Міністерство екології та природних ресурсів України
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ
Вінницький національний технічний університет
ДВНЗ “Національний гірничий університет”
Національний інститут стратегічних досліджень
Інститут проблем природокористування та екології НАН України
Державна установа “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України”

НАУКОВІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ НА ОСНОВІ ДАНИХ АЕРОКОСМІЧНИХ І НАЗЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

БОНДАР Олександр Іванович	МАШКОВ Олег Альбертович
ПАШКОВ Дмитро Павлович	БІЛЯВСЬКИЙ Георгій Олексійович
МОКІН Віталій Борисович	БУСИГІН Борис Сергійович
ІВАНЮТА Сергій Петрович	ЄМЕЦЬ Микола Архипович
КОСТЮЧЕНКО Юрій Васильович	ПЕТРЕНКО Валерій Степанович

Автори роботи

1. **БОНДАР Олександр Іванович** - член-кореспондент НААНУ, доктор біологічних наук, професор, ректор Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

2. **МАШКОВ Олег Альбертович** - доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

3. **ПАШКОВ Дмитро Павлович** - доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

4. **БІЛЯВСЬКИЙ Георгій Олексійович** - доктор геолого-мінералогічних наук, професор, директор міжгалузевого координаційного центру з екологічної освіти для сталого розвитку Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

5. **МОКІН Віталій Борисович** - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Вінницького національного технічного університету.

6. **БУСИГІН Борис Сергійович** - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет”.

7. **ІВАНЮТА Сергій Петрович** - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, головний консультант Національного інституту стратегічних досліджень.

8. **ЄМЕЦЬ Микола Архипович** - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу Інституту проблем природокористування та екології НАН України.

9. **КОСТЮЧЕНКО Юрій Васильович** - кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник державної установи “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України”.

10. **ПЕТРЕНКО Валерій Степанович** - генеральний директор корпорації “Укратомприлад”.

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є розробка наукових і методологічних засад та програмно-технічних рішень щодо створення систем комплексного моніторингу довкілля на основі даних аерокосмічних і наземних досліджень для прийняття управлінських рішень із запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання міжнародних вимог екологічної безпеки.

Задачі дослідження:

- розробка теоретичних і технологічних основ високоефективних інформаційно-аналітичних систем моніторингу довкілля;
- створення програмно-технічних засобів аерокосмічних і наземних досліджень на основі інструментарію геоінформаційних систем для забезпечення комплексного та оперативного збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу максимально достовірної інформації про стан довкілля і прогнозування його змін;
- удосконалення методів екологічного контролю і моніторингу стану промислових підприємств, атомних електростанцій і територій, що знаходяться у зоні їх впливу;
- створення фізико-математичних моделей та методів, спрямованих на визначення ризиків та підвищення рівня екологічної та техногенної безпеки;
- розробка науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень із запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання міжнародних вимог екологічної безпеки.

Актуальність дослідження

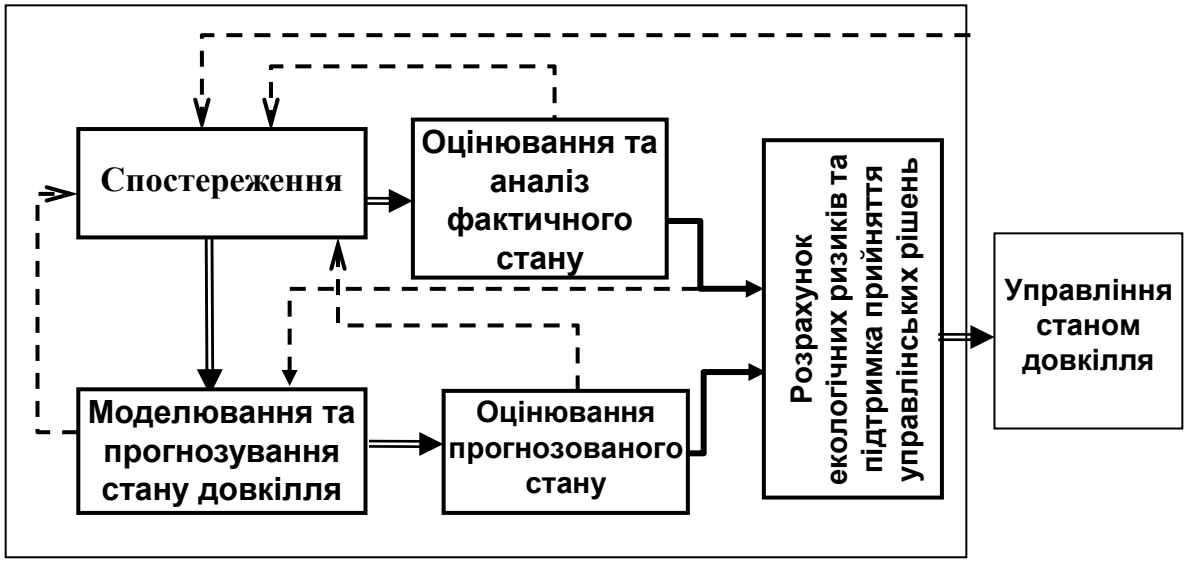
Світовий досвід довів, **що для підвищення якості, достовірності, оперативності, комплексності та ефективності системи моніторингу довкілля** необхідно поєднувати сучасні інноваційні засоби і технології:

- автоматизовані та автоматичні вимірювальні системи;
- аерокосмічні дослідження з використанням як супутників, так і літаків та безпілотних літальних апаратів;
- системи автоматизованої обробки даних дистанційного зондування Землі;
- геоінформаційні аналітичні системи для обробки інформації, з урахуванням закономірностей її зміни і у часі, і у просторі;
- комплексні багаторівневі системи моніторингу і контролю стану довкілля, які забезпечуватимуть інтегрування та комплексний аналіз даних про стан усіх складових довкілля як окремих регіонів, так і усієї країни в цілому з можливістю обміну даними з аналогічними міжнародними системами моніторингу;
- методи та технології аналізу даних моніторингу довкілля та визначення рівня техногенної та екологічної безпеки та ін.

Розробка наукових засад створення та впровадження таких систем, методів і технологій **відповідає загальноєвропейським та світовим підходам** до екологічного управління, а також відповідає **вимогам і директивам Угоди про асоціацію України з ЄС**, тому результати даного дослідження значно розширять можливості міжнародної співпраці України у галузі охорони навколишнього природного середовища та сприятимуть приведенню стану довкілля у відповідність до європейських і світових вимог.

Складові моніторингу довкілля

Система моніторингу довкілля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки (*Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» зі змінами і доповненнями*)

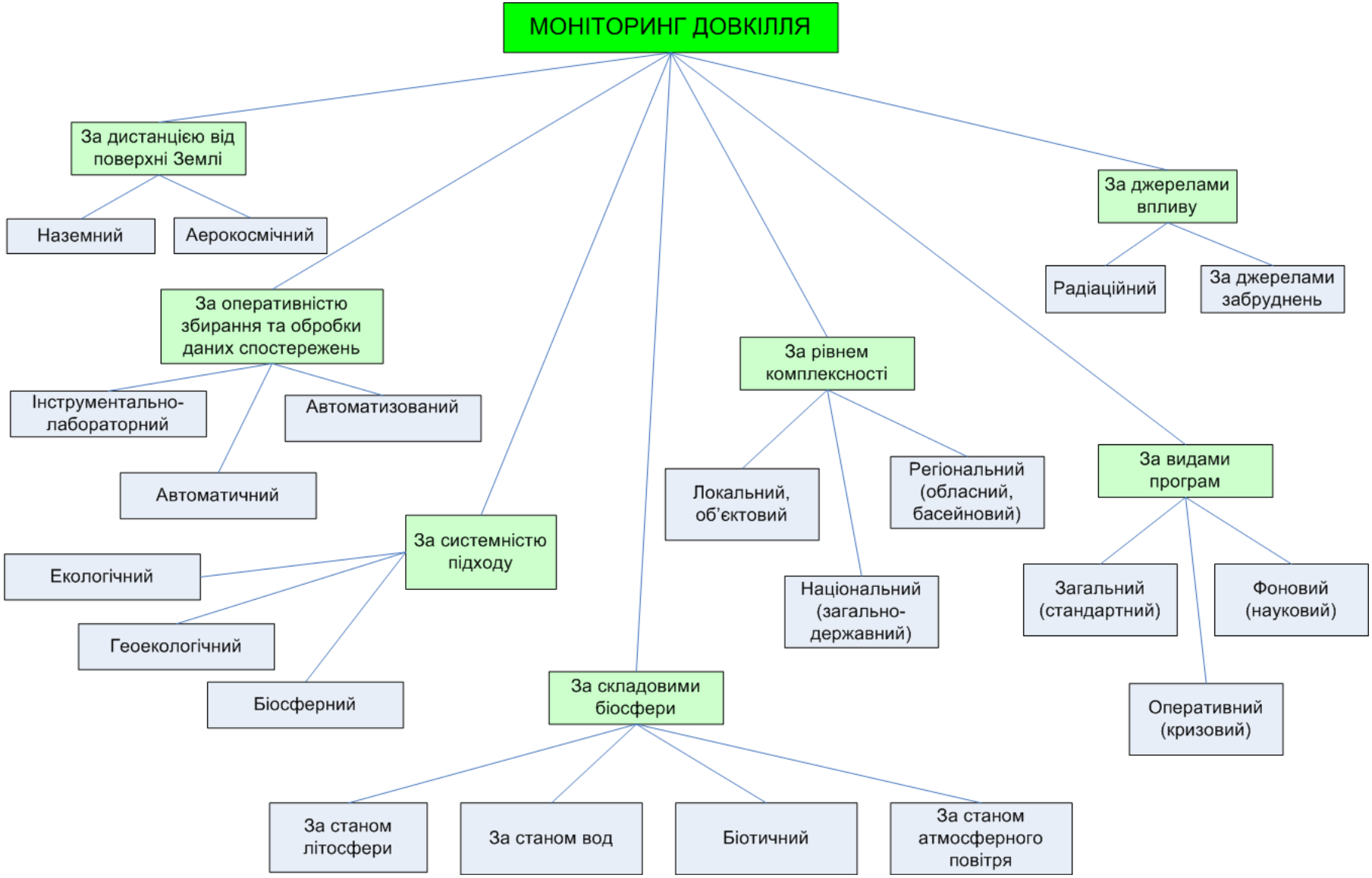


Структура системи моніторингу довкілля

– прямий зв’язок

– зворотний зв’язок

Види моніторингу довкілля, охоплені дослідженням



Єдина автоматизована система Державної екологічної інспекції для моніторингу та контролю стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення та аналізування (АСУ «ЕкоІнспектор»)

