оперативним інструментальним моніторингом, з метою підвищення точності прогнозно-аналітичних оцінок стану навколишнього середовища (повітря, ґрунт, водні об'єкти) і забезпечення максимальної ефективності рішень, що приймаються для забезпечення радіаційної безпеки та застосування контрзаходів шляхом вибору їх пріоритетності в часі і просторі, особливо в гострій фазі аварії;
- розробка і створення систем комплексного контролю і спостереження за радіаційною обстановкою в навколишньому середовищі з метою визначення рівня його забруднення та швидкого реагування на надзвичайні події та попередження можливих радіаційних аварій, а також зменшення їх наслідків для населення і навколишнього природного середовища. 2

- Розроблені у роботі науково-методологічні основи радіаційного контролю навколишнього середовища в районах розташування АЕС засновані на екосистемному підході, який у даний час у повному обсязі не використовується на практиці. Його застосування дозволяє врахувати особливості навколишнього середовища, які впливають на формування радіаційної обстановки, у т.ч. за рахунок міграційних процесів, і, тим самим, підвищити правильність оцінки радіаційної обстановки. Це досягається шляхом включення до складу систем радіаційної безпеки системи радіоекологічного моніторингу
- Запропонована концепція обумовлює таку **схему ведення комплексного радіоекологічного моніторингу** навколишнього середовища в районах розташування АЕС (РЕМ АЕС), відповідно до якої розв'язуються традиційні завдання моніторингу. Але на відміну від класичної, запропонована схема моніторингу включає функції управління, що переводить його із розряду інформаційних систем в інформаційно-управлінські.
- За своєю суттю моніторинг територій розташування АЕС повинен бути комплексним: радіаційним за чинниками впливу на екосистеми, але екологічним за методологією.
- Наведені в роботі дані свідчать про те, що критичними елементами навколишнього середовища, які формують радіаційну обстановку і дозові навантаження на населення в районі розташування АЕС при штатному режимі її роботи, а також у середній і пізній фазах аварії, є наземні екосистеми (грунт, рослинність, у т.ч. сільськогосподарська, та ін.), тому головна увага при проведенні радіоекологічного моніторингу в цей період повинна бути приділена саме їм. Проте це не означає, що повітря, геологічне середовище, водні або інші екосистеми не потрібно контролювати. Але кожна з них має свою значущість, що визначається умовами, в яких її контроль стає пріоритетним, і завданнями, що стоять перед дослідниками.

## Схема комплексного радіоекологічного моніторингу навколишнього природного середовища у районі розташування АЕС



■ У разі комунальної радіаційної аварії методологія радіоекологічного моніторингу навколишнього середовища в районі розташування АЕС повинна ґрунтуватися на еколого-гігієнічних принципах нормування радіаційних чинників і враховувати особливості атмосферного перенесення аварійного викиду, фізико-географічні і ландшафтно-геохімічні характеристики місцевості, а також результати, одержані при проведенні штатного моніторингу.

■ Основними методологічними принципами організації та ведення радіоекологічного моніторингу наземних екосистем є районування території зони спостереження з урахуванням ландшафтно-геохімічних, фізико-географічних, демографічних характеристик і формування на цій основі мережі пунктів спостереження.

■ Метод формування мережі пунктів спостереження за радіаційною обстановкою в районах розташування АЕС, заснований на результатах ландшафтно-геохімічного районування, на відміну від штатної системи РК забезпечує високу репрезентативність відбору проб, однакову точність результатів вимірювань на всій контрольованій території і максимальну вірогідність виявлення факела викиду при будь-яких метеорологічних умовах, знижує помилки при визначенні рівнів забруднення. Загальна кількість пунктів моніторингу в ЗС АЕС оцінюється за методикою, розробленою К.П. Махонько (1985 р.) і складає 80 – 120 од. для 30-кілометрової зони.

Методика районування території розташування АЕС та формування мережі пунктів контролю увійшла в «Керівництво з організації контролю стану природного середовища в районі розташування АЕС», затверджене Міністерством охорони здоров'я і Госкомгідрометом СРСР в 1988 році і схвалене колегією Госпроматомнадзора СРСР в 1989 році.



Схема розміщення пунктів радіаційного контролю в ЗС ЗАЕС (пунктів РК повітря, атмосферних випадів, ґрунту та рослинності – 46)

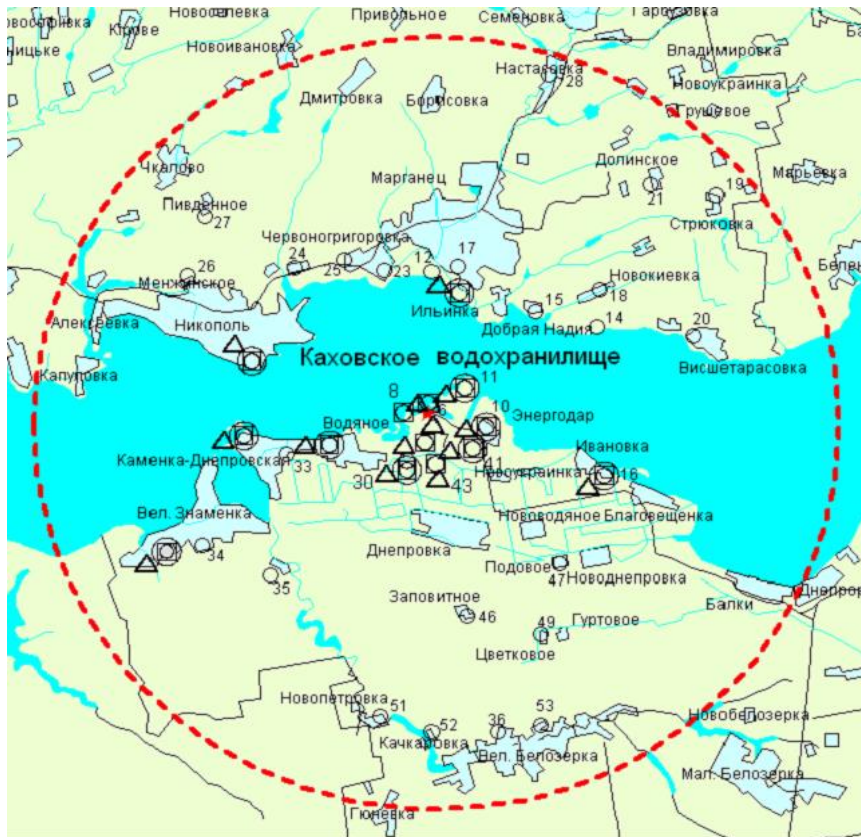
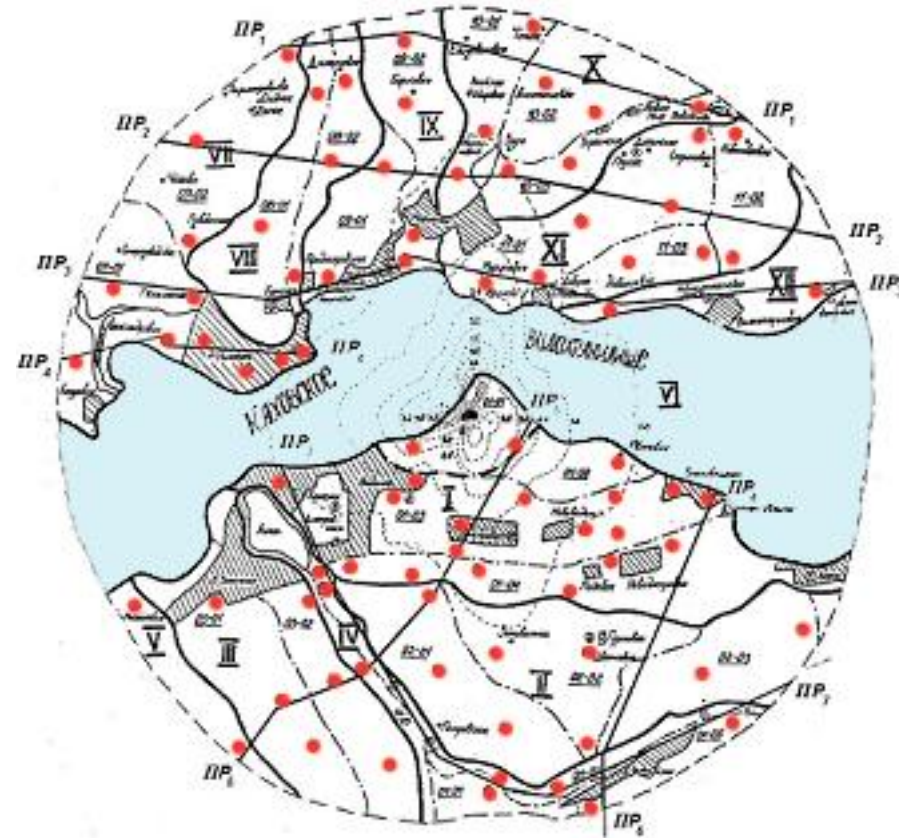


Схема районування ЗС ЗАЕС і розміщення пунктів моніторингу



Районів – 12  
Підрайонів – 29  
Пунктів РЕМ - 99

Подрайон, номер пункта мониторинга	$^{137}\text{Cs}$			$\Sigma\beta$		
	A	B	B/A	A	B	B/A
Мичуринго, 01-01-01	17	72	4,2	420	3300	7,9
Рыбное хоз., 01-01-02	81	83	1,0	570	398	0,7
Дамба, 01-01-03	-	100	-	360	5300	14,7
Ивановка, 01-02-01	25	58	2,3	850	860	1,0
Водяное, 01-03-03	24	66	2,7	210	730	3,5
Днепровка, 01-03-06	32	110	3,4	530	1800	3,4
Н. – Водное, 01-03-10	29	110	3,8	600	3000	5,0
Б. Знаменка, 03-01-01	77	120	1,6	860	2500	2,9
Среднее			2,7			3,5

Значення щільності забруднення ґрунту ЗС ЗАЕС (мКи/км<sup>2</sup>) радіонуклідами при відборі проб в пунктах станційної сітки контролю (A) та по методиці, яка пропонується у роботі (B)

РЕМ території розташування Запорізької АЕС, проведений з використанням запропонованих у роботі методологічних підходів, дозволив виявити накопичення РН в елементах ландшафтів, що грають роль геохімічних бар'єрів, а також вказав на необхідність контролю і обліку стічних процесів, які в деяких частинах ЗС станції можуть відігравати суттєву роль у формуванні радіаційної обстановки, особливо при аварії на АЕС. Отримати таку інформацію за допомогою штатної системи РК НС, яка застосовується на АЕС, неможливо.