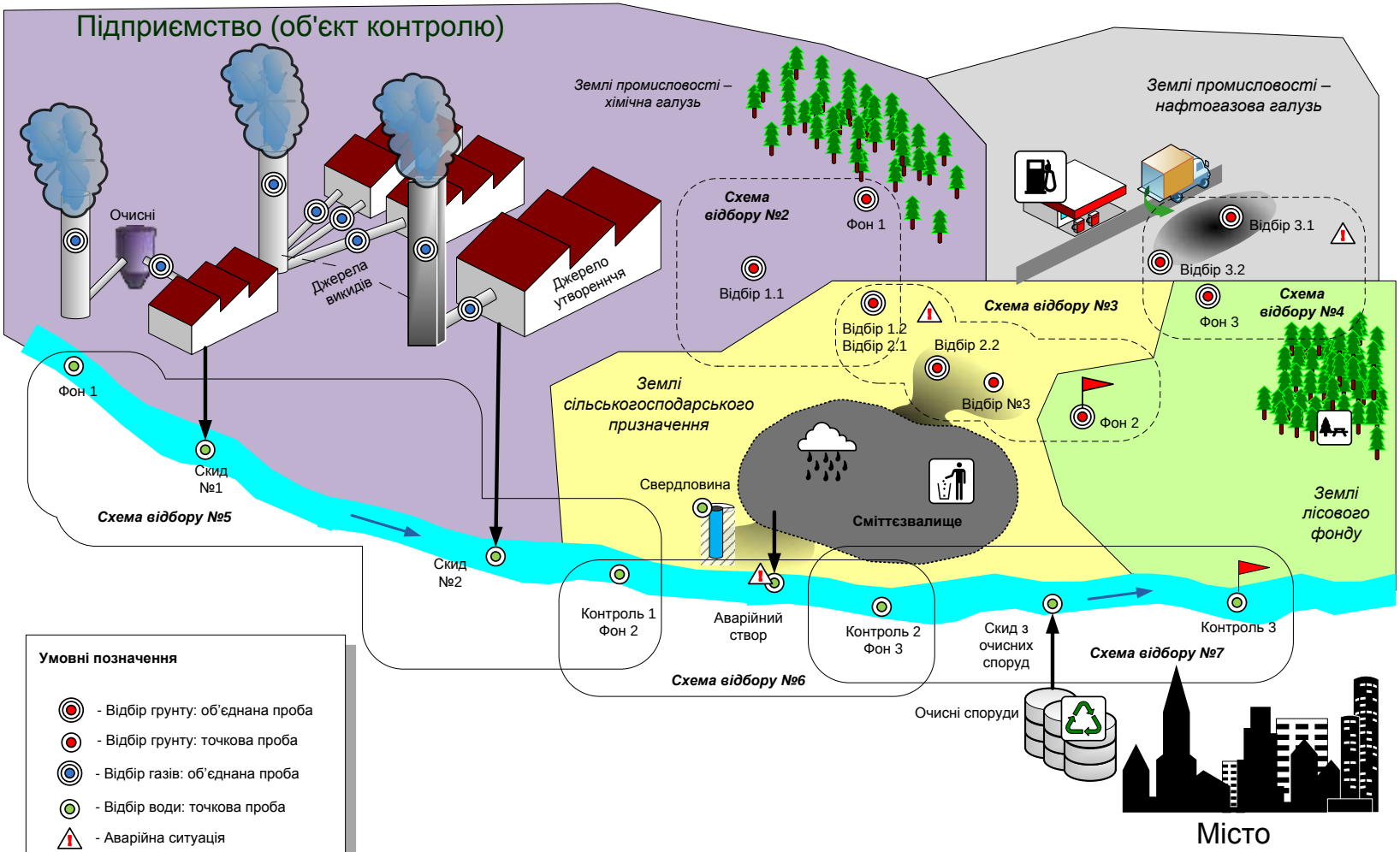
АСУ “ЕКОІНСПЕКТОР”
2005-2009

НА ЗАМОВЛЕННЯ ДЕРЖЕКОІНСПЕКЦІЇ УКРАЇНИ

Була впроваджена протягом 2005-2009 рр.
в держекоінспекціях усіх областей України, АР Крим, та міст Київ і Севастополь

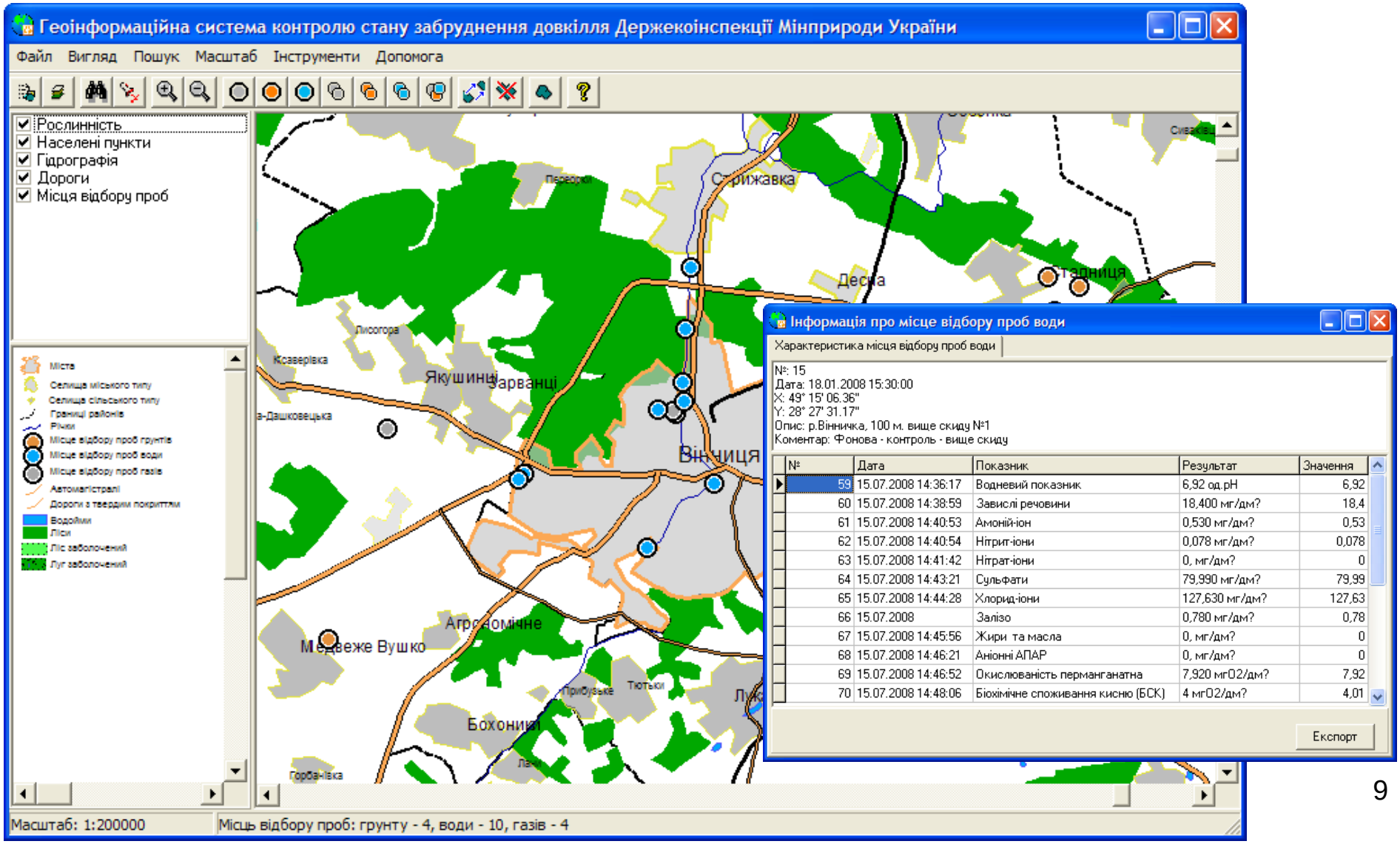
Є версія для підприємств – впроваджена у ПАТ «Мотор Січ», ПАТ «Волинь-цемент»

Схема комплексного екологічного моніторингу та контролю регіону (збирання та оброблення усіх цих даних автоматизовано в АСУ «ЕкоІнспектор»)

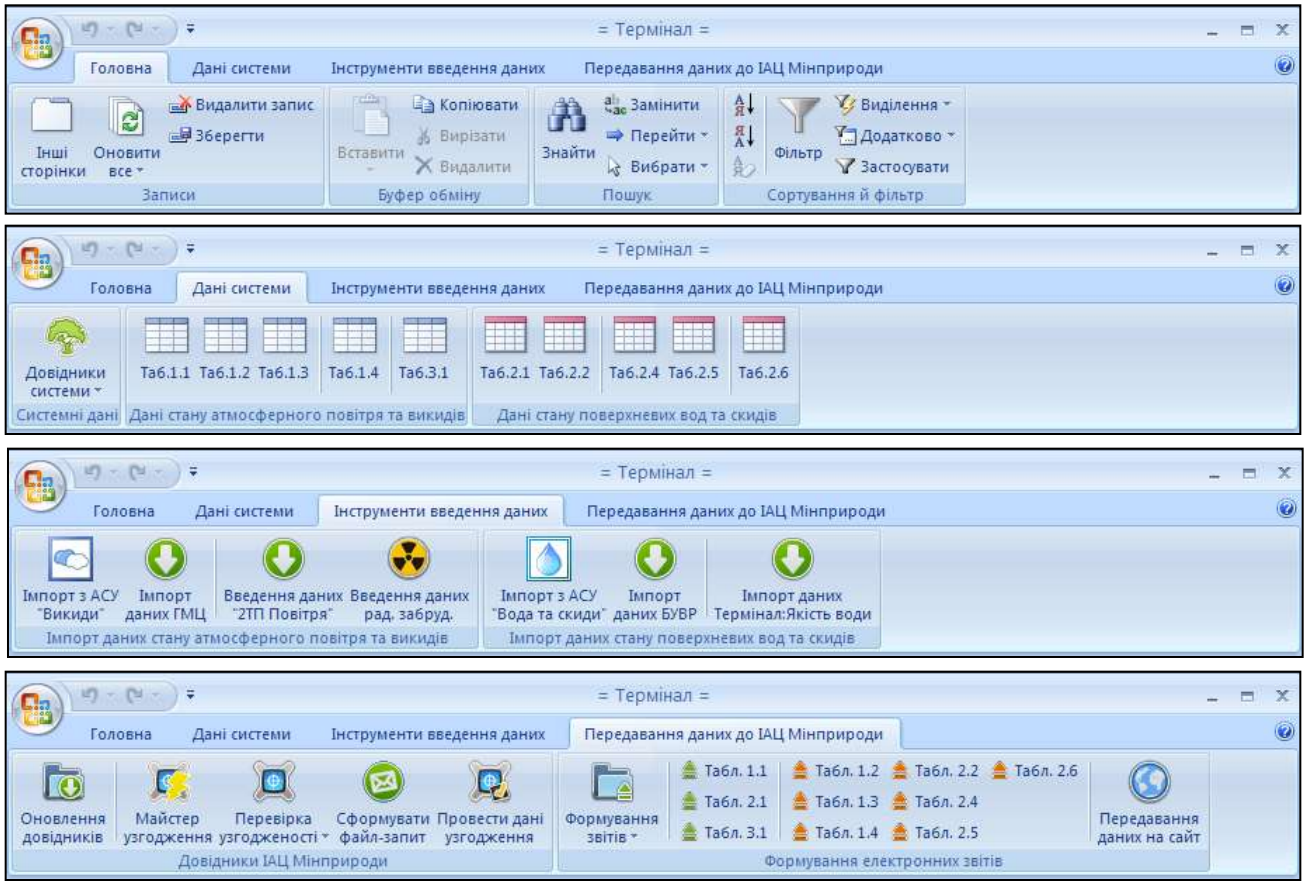


На основі нормативної бази ДЕІ України, 2009 р.