РЕМ, заснований на викладених вище методологічних підходах, був успішно проведений крім Запорізької також на Чорнобильській АЕС (до і після аварії), на Хмельницькій АЕС та при будівництві Одеської АТЕЦ. При моніторингових дослідженнях на цих станціях були отримані інформативні, представницькі результати, які дозволили підвищити правильність оцінки радіаційної обстановки на території, яка контролюється.

Методологія проведення РЕМ, яка пропонується у роботі, могла б стати базовою для всіх АЕС. На її основі можна розробити (або вдосконалити існуючі) методики, керівництва, регламенти, рекомендації по веденню на АЕС РК і РЕМ. Це дозволить підвищити ефективність управління радіаційною та екологічною безпекою станцій.

# Схема алгоритмічного підходу до оцінювання моніторингової інформації



У рамках автоматизації комплексного радіоекологічного моніторингу України розроблено алгоритмічний підхід (включаючи розробку та удосконалення ряду його структурних блоків) до вирішення задач екологічного моніторингу приземного шару атмосфери, який включає можливість виявлення та візуалізації особливостей семантичної структури даних,

суттєво полегшує моніторинг небезпечних ситуацій та тенденцій їх розвитку, оцінювання і прогнозування ризиків для населення прилеглих територій, тобто створює інформаційне підґрунтя для прийняття рішень у галузі екологічної безпеки та зменшення ризиків.



## Перерозподіл радіоактивного забруднення внаслідок вторинних процесів підйому радіонуклідів

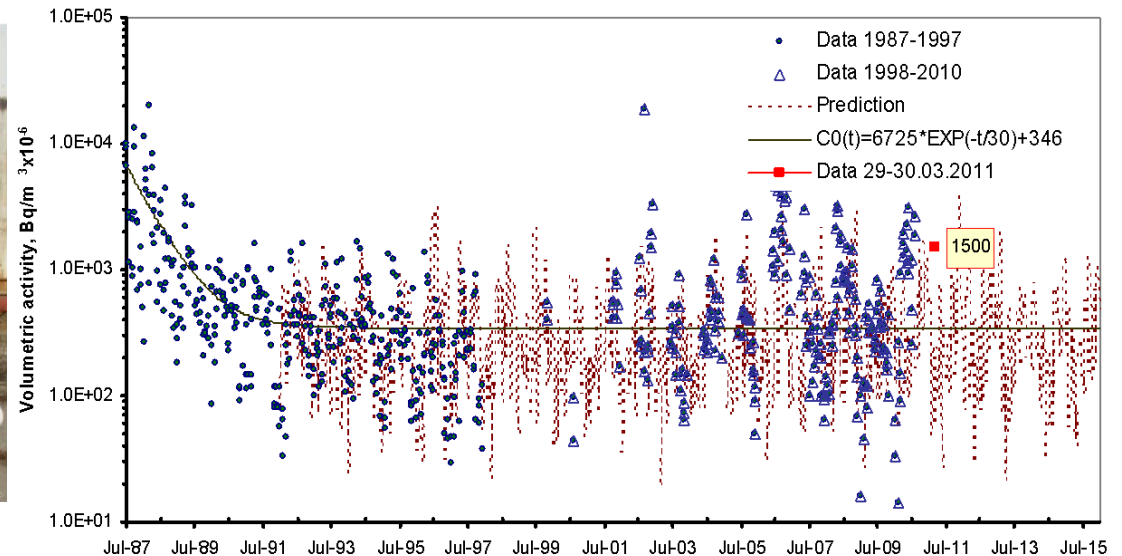
Antropogenic activities by tractor  
T-150 under harrowing of soil.



Розроблено методи та засоби вимірювань вторинного підйому радіоактивних речовин та досліджень фізико-хімічних характеристик радіоактивного аерозолу в просторі та часі вітрового підйому, а також в підйому пилу в період будівельних, сільськогосподарських робіт, руху транспорту, лісових пожеж, викидів з об'єкту "Укриття".

Систематизовано результати вимірювань інтегральних і диференціальних характеристик процесів вітрового, техногенного підйому радіоактивних речовин у приземному шарі атмосфери, що дозволило оцінити небезпеку цих процесів в умовах Українського Полісся, міст Чорнобиль, Прип'ять, Коростень, Київ, Чернігів; рекомендувати розміри буферних зон населених пунктів, що безпосередньо прилягають до радіаційно забруднених сільгоспугідь. Отримані дані було використано в роботі Державної комісії Ради Міністрів СРСР з ліквідації аварії на ЧАЕС.

## Measurements by GRAD-1.8

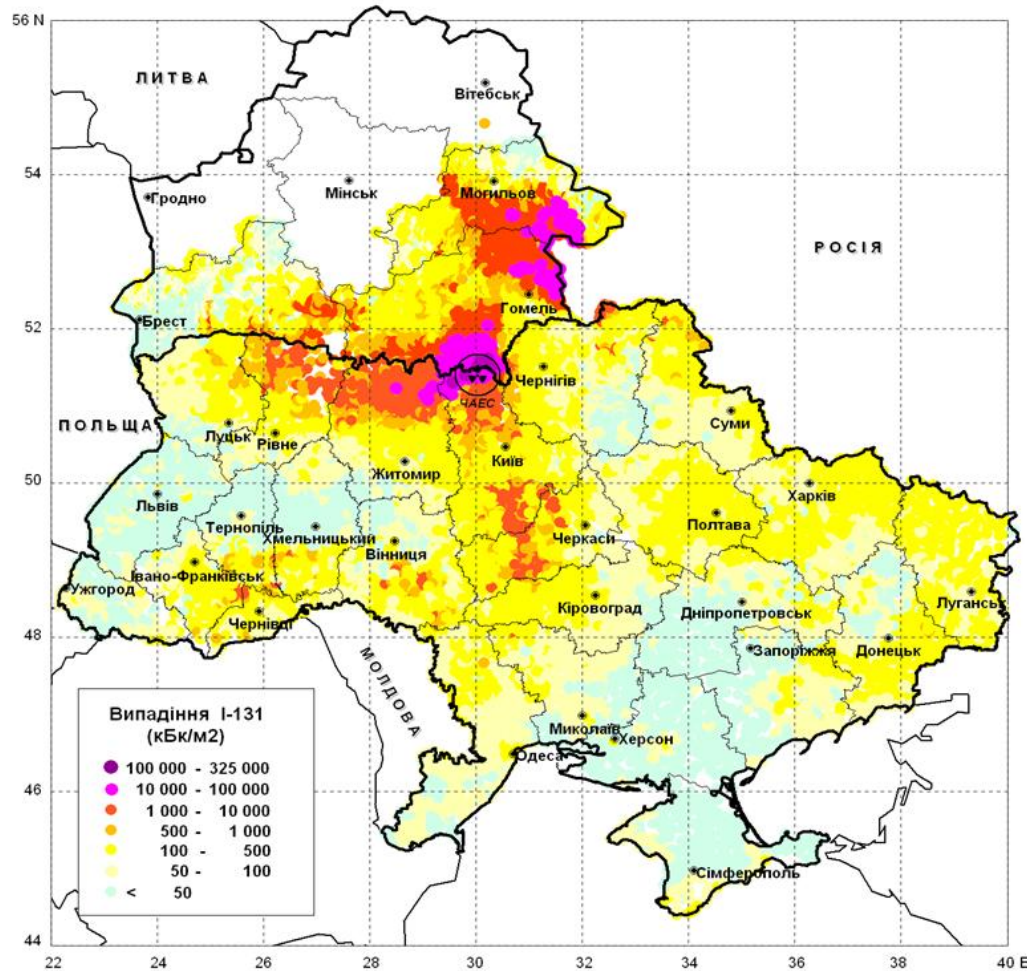


На замовлення ЧАЕС проведено вимірювання величин постійного викиду радіоактивного аерозолю з усіх бічних нещільностей об'єкта "Укриття" протягом 1997 - 2004 рр. На основі отриманих даних ряд нещільностей було закрито.

Отримано оцінки інгаляційних доз ліквідаторів, що працювали на промайданчику ОУ з урахуванням швидкостей розчинення  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в імітаторах легеневої рідини.

Розроблено довгостроковий прогноз об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  на основі теорії випадкових сил для приземного шару санітарно-захисної зони ЧАЕС.

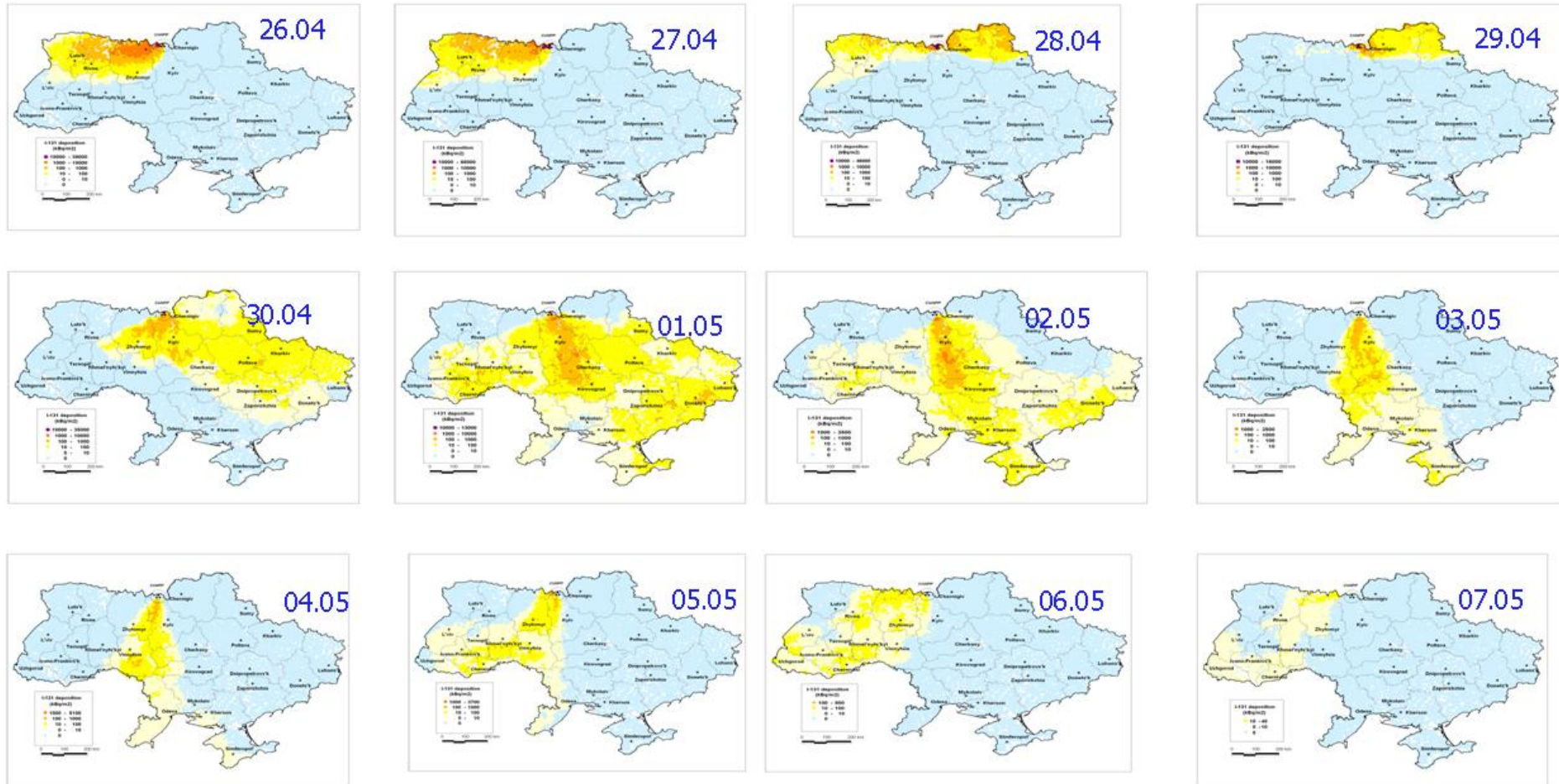
## Реконструкція формування полів радіоактивного забруднення території України та Білорусі $^{131}\text{I}$ внаслідок аварії на ЧАЕС за допомогою моделювання перенесення радіонуклідів в атмосфері



Запропоновано та обґрунтовано комплексний метод реконструкції полів радіоактивного забруднення внаслідок комунальної радіаційної аварії, який базується на моделюванні атмосферного перенесення радіоактивного викиду з використанням наявних даних радіаційного моніторингу на різних просторових масштабах. На його основі вперше виконано реконструкцію з високою роздільністю у просторі і часі формування полів забруднення повітря і ґрунту ізотопами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$  +  $^{132}\text{I}$  і  $^{133}\text{I}$  на території України та Білорусі в гострій фазі Чорнобильської аварії. Вперше побудовано детальні карти полів радіоактивного забруднення території України ізотопами йоду в гострій фазі аварії на ЧАЕС.



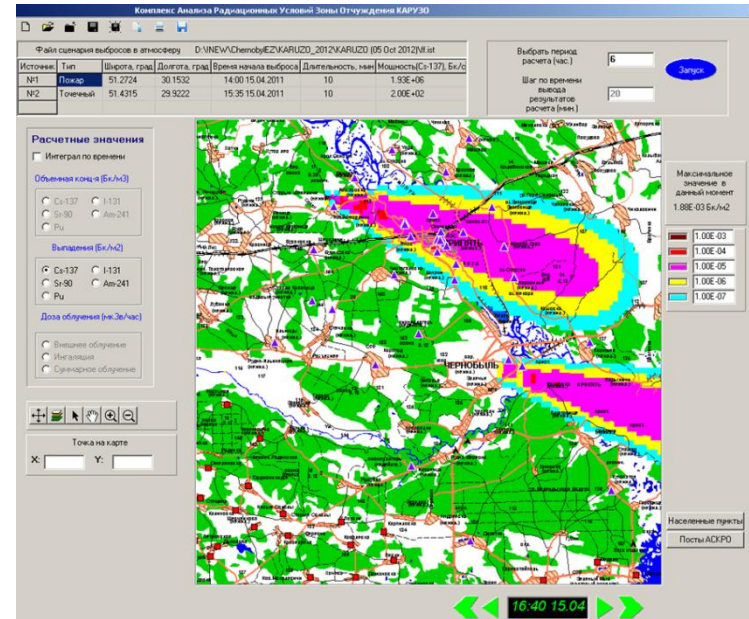
# Реконструкція формування полів радіоактивного забруднення території України $^{131}\text{I}$ внаслідок аварії на ЧАЕС за допомогою моделювання перенесення радіонуклідів в атмосфері



Добовий хід формування поля радіоактивних випадінь на території України в гострий період Чорнобильської аварії (26.04-07.05.1986 р.)

Розроблено та впроваджено інформаційно-аналітичну систему оцінки і прогнозування радіаційної ситуації в складі «Системи радіаційного моніторингу і раннього попередження в Чорнобильській зоні відчуження» з метою забезпечення оперативної підтримки прийняття рішень про введення контрзаходів щодо захисту персоналу, що працює на території ЧЗВ

Оснoву системи складає програмний комплекс, створений на основі фізико-математичних моделей емісії, атмосферного перенесення та осадження радіонуклідів. Він призначений для розрахунків об'ємної активності основних в даний час дозоутворюючих нуклідів  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в повітрі та поверхневої активності на ґрунті в межах ЧЗВ, доз зовнішнього та внутрішнього (за рахунок інгаляційного надходження) опромінення персоналу ЧЗВ та населення поруч з її границями.



Даные по постам АСКРО

Расстояние и азимут указаны относительно центра расчетной сети (51.2863, 30.0866)

№	Пост	Широта	Долгота	Kz мкЗв/час	Азимут град	Расстояние км	Внешняя дозим.Зв	Ингаляц.дозим.Зв	Средняя дозим.Зв
1	Полкивка	51.27939	30.20772	0.6	95	8.46	3.99E-12	3.25E-10	3.29E-10
2	Купальня	51.15716	30.36073	0.2	127	23.89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	Парнаша	51.29577	30.32930	0.2	86	16.91	6.87E-13	8.54E-11	8.61E-11
4	РЧЗОД	51.27336	30.22765	0.34	98	9.92	1.45E-11	1.19E-09	1.21E-09
5	Дубова	51.27991	29.68721	0.77	269	27.78	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	Гальчи	51.29551	29.85796	0.24	274	15.93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7	Корогод	51.27482	30.00901	0.2	257	5.95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
8				1.29					
9	Бенчак	51.44941	29.97719	0.62	337	19.66	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
10	Чорнобиль-2	51.30387	30.07310	0.9	334	2.17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
11	Чистогайка	51.35859	30.03650	2.3	337	8.76	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12	Копачи	51.35373	30.12744	2.0	21	8.02	8.00E-12	9.21E-10	9.29E-10
13	Бурякська	51.38222	29.91650	8.0	312	15.91	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
14	Старосілка	51.35614	30.21579	0.45	49	11.87	1.97E-10	2.33E-08	2.35E-08
15	Крива Гора	51.38485	30.20120	1.0	36	13.54	4.80E-10	5.61E-08	5.65E-08
16	Усьє	51.47558	30.03378	3.7	350	21.36	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
17	Машево	51.48667	30.14801	2.46	11	22.68	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	Красное	51.45463	30.11445	2.0	6	18.82	4.82E-15	5.46E-13	5.51E-13
19	Зиновьеве	51.42193	30.18305	2.2	24	16.50	3.03E-11	3.50E-09	3.53E-09
20	Станция Ябло	51.39446	30.06112	1.7	352	12.16	2.43E-10	2.70E-08	2.72E-08
21	Дятлики	51.10999	30.19032	0.22	167	20.10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22	Лопанька	51.17973	30.06297	0.37	198	11.96	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
23	Визнач. канал	51.38860	30.11237	1.14	9	11.52	4.53E-10	5.12E-08	5.17E-08
24	АПК-1	51.36875	30.12925	1.44	18	9.63	9.19E-11	1.05E-08	1.06E-08
25	ДГ С-2	51.39231	30.10872	31.0	7	11.89	5.31E-10	5.99E-08	6.05E-08
26	ВЭС-2	51.39254	30.10531	22.8	6	11.88	5.24E-10	5.91E-08	5.96E-08

График

Выбор выводимого нуклида:  Cs-137  Pu  Am-241  Sr-90  I-131

Расчетная величина:  Объемная средняя концентрация (Бк/м³)  Выпадения (Бк/м²)  Мощность внешней дозы (мкЗв/час)  Мощность ингаляционной дозы (мкЗв/час)  Среднесуточная мощность дозы (мкЗв/час)

16:40 15.04

Редактировать таблицу

Записать изменениями таблицу в файл

Складається з наступних блоків:

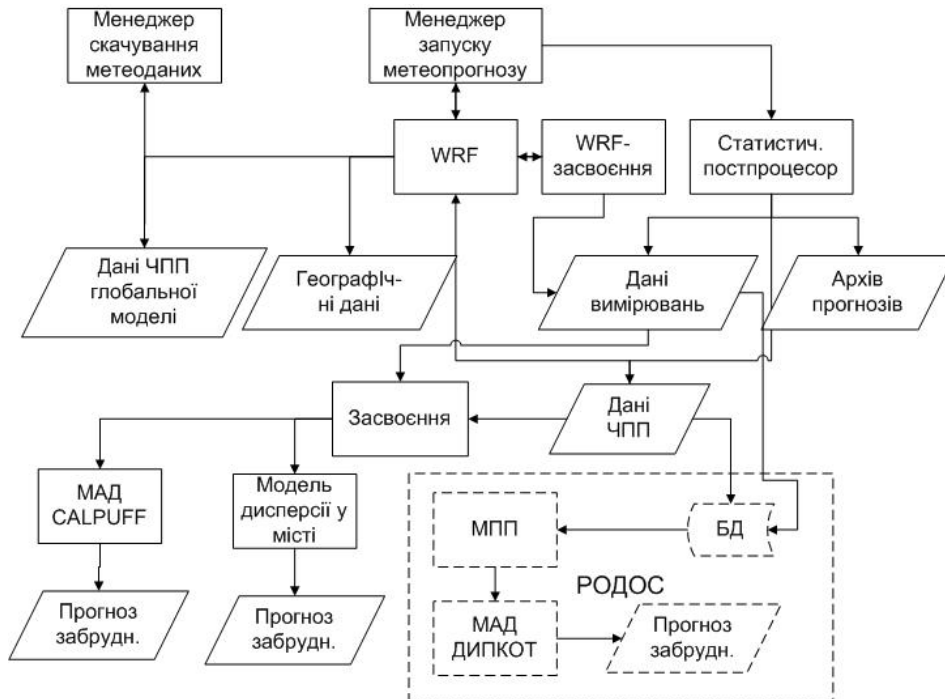
- Лагранжово-ейлерова модель атмосферного перенесення радіонуклідів LEDI - викиди з промислових об'єктів (вентиляційні труби, будівлі);
- Модель площинного поверхневого джерела - природний вітровий або техногенний підйом;
- Комплекс моделей підйому та розповсюдження радіонуклідів в атмосфері внаслідок лісових пожеж в межах ЧЗВ;
- Блок розрахунку доз зовнішнього та внутрішнього (за рахунок інгаляційного надходження) опромінення.



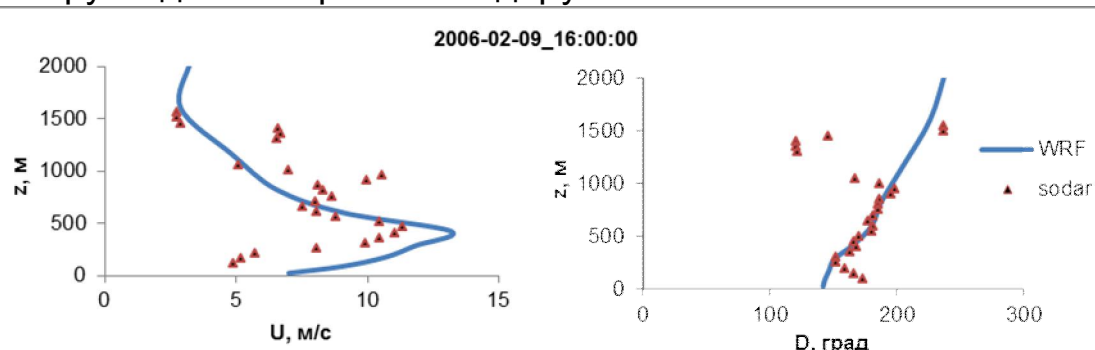
# Забезпечення СППР з радіоекологічної безпеки даними чисельного прогнозування погоди

Система прогнозування погоди WRF-Україна налаштована для прогнозування на детальних сітках навколо усіх АЕС України

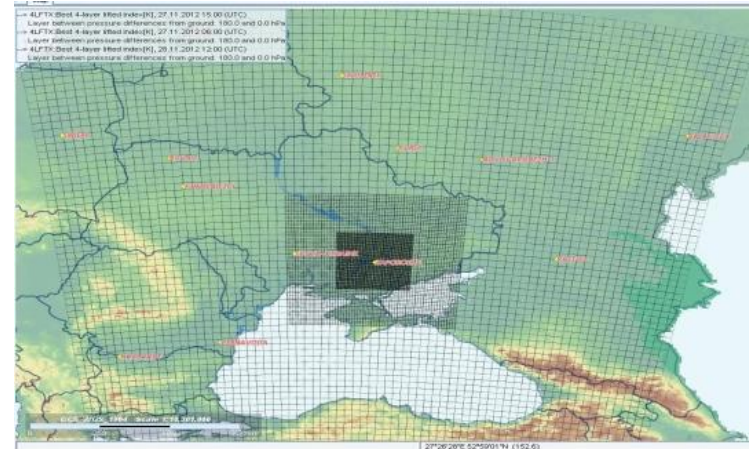
Логічна схема системи метеорологічного прогнозу та її зв'язки з СППР та моделями атмосферної дисперсії



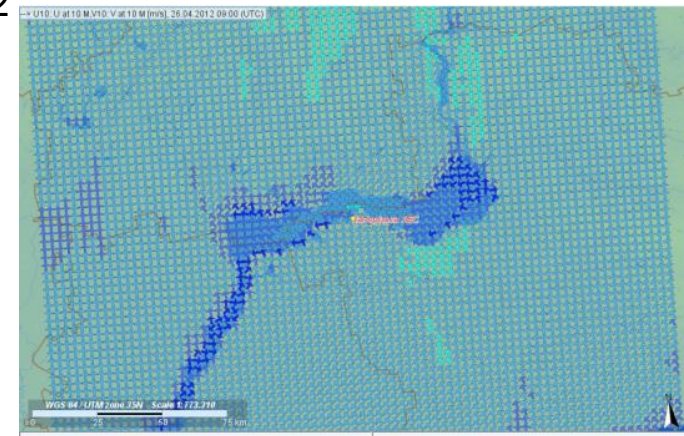
Спрогнозовані вертикальні профілі швидкості, напрямку вітру та дані вимірювань содару РАЕС



Області прогнозування навколо ЗАЕС



Спрогнозована бризова циркуляція навколо ЗАЕС, 04.2012



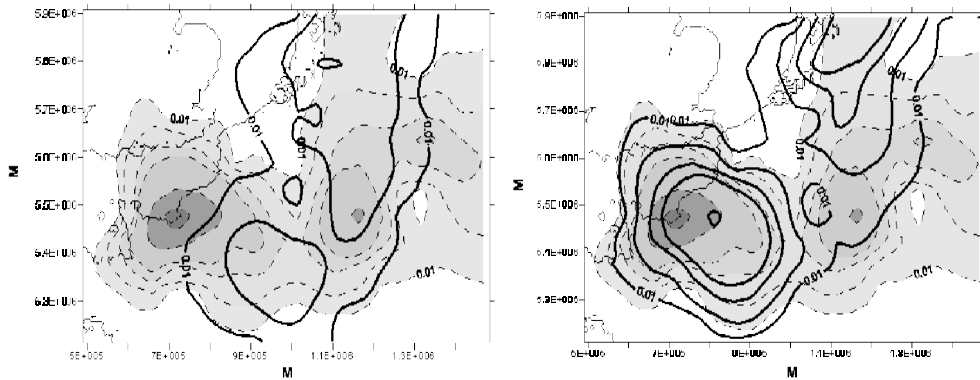
Похибка прогнозування швидкості та напрямку вітру, метеостанція РАЕС

MAE(Wspd), м/с	1.5
MAE(Dir), град	17.21

# Модуль атмосферного перенесення (МАП) СППР з радіоекологічної безпеки та асиміляція даних моніторингу

Асиміляція даних метеорологічних вимірювань у метеорологічному препроцесорі МАП (інтегровано у СППР JRODOS)

Виміри (штрихова лінія) та розраховані (суцільна лінія) концентрації в експерименті ETEX; зліва – без асиміляції; справа – з асиміляцією



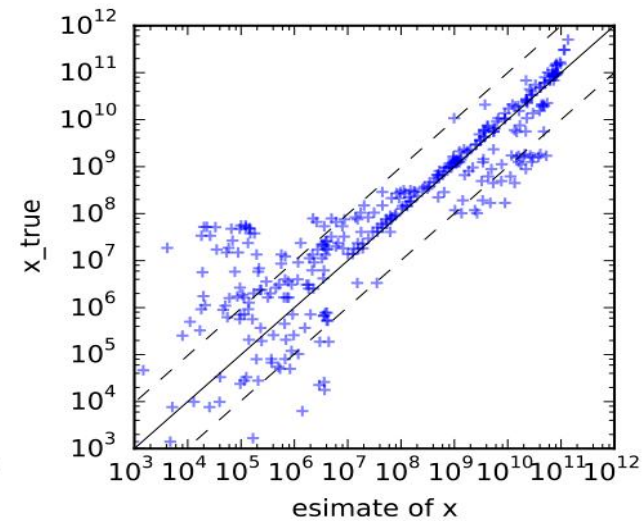
Нормовані середньоквадратична (NMSE) та систематична (FB) похибки поля концентрації

	Без асиміляції	З асиміляцією
NMSE	14	5
FB	0.7	0.03

Встановлення часових залежностей обсягів та нуклідного складу викидів шляхом асиміляції радіологічних вимірювань (інтегровано у СППР JRODOS)

$$J(\bar{x}) = (\tilde{y} - \tilde{G}\bar{x})^T \tilde{R}^{-1} (\tilde{y} - \tilde{G}\bar{x}) + (\bar{x} - \bar{x}^B)^T B^{-1} (\bar{x} - \bar{x}^B)$$

Істинні/розраховані потужності викиду в експерименті ETEX



Відносні похибки функції потужності джерела викиду

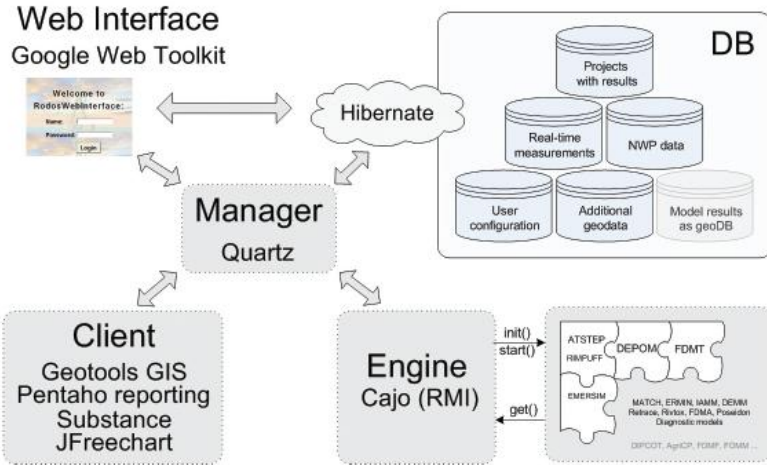
Експеримент	MAE	MRB
Моль, Бельгія	0,59	-0,28
АНСТО, Австралія	0.64	0.40