Геоінформаційна система для відображення результатів комплексного екоінспекційного контролю стану забруднення довкілля Держекоінспекції України

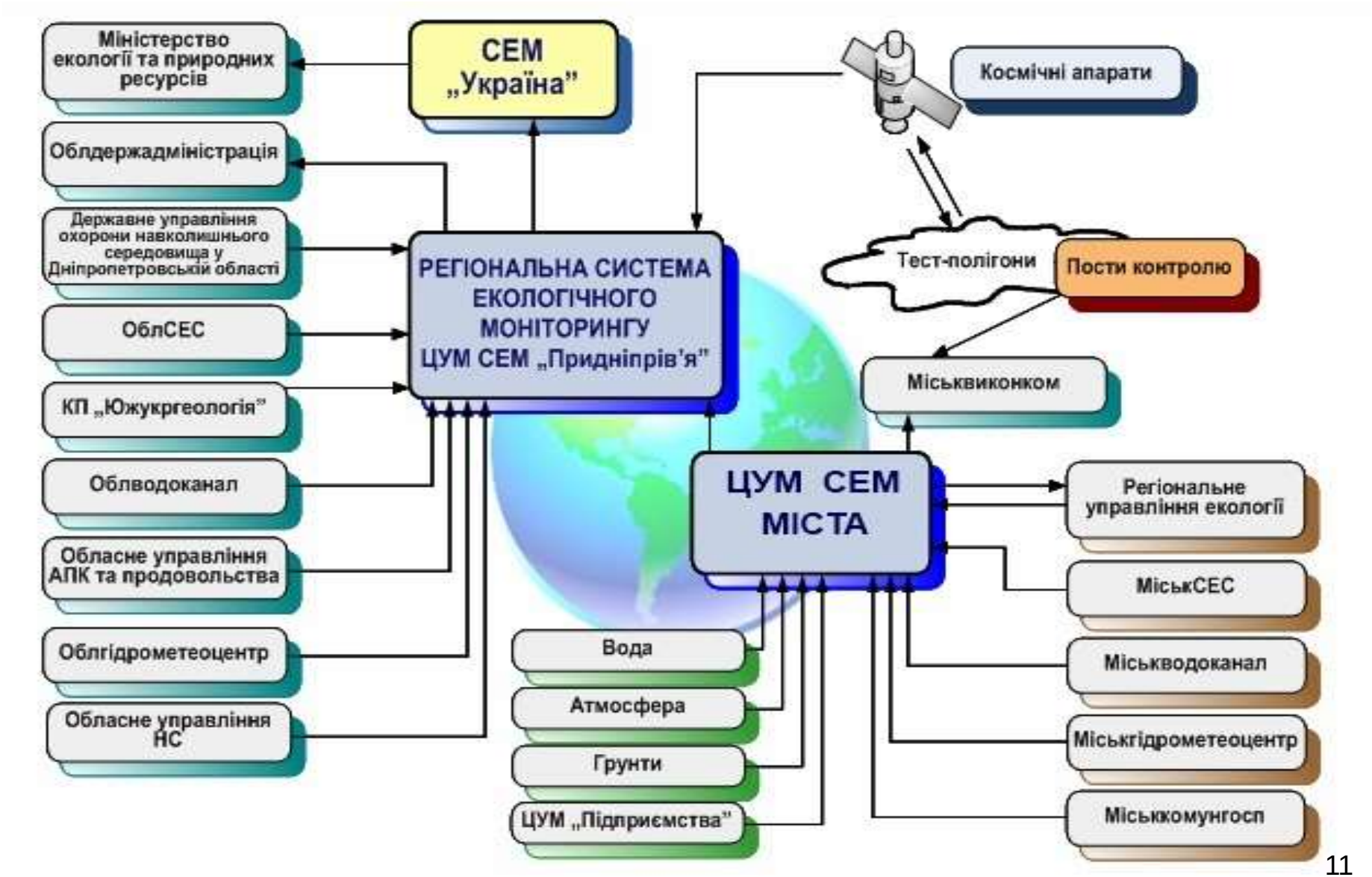


АРМ для інформаційно-аналітичних центрів системи державного моніторингу України регіонального рівня

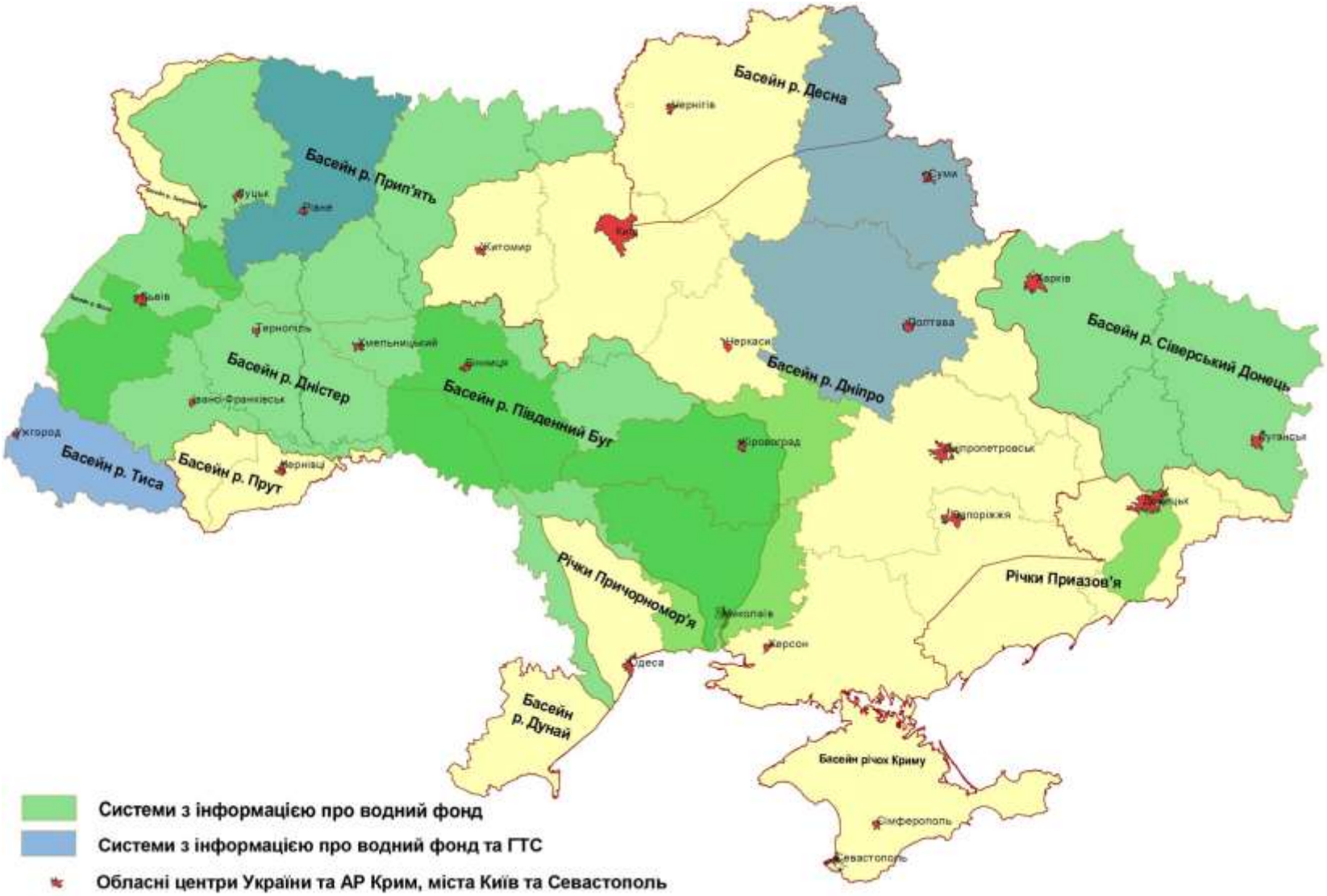


Панель інструментів АРМ «Термінал» для інформаційно-аналітичних центрів (ІАЦ) системи моніторингу регіонального рівня для здійснення функцій інформаційного обміну аналітичних підрозділів суб’єктів моніторингу довкілля з регіональними ІАЦ системи моніторингу довкілля та регіональних ІАЦ із загальнодержавним банком даних ІАЦ Мінприроди згідно наказу від 26.04.2007 № 218 – *створено на замовлення ТОВ «ЕР-ДЖІ-ДЕЙТА» та Мінприроди , 2009-2010 рр.*