Застосування МАП та WRF-Україна при оцінці наслідків руйнування НБК ЧАЕС для умов смерчу 11.06.2001 р.: інтегральне випадіння радіоактивного бруду (мг/м2)

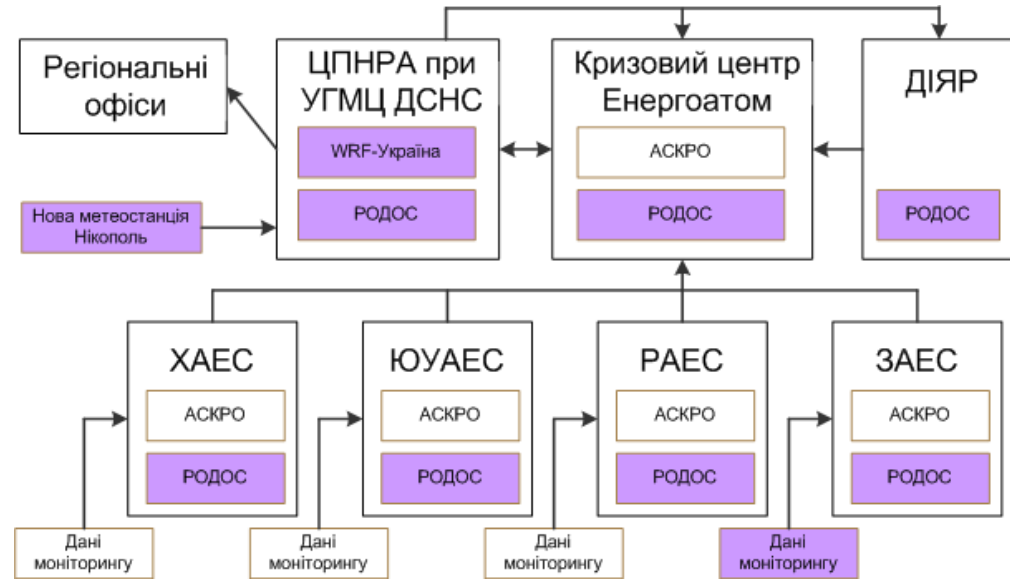


# Нова кросплатформена розподілена версія системи Євросоюзу з ядерного аварійного реагування JRODOS

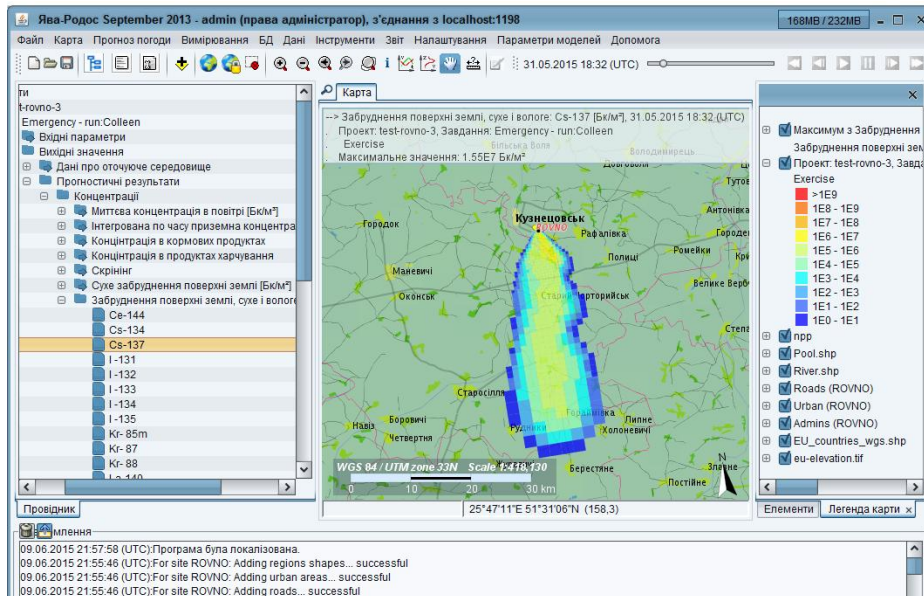
## Архітектура системи



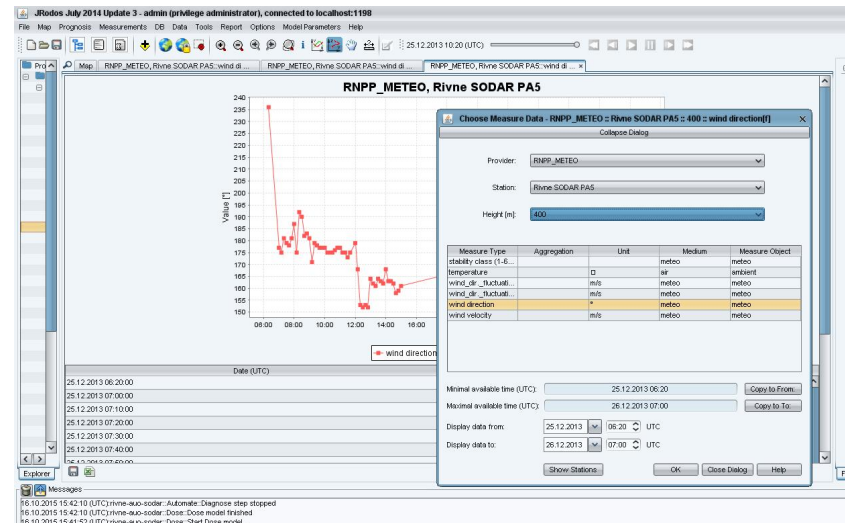
## Впровадження систем JRODOS та WRF-Україна



## Графічний інтерфейс системи JRODOS

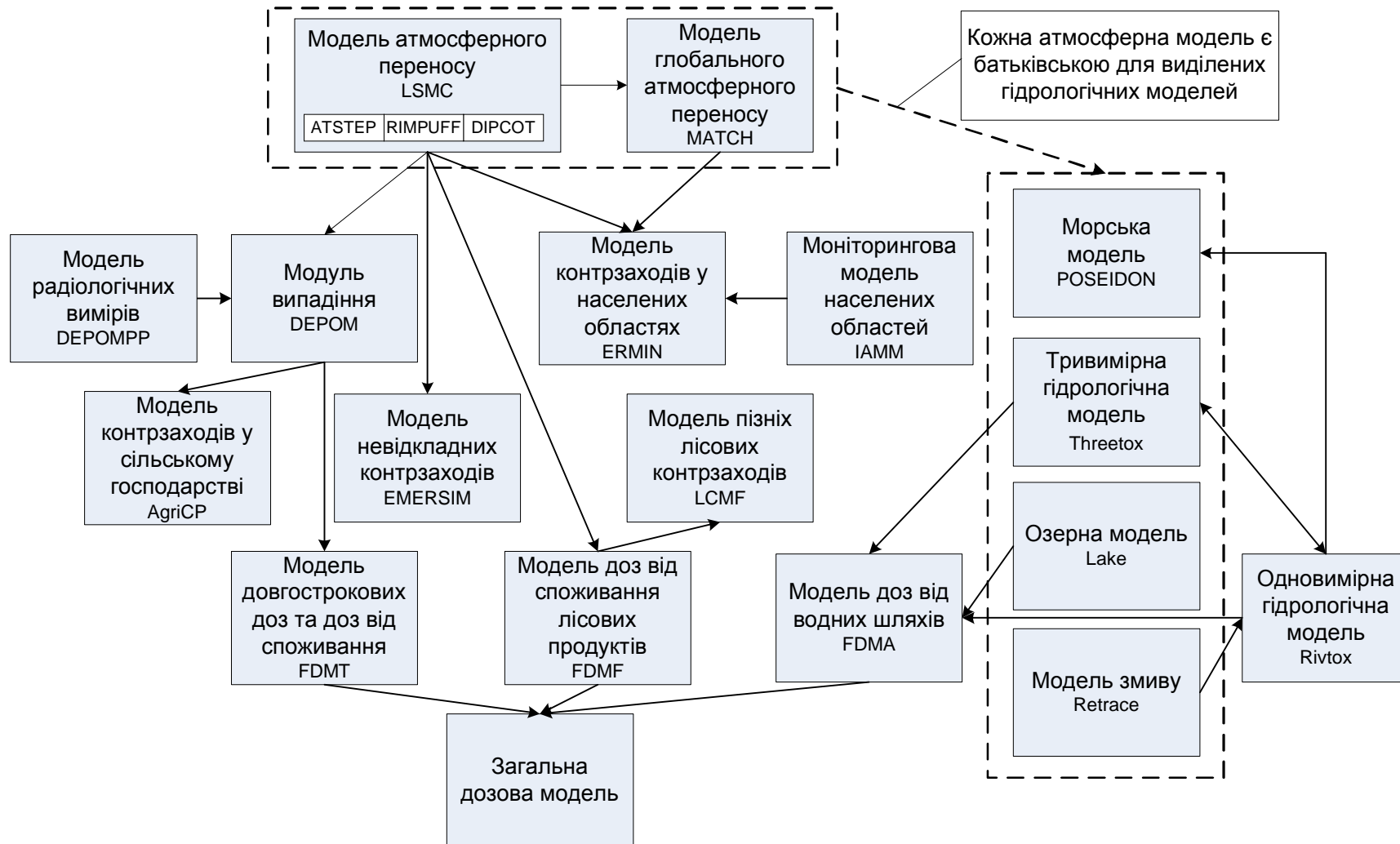


## Візуалізація даних вимірювань (АСКРО ПАЕС)





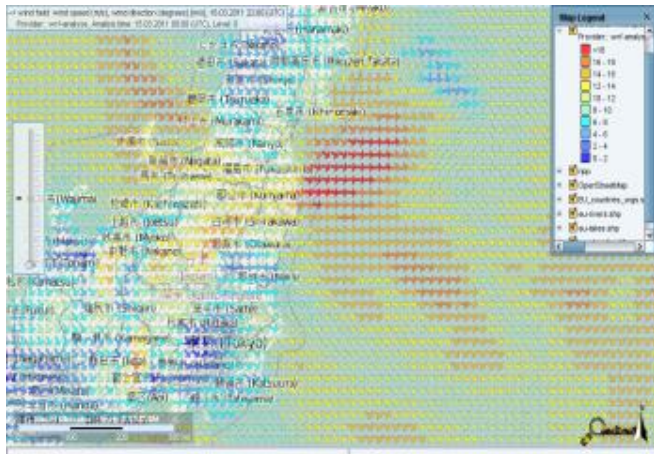
# Інтегровані до JRODOS радіоекологічні моделі та моделі контрзаходів й зв'язки між ними



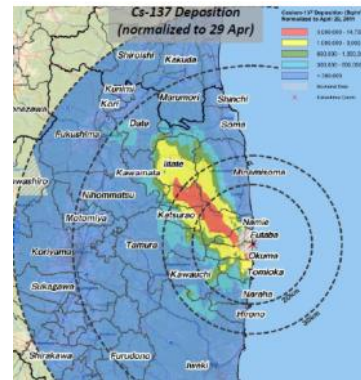
# Приклади застосування JRODOS

Застосування систем JRODOS та WRF-Україна під час аварії на АЕС Фукусіма  
Системи були налаштовані до умов АЕС Фукусіма протягом перших днів аварії та поставлені на оперативне чергування. Щодо джерела викиду використовувались експертні оцінки та оперативні дані Німецької служби GRS

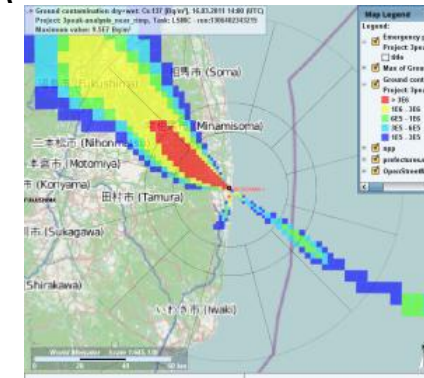
Поле вітру 16.03.2011 за даними WRF-Україна (візуалізоване у JRODOS)



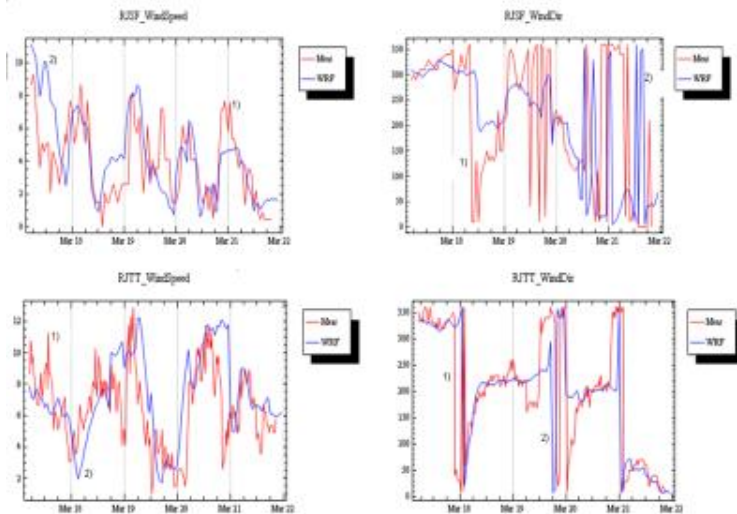
Інтегральне випадіння Cs-137: вимірювання NISA



Розрахунок JRODOS

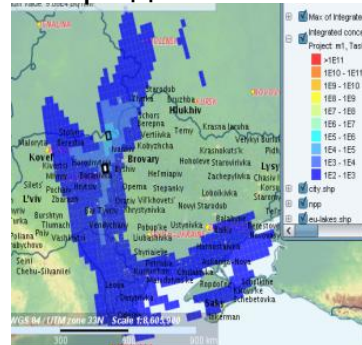


Порівняння метеопрогнозів з вимірюваннями у Токіо та Фукусімі

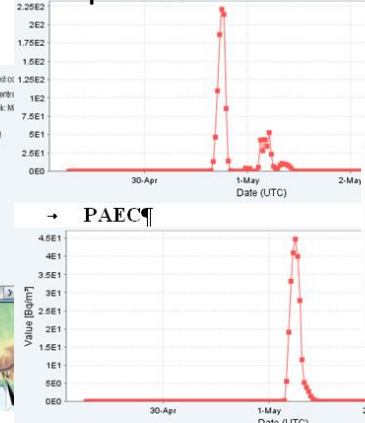


Застосування JRODOS та WRF-Україна під час пожеж у Чорнобильській зоні відчуження, 29.04.2015 р

Спрогнозована інтегральна концентрація Cs-137 на три доби



Спрогнозовані миттєві концентрації Cs-137 у містах України



Порівняння результатів прогнозування (інтегральні концентрації Cs137 29.04-02.05.2015 р.) та вимірювань

Станція	Виміри, мкБк/м <sup>3</sup>	Розрахунки мкБк/м <sup>3</sup>
ХАЕС	5.5	6.85
РАЕС	13	9.3



# Інформаційно-програмне забезпечення для задач екологічної безпеки техногенно забруднених територій

**Графічне представлення результатів вибірки**  
Дані заможності за роками

**Графічне представлення результатів вибірки**  
Дані екологічного забруднення

**Результати вибірки**

Місто/Район	Значення показника	Максимальне перевищення ГДК-р
Київ - Шевченківський	132.4400	2.4194
Київ - Солов'янський	103.7100	1.9417
Київ - Оболонський	50.0800	1.5958
Київ - Подільський	76.0800	1.3750
Київ - Деміївський	84.8800	1.3917
Київ - Діпівський	68.3200	1.7083
Київ - Печерський	127.6600	2.5667
Київ - Голосіївський	123.4200	1.4556
Київ - Солом'янський	193.5400	2.0417

**Статистичні характеристики (СХ) вибірки**

СХ / Показник	Серед./Макс. перевищення	Значення показника
Середнє лінійне відхилення	0	32.667
Мода	1,4556	123,42
Медіана	1,9417	103,71
Асиметрія	0	1,5158
Ексцес	-3	-0,27942
Коефіцієнт кореляції	0,43624	0,43624
Коефіцієнт детермінації	0,19031 або 19,031%	0,19031 або 19,031%
Рівняння регресії	$x = 0,0036316 * y + 1,5677$	$y = 52,404 * x + 4,2248$

**Малюнок: Содержание пестицидов на 1 га земли**

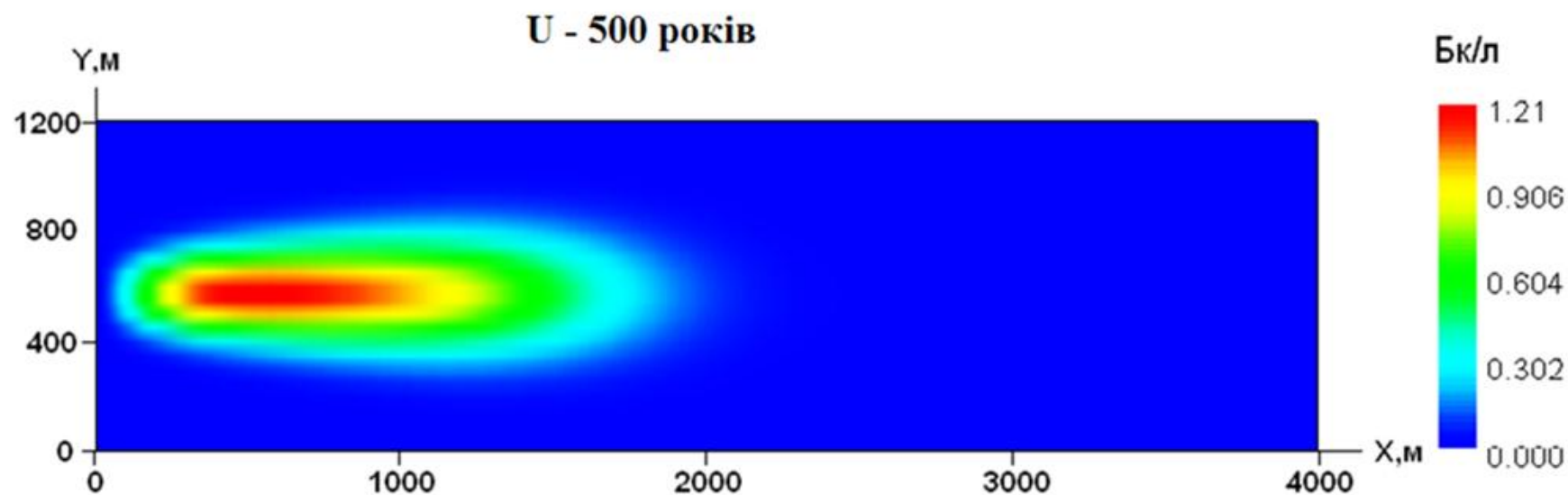
**Мониторинг: Экологический мониторинг по состоянию на 1993 год**

год	Содержание минеральных удобрений на 1 га земли	Использование минеральных удобрений на душу населения	Содержание пестицидов на 1 га земли	Использование пестицидов на душу населения
Вересневый туман	1342,00	534,00	1,53	1,93
Бобриня	1110,00	450,00	13,73	1,24
Бовсули	996,00	530,00	0,35	0,35
Буца	946,00	480,00	1,30	1,30
Вид. Дюпона	1310,00	630,00	2,16	1,37
Волчий Лис	1110,00	560,00	0,14	0,20
Вербка	1310,00	630,00	2,16	1,37
Волополю	1110,00	450,00	13,73	8,52
Дуброва	996,00	530,00	0,35	0,35
Жерон	1840,00	990,00	2,74	0,84

**Ввод показателей загрязнения**

Ид.	Монитор	Название группы	Ед. измер.	ПДЗ	Название показателя
1	1	Экологический			
2		Медико-санитарный			
3		Атмосфера			
4	1	3	кг/га	1	Содержание минеральных удобрений
5	1	9	кг/га	1	Использование минеральных удобрений
6	1	9	кг/га	1	Содержание пестицидов
7	1	9	кг/га	1	Использование пестицидов
8	1	10	кг/га	2,1	Содержание Hg