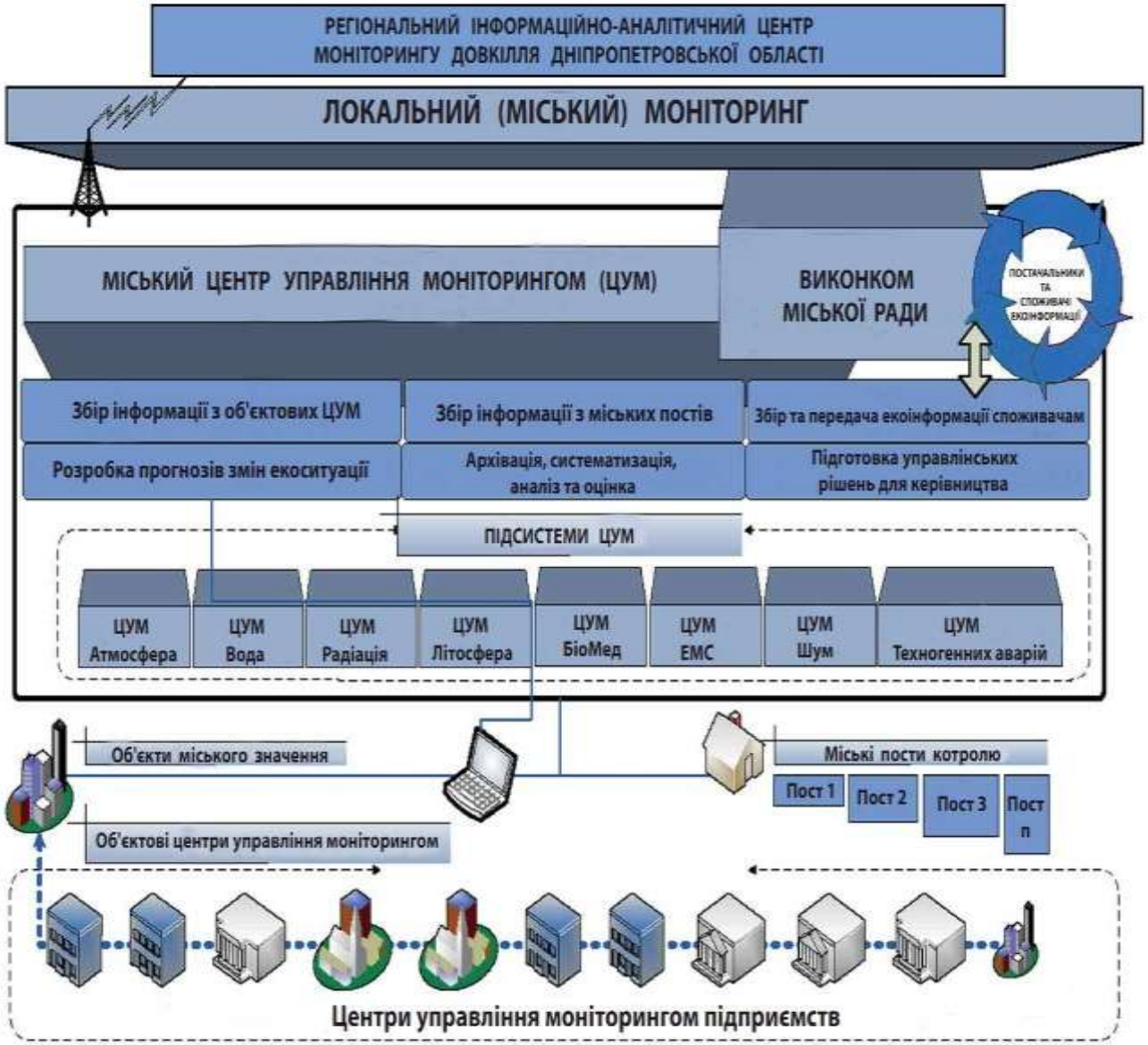
Структура регіональної системи моніторингу довкілля



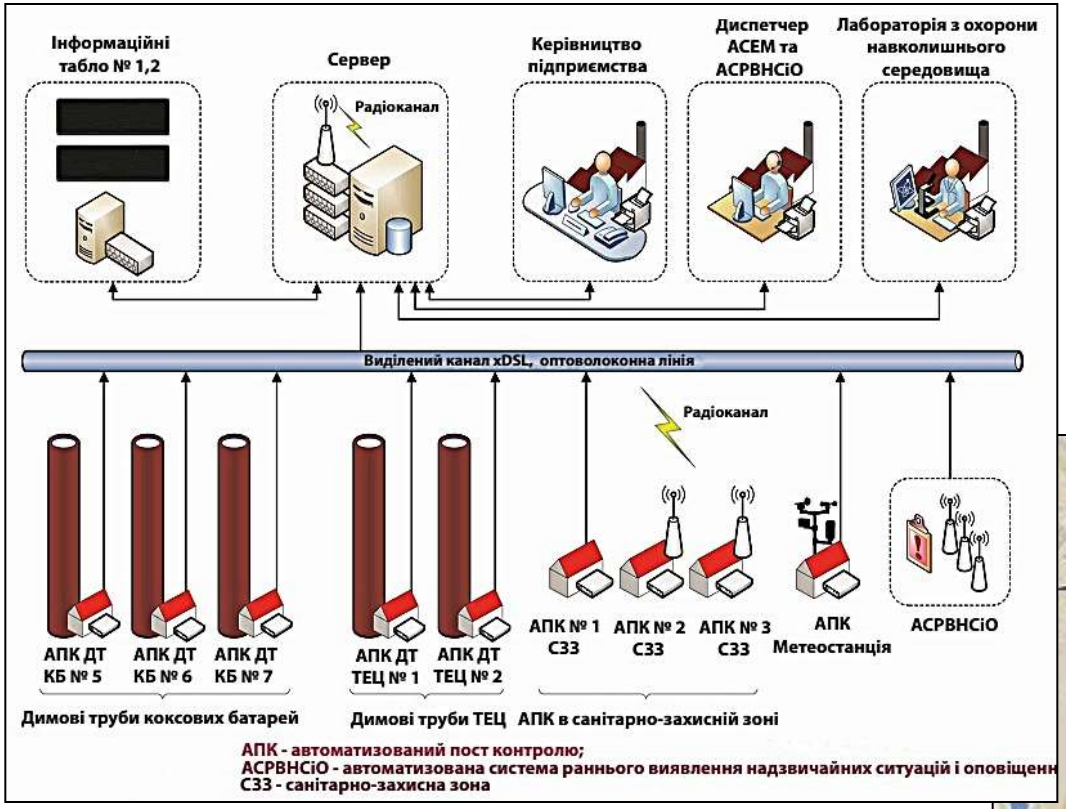
Впроваджені Геоінформаційні системи моніторингу та підтримки прийняття рішень з управління водними ресурсами басейнів та областей України

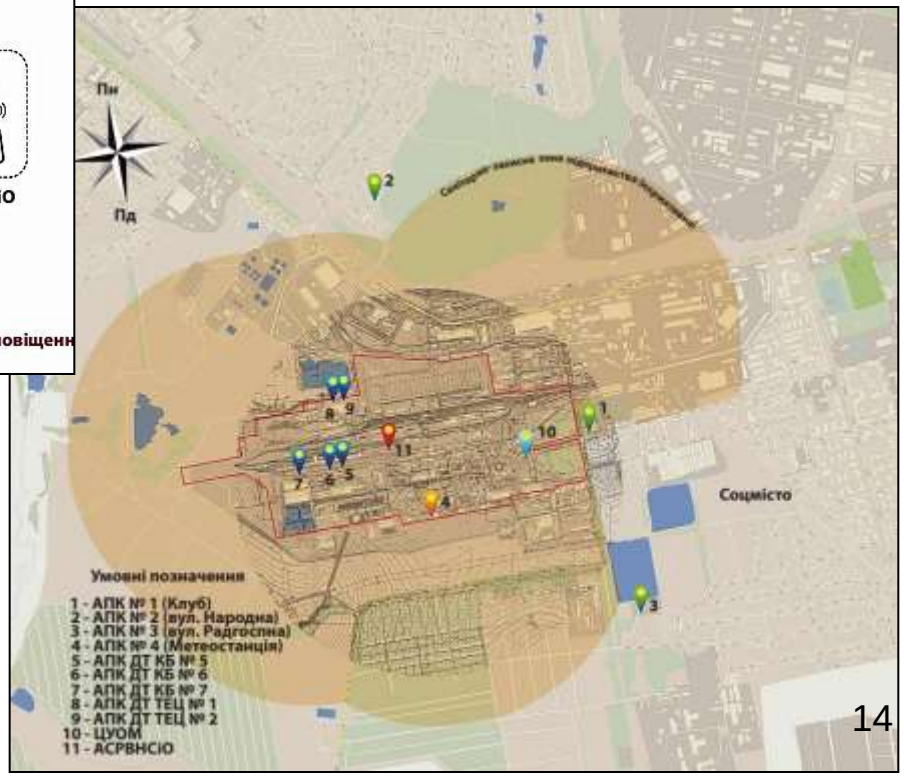


Загальна схема локального (міського) моніторингу довкілля міст Дніпродзержинськ та Жовті Води



Автоматизована система екологічного моніторингу ПАТ «ЄВРАЗ Баглійкокс»





Автоматизована система контролю радіаційної обстановки
(ТАСІС U4.01/03S, 2006-2007 рр.)

Автоматизовані пости контролю

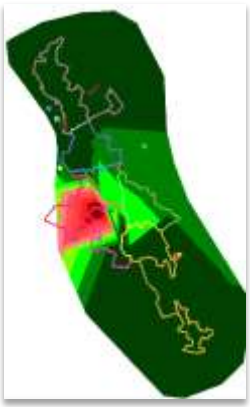
Центральний пост контролю в м.Чорнобиль

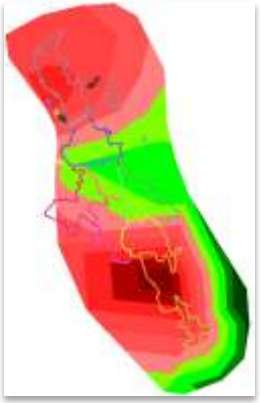
Система складається з 39 стаціонарних постів контролю ПЕД гамма-випромінювання, 18 постів відбору проб повітря, одного поста контролю аерозолів, однією метеостанції і центрального поста.

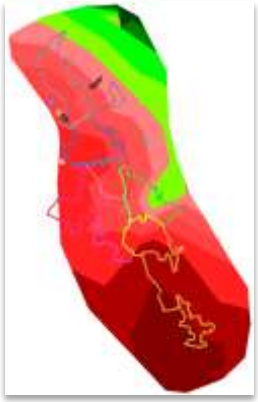
Устаткування системи об'єднано в мережу по радіоканалу (ПЕД гамма-випромінювання) і по кабельних лініях (АУРА-02 та інше обладнання), інформація надходить в єдиний центральний пост контролю (ЦПК) у м. Чорнобиль, де автоматично проводитися збір, попередній аналіз, обробка та збереження даних.