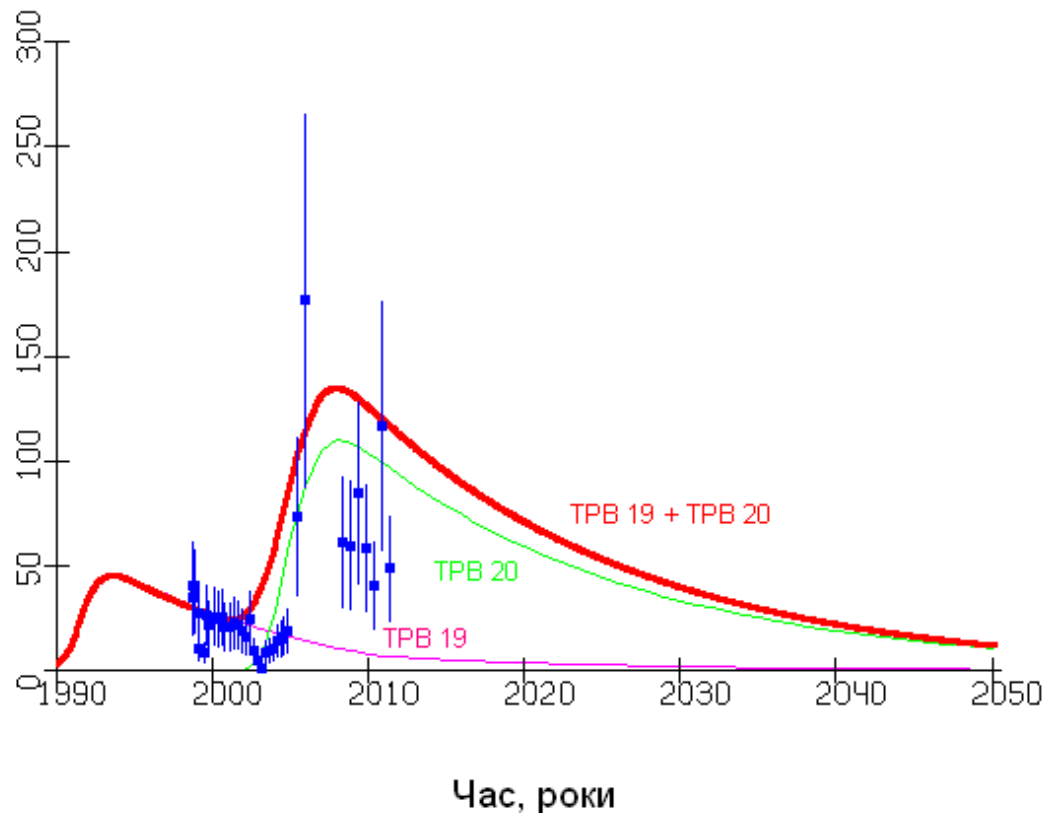
*Створена математична модель поширення основних радіонуклідів і хімічних речовин у підземних водах при відпрацьовуванні Сафонівського уранового родовища методом підземного вилуговування.*



Показана область поширення урану через 500 років від родовища. За цей час область з об'ємний активністю урану 1,2 Бк/л досягне лиш відмітки 1000 метрів від родовища

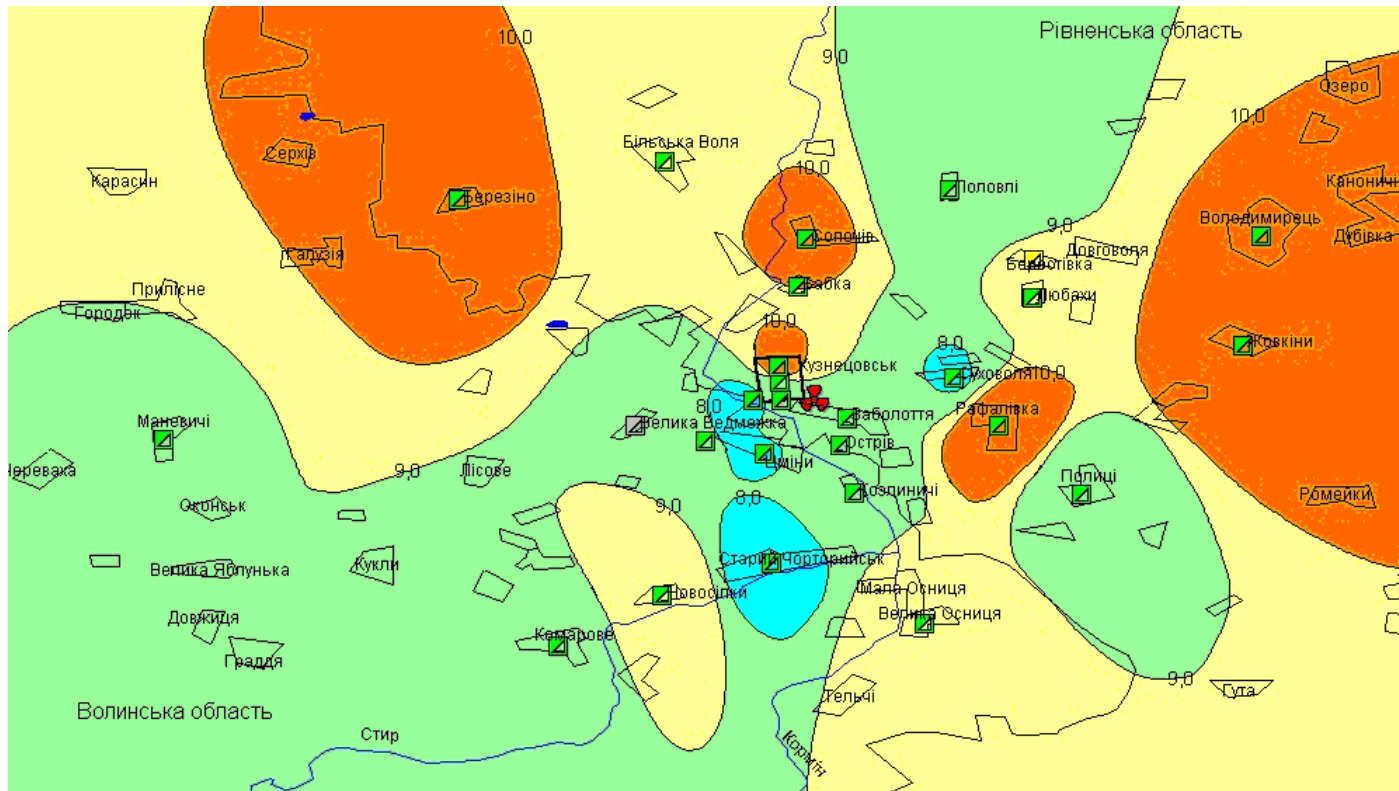
*Розроблена математична модель поширення тритію в зоні аерації після аварії на Харківському пункті захоронення радіоактивних відходів. Обґрунтовані і виконані заходи по локалізації аварії. Моделювання дозволило описати поширення тритію в зоні аерації і дати прогноз забруднення на багато років уперед.*

Активність у водоносному горизонті, Кі



Показано, що загальна активність тритію в першому водоносному горизонті після аварійного скидання зі сховищ твердих радіоактивних відходів (ТРВ) досягла максимуму в 2008 р. У наступні часи загальна активність буде поступово зменшуватися за законом радіоактивного розпаду.

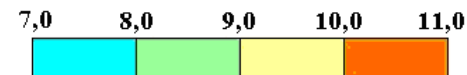
Багаторазовими вимірами протягом багатьох років показано, що радіаційний фон навколо Рівненської і Запорізької АЕС при нормальних умовах роботи залишається постійним, а його величина перебуває на рівні фонових значень



Умовні позначення:

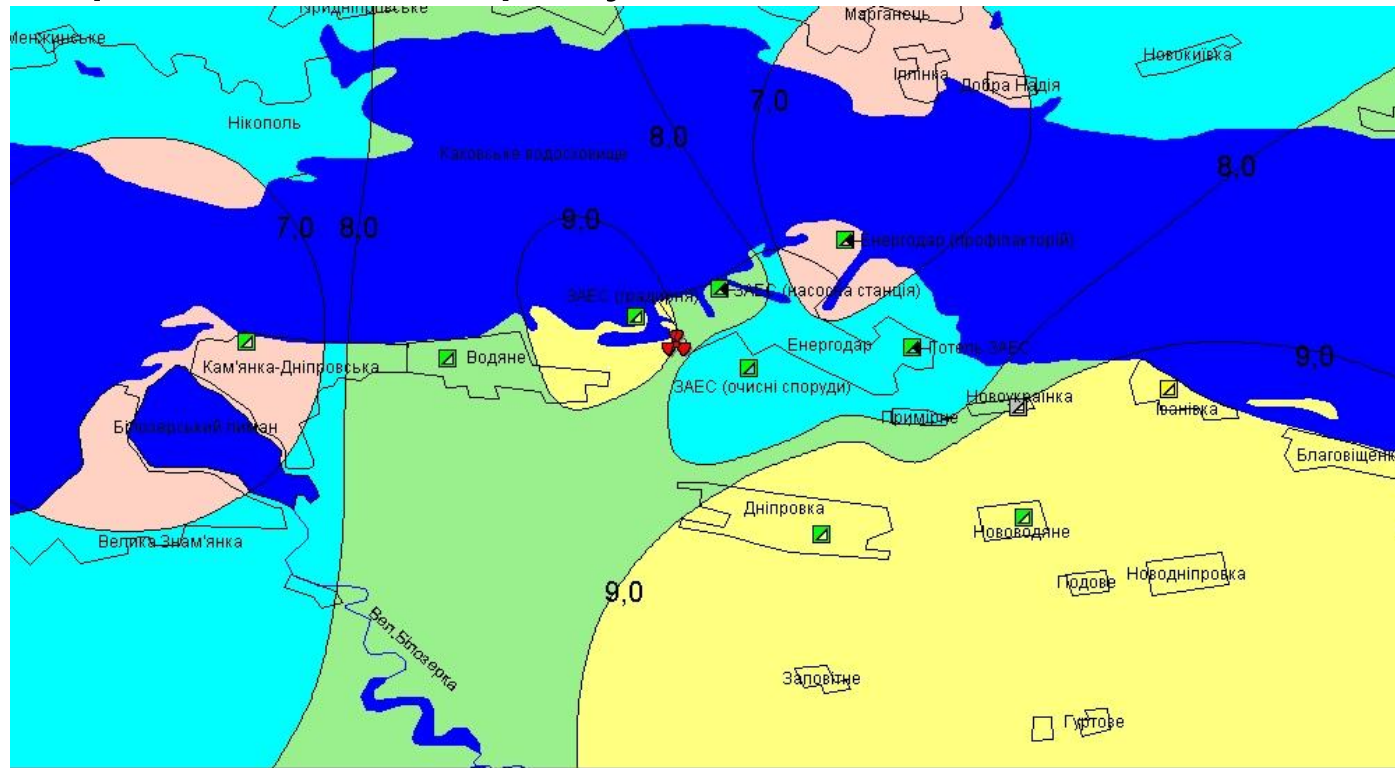
- ☘ Рівненська АЕС  
■ працюючі ■ виведені з експлуатації  
■ з технічними проблемами

Потужність дози гамма-випромінювання, мкР/год

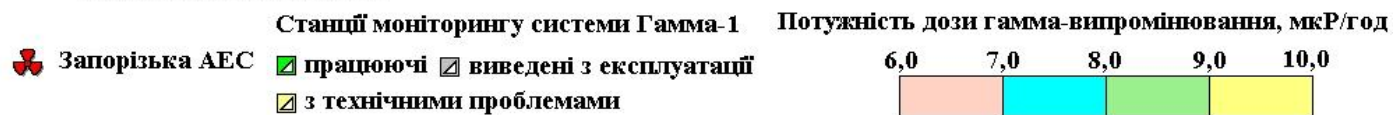




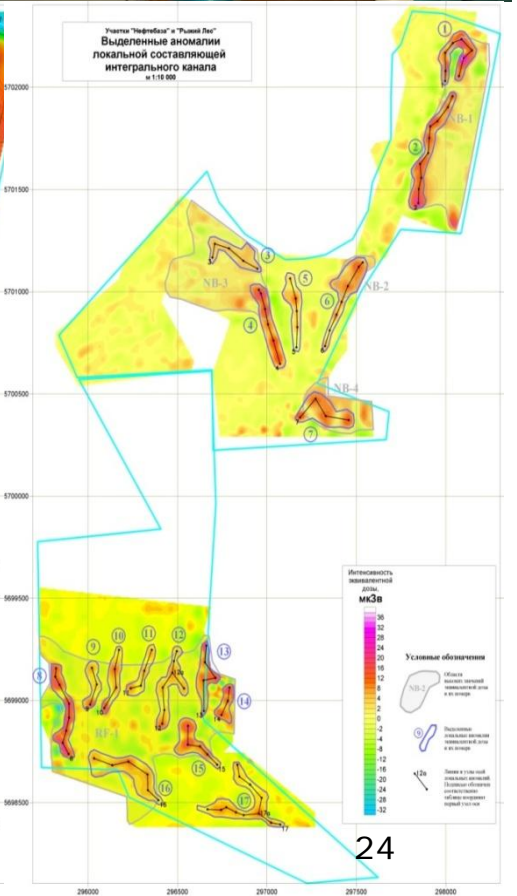
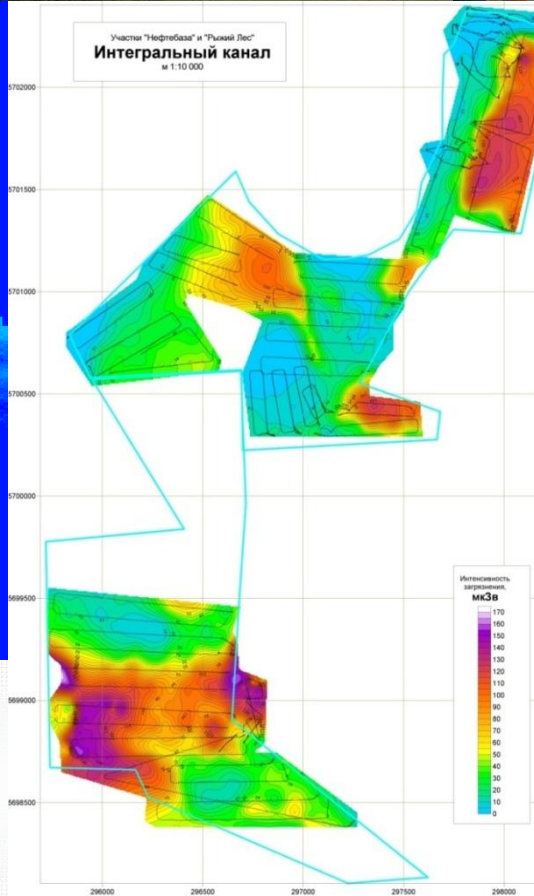
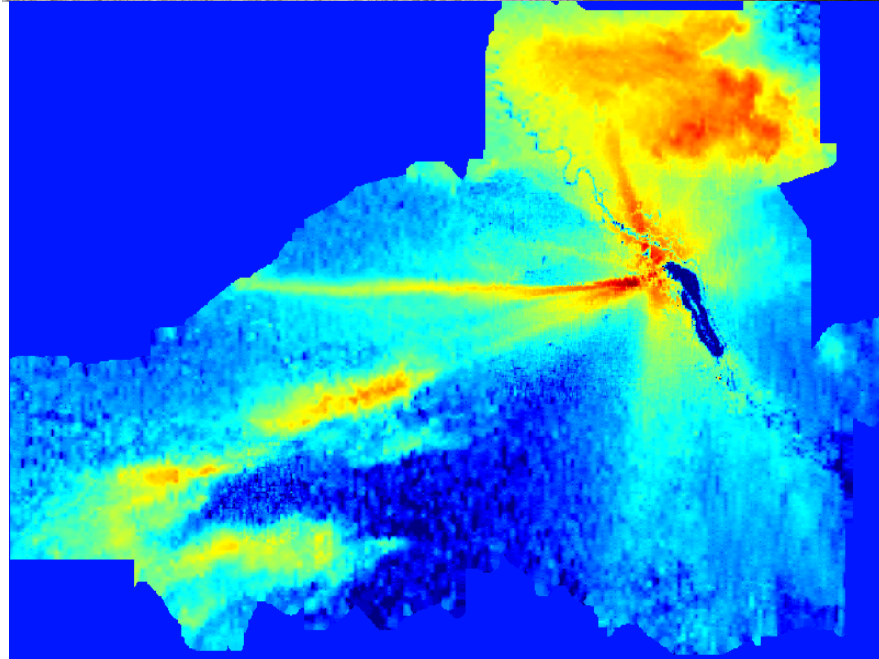
Кореляційний аналіз між радіоактивними викидами АЕС і коливаннями радіаційного фону показав, що з точністю до 95% ці кореляції відсутні, тобто викиди не позначаються на величинах рівнів гамма-фону.



Умовні позначення:





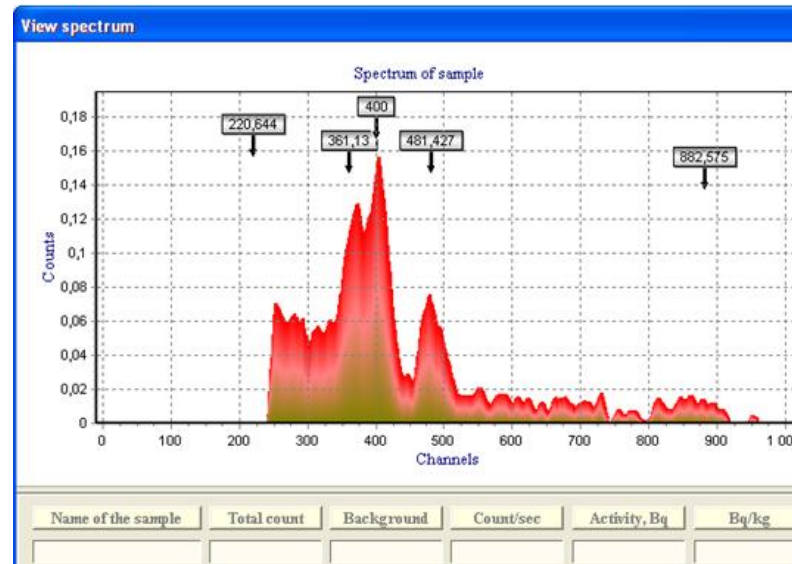


**БПЛА  
з  $\gamma$ - спектрометрическим  
КОМПЛЕКСОМ**

# Спектрометричні комплекси «G-Scrin» і «FoodLight»



Проведення вимірювань персоналу ЧАЕС



Спектр рису, який забруднений  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{134}\text{Cs}$  (привезений із Японії)



## Портативна робоча станція (ПРС) «Вектор-М»



**ПРС «Вектор-М» в Косово**

## **Висновки**

Отримані результати являють собою цілісну систему радіоекологічного моніторингу навколишнього природного середовища державного, регіонального і локального рівнів, яка призначена для вирішення основних завдань управління екологічною безпекою, в т.ч. на об'єктах підвищеної небезпеки.

Така система, побудована на основі передових сучасних науково-технічних досягнень у галузі радіаційної безпеки та радіоекології, здатна визначати критичні джерела й фактори радіаційного впливу на персонал, населення й навколишнє середовище як у штатному режимі роботи об'єктів, так і у випадку аварій на них; оперативно оцінювати процеси первинного та вторинного радіаційного забруднення довкілля; прогнозувати дози та ризики опромінення персоналу та населення, суттєво підвищити рівень готовності до реагування на важкі радіаційні аварії на об'єктах атомної енергетики і промисловості України; забезпечити пріоритетність та підвищити оперативність контрзаходів у випадку можливої радіаційної аварії, в першу чергу на її початковій стадії, і може стати невід'ємною частиною державної системи моніторингу.