Екологічна ГІС м. Кривий Ріг

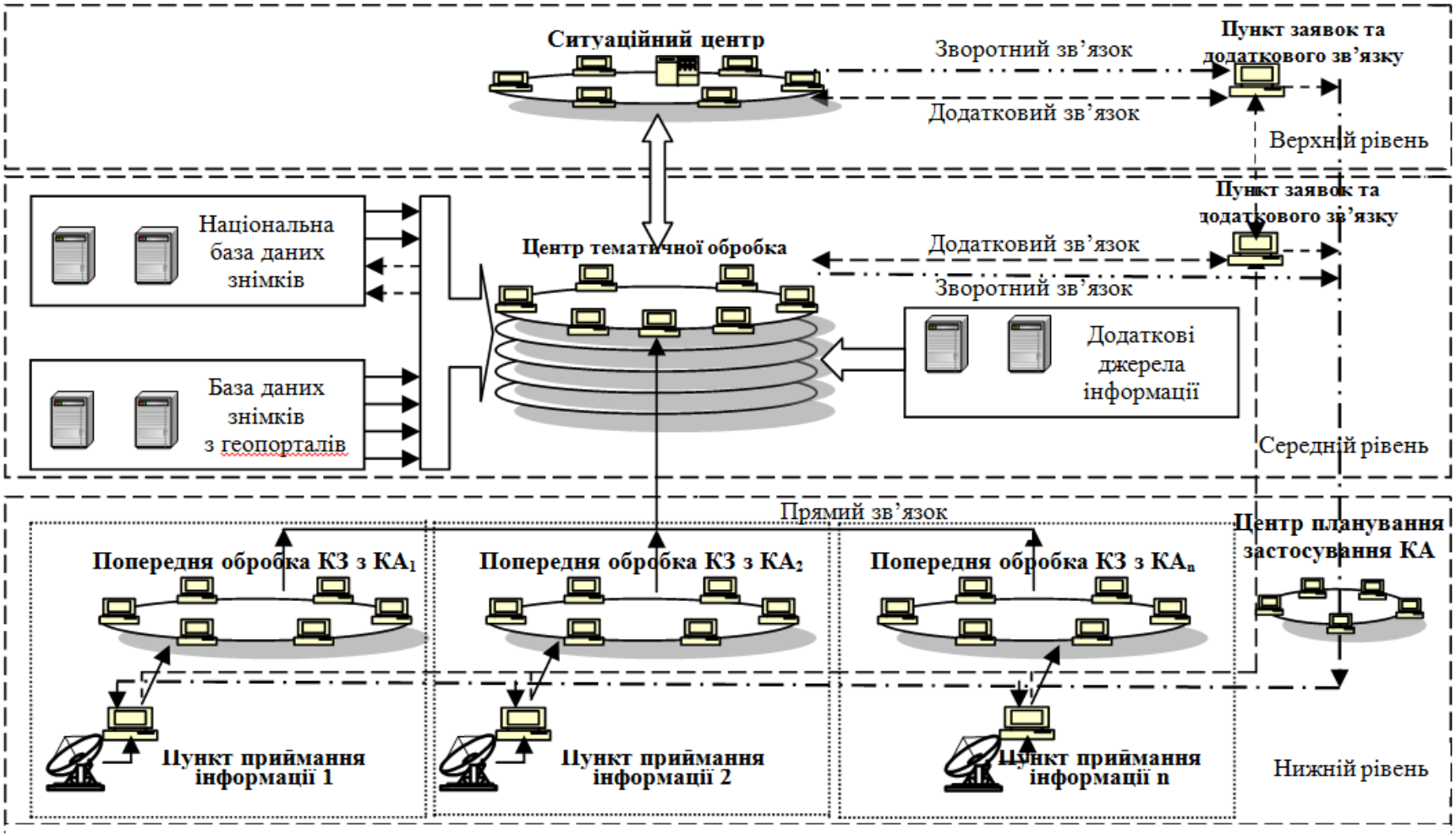
АРМ ЕКОЛОГА - Панель задач для одночасної роботи з екологічною картою та функціональними базами даних складових довкілля



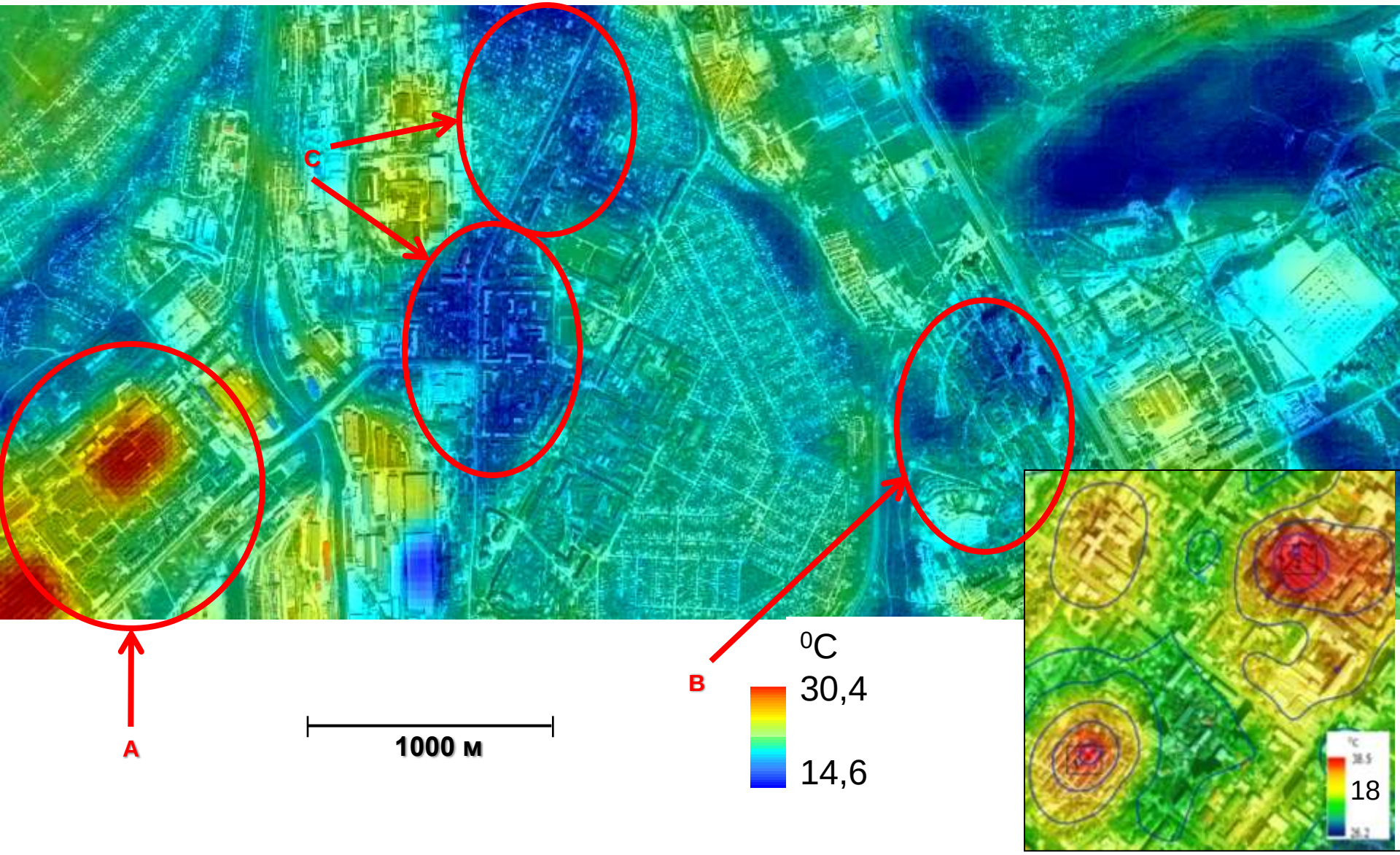




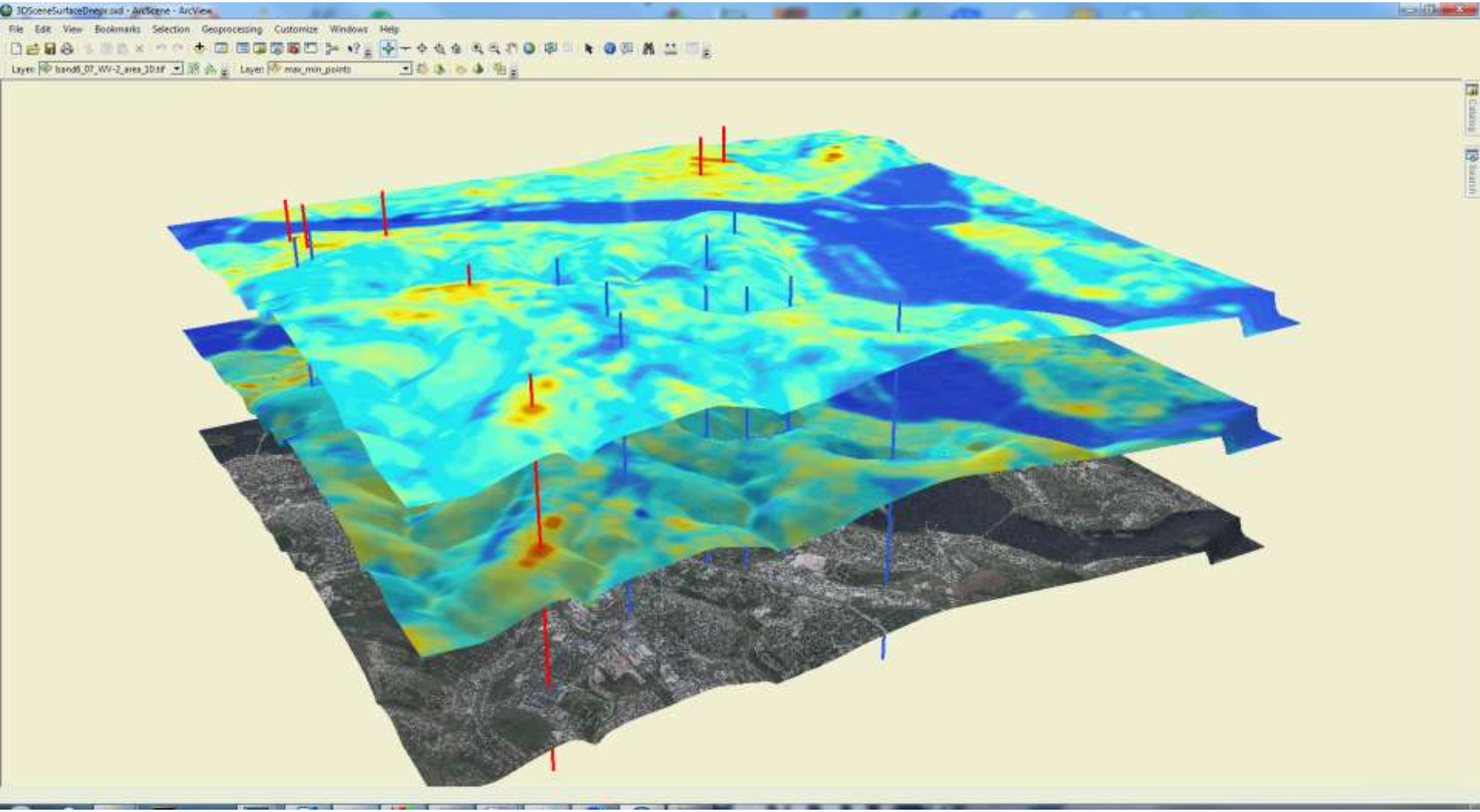
СТРУКТУРНА СХЕМА ІНФРАСТРУКТУРИ КОМПЛЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ТА НАЗЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Фрагмент карти для ідентифікації об’єктів за температурними аномаліями

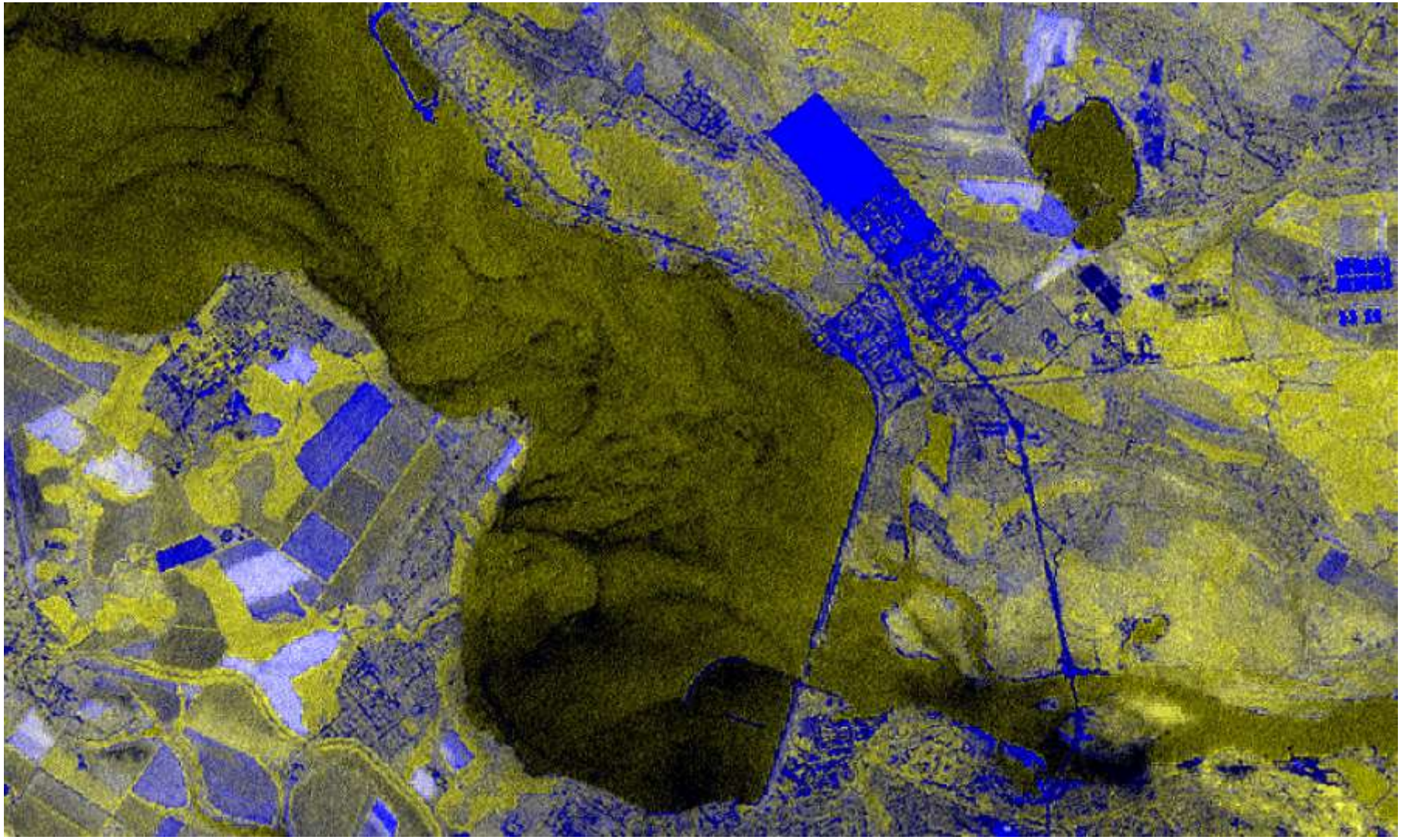


Пошарове подання дешифрованих карт за різні дати для більш точної ідентифікації параметрів об'єктів (на прикладі м. Дніпропетровськ)

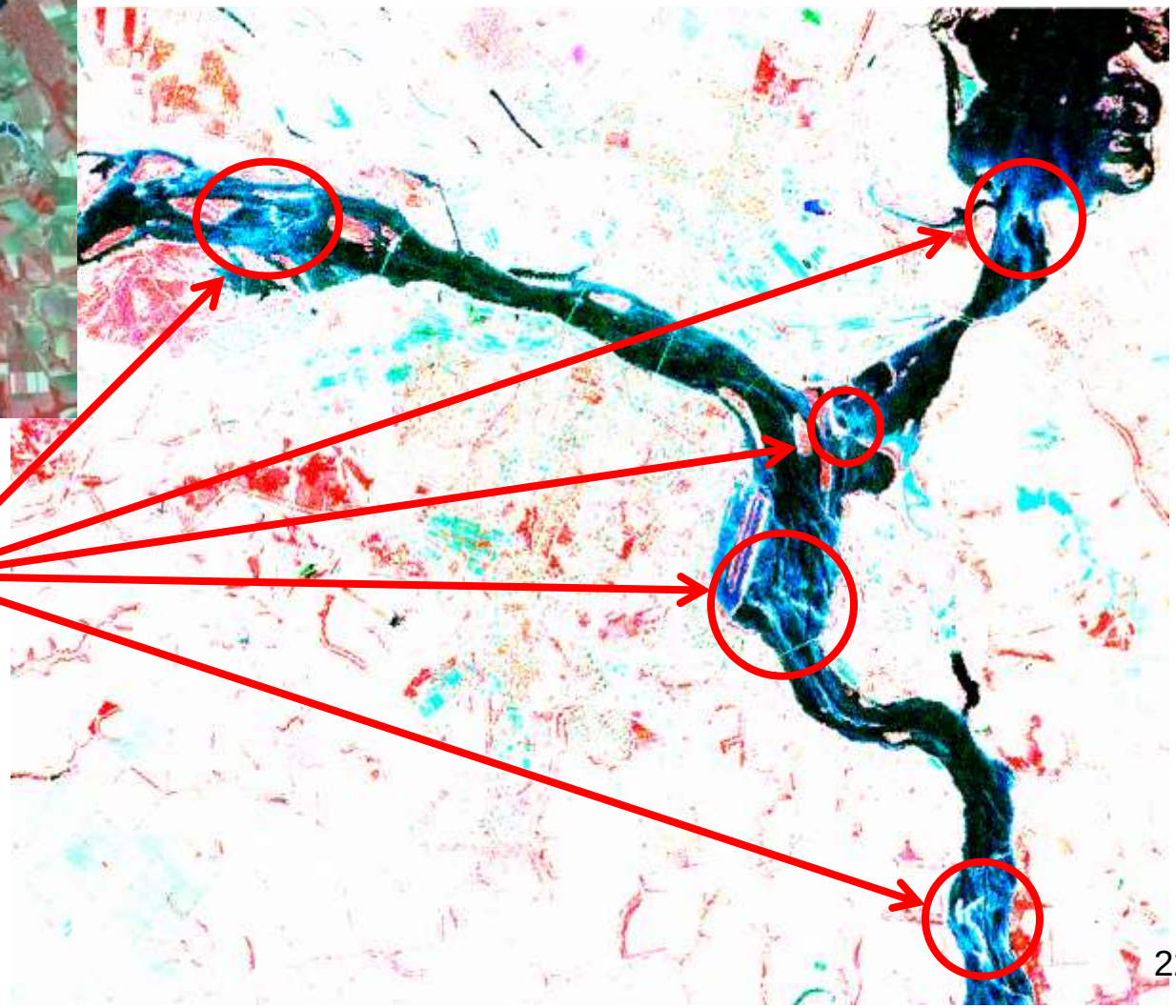


Ідентифікація місць розташування сміттєзвалищ за даними аерокосмічних досліджень

Визначення зон забруднення річки в період цвітіння за синтезованим кольоровим знімком Landsat



Ідентифікація найбільш забруднених ділянок річки за даними аерокосмічних досліджень, Landsat



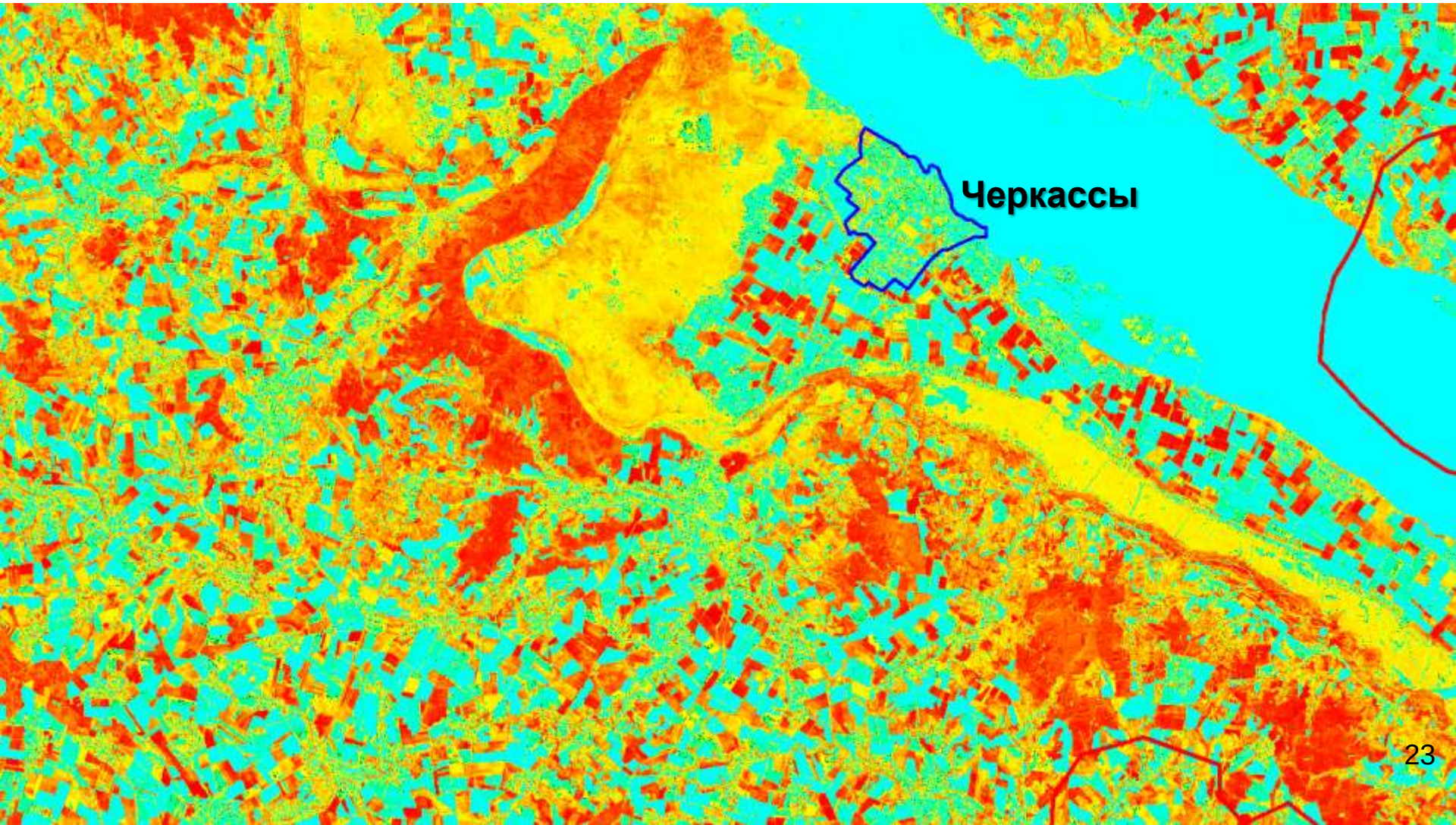
Найбільш забруднені ділянки

Аерокосмічний біотичний моніторинг стану рослинності (фрагмент карти NDVI)

– здорова, щільна рослинність

– розріджена рослинність

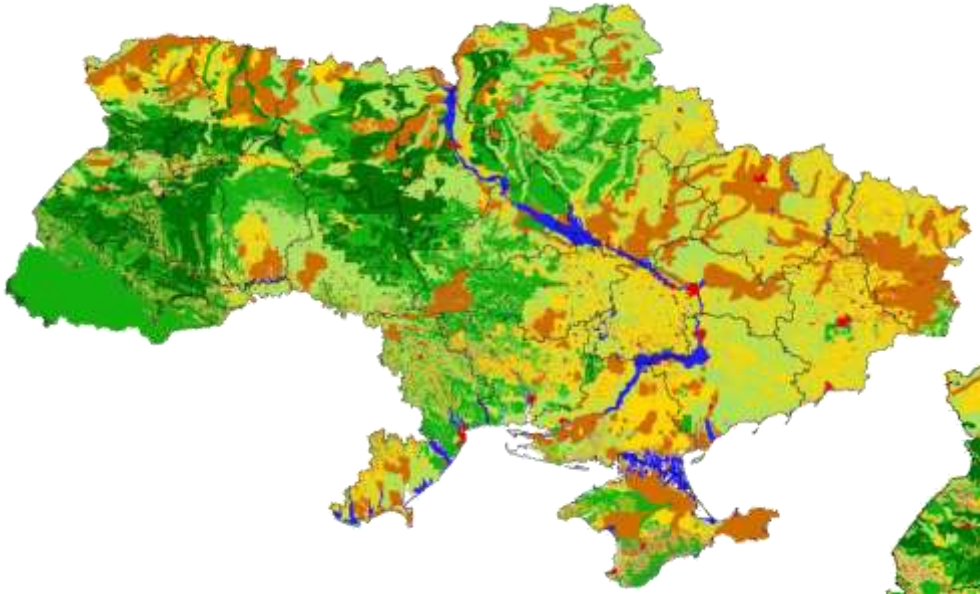
– вода, відкритий ґрунт



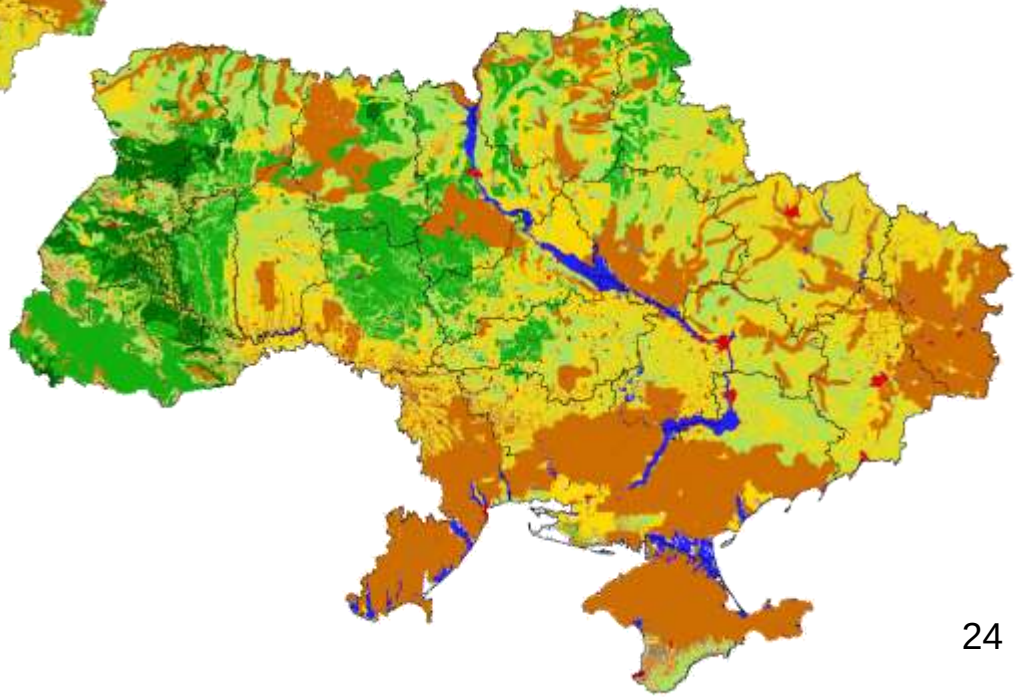
Розрахунок екологічних ризиків за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)

Перспективна оцінка зміни біологічної продуктивності ландшафтів за даними ДЗЗ та кліматичного моделювання

Сценарний розрахунок ризику втрат біологічної продуктивності ландшафтів на 2025 р.



Сценарний розрахунок ризику втрат біологічної продуктивності ландшафтів на 2050 р.

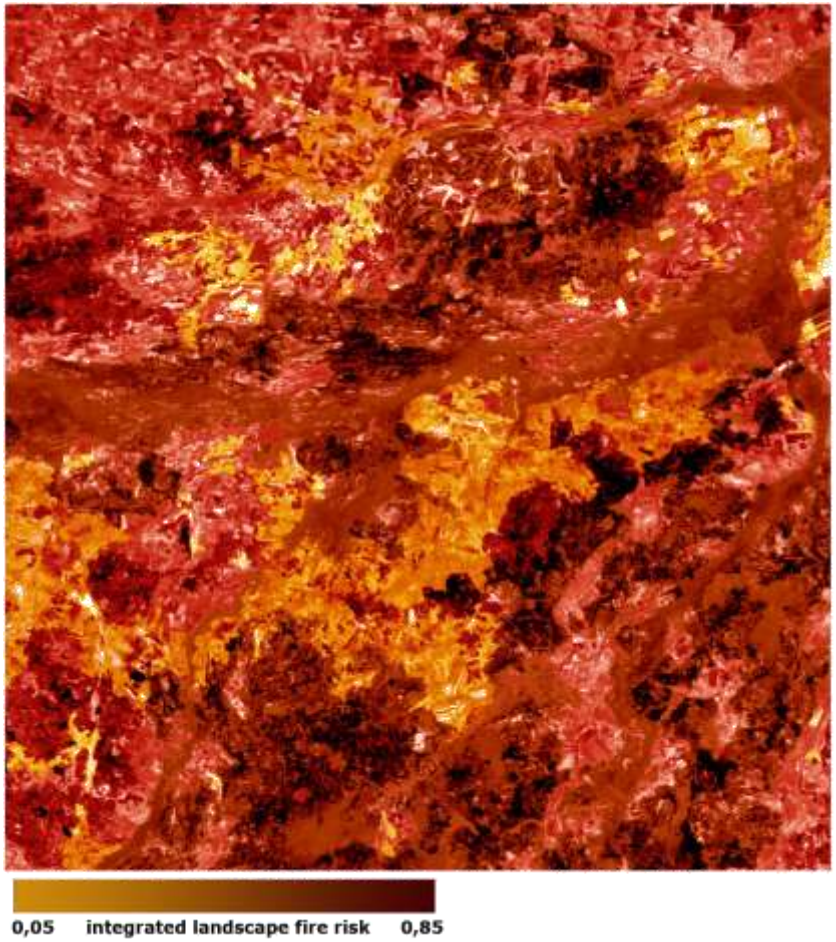


Ризик втрат біопродуктивності

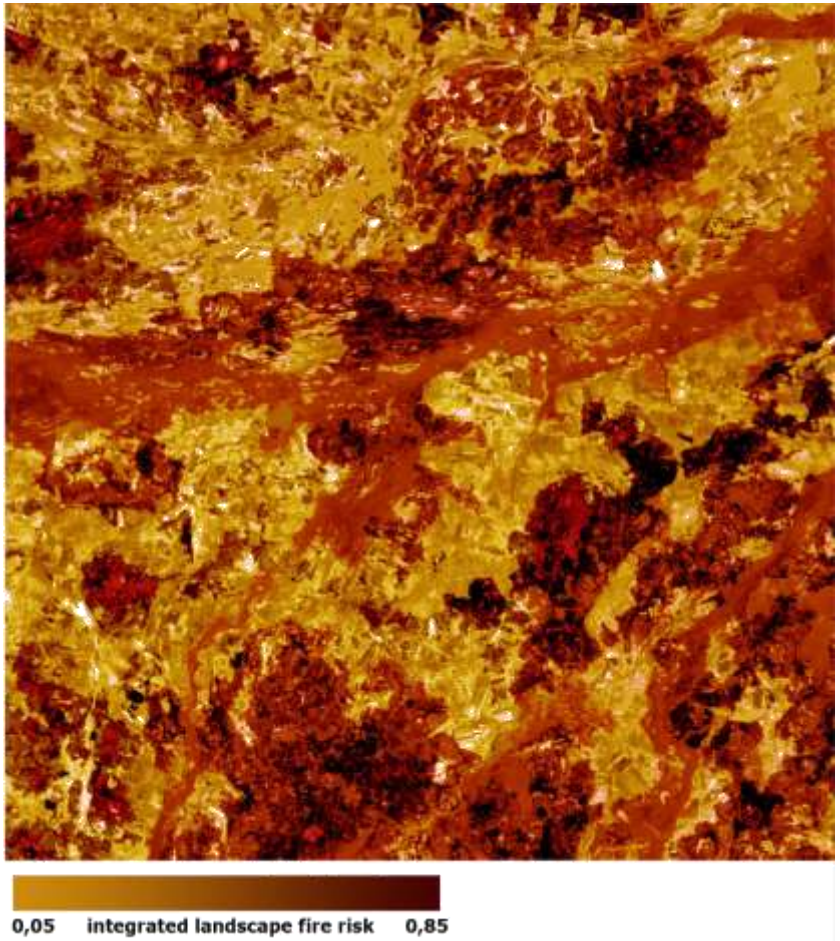
- < 0,25
- 0,3
- 0,5
- 0,6
- >0,7
- Забудовані території
- Водна поверхня

Розрахунок ризиків ландшафтних пожеж за даними ДЗЗ

Локальний розподіл ризиків: басейн рр. Прип'ять і Стохід



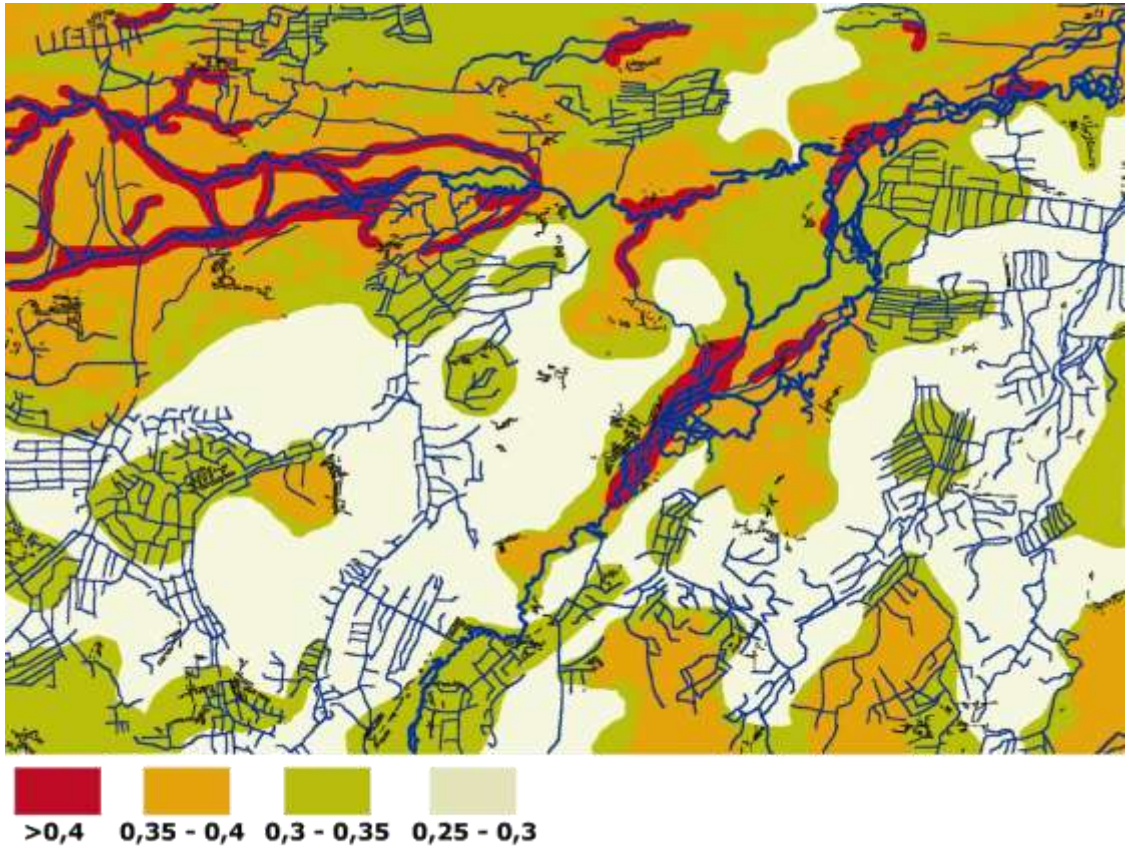
Ризик ландшафтних в басейні р. Прип'ять станом на липень - серпень 2006 р. за даними Landsat ETM. Середнє значення ризику становить 0,38



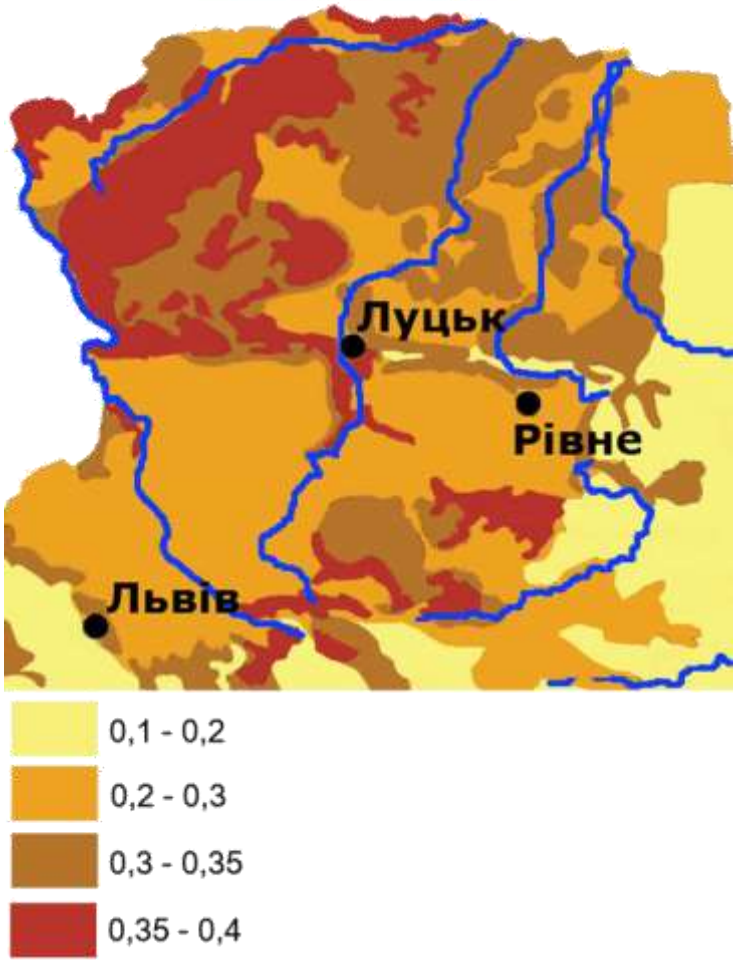
Ризик ландшафтних в басейні р. Прип'ять станом на липень - серпень 2007 р. за даними Landsat ETM. Середнє значення ризику становить 0,26

Розрахунок ризиків підтоплень за даними ДЗЗ

Локальний розподіл ризиків: басейн рр. Прип'ять і Стохід



Регіональний розподіл ризиків

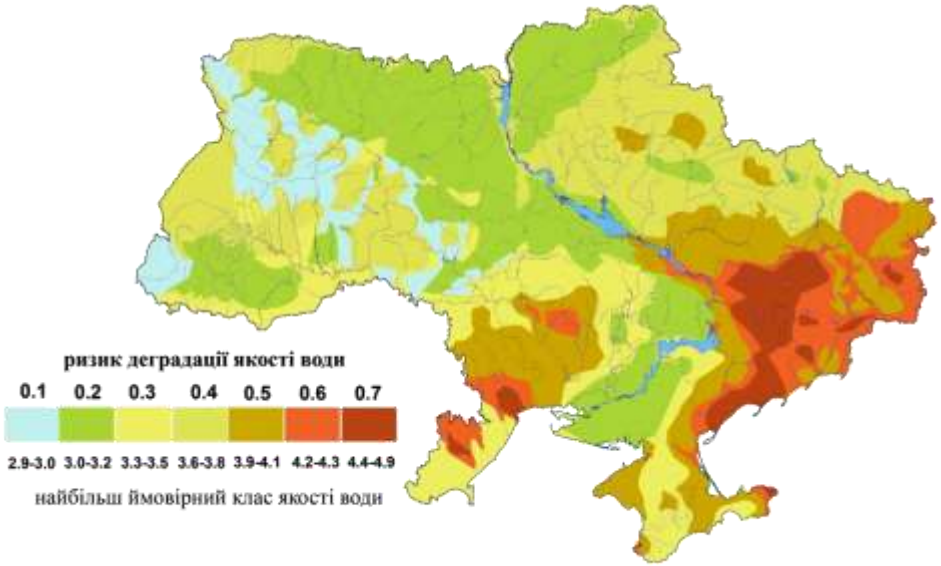


Наведені ризики оцінено в термінах **ймовірності виникнення негативних наслідків** події на **період в 1 рік**. Значення ризику 0,5 означає, що за умов достовірного перевищення середнього рівня сезонних варіацій опадів (інтегральне перевищення місячної норми більш як на 50%, тобто від 95 – 100 мм), або відповідно стоку (від 0,2 м3/сек·км2 території водозбору, що відобразиться в перевищенні рівня води в річках від 1 до 1,8 м) у відповідному місці буде зафіксовано випадок підтоплення (підвищення рівня води на 0,3 – 0,8 м) протягом року. Тобто ризик 0,5 за наявних кліматичних тенденцій практично означає щорічне підтоплення будь-якого рівня з вірогідністю 0,86.

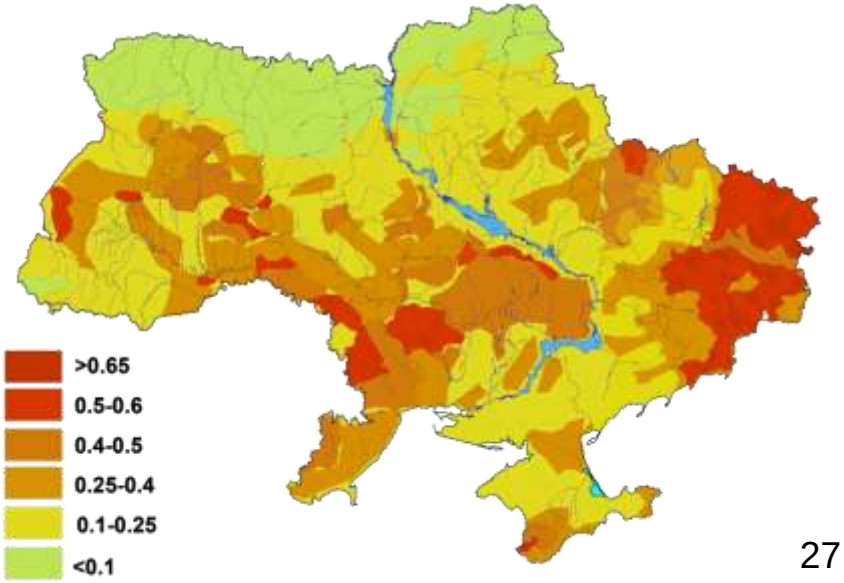
Розрахунок екологічних ризиків за даними ДЗЗ

Оцінка ризиків забруднення водних об'єктів суходолу та ґрунтів за даними ДЗЗ та наземних вимірювань

Інтегральний ризик забруднення поверхневих вод промисловими і сільськогосподарськими забруднювачами



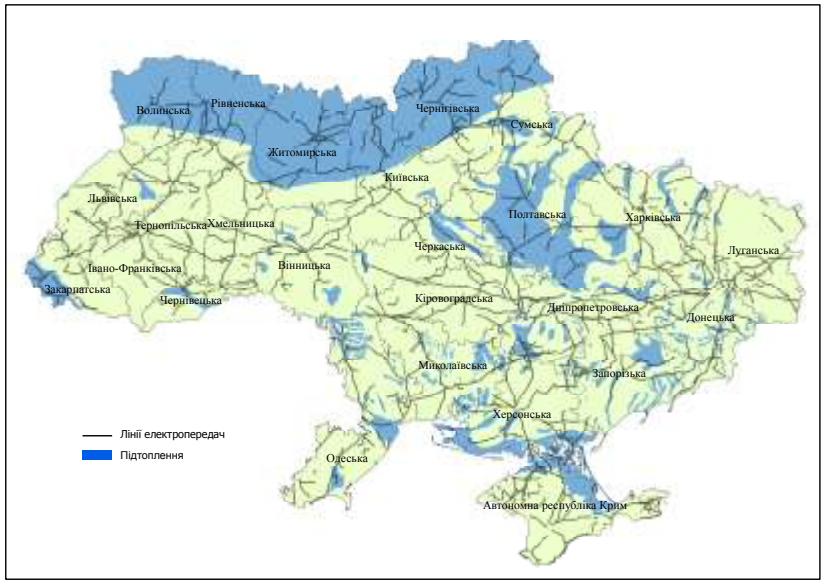
Інтегральний ризик забруднення ґрунтів промисловими і сільськогосподарськими забруднювачами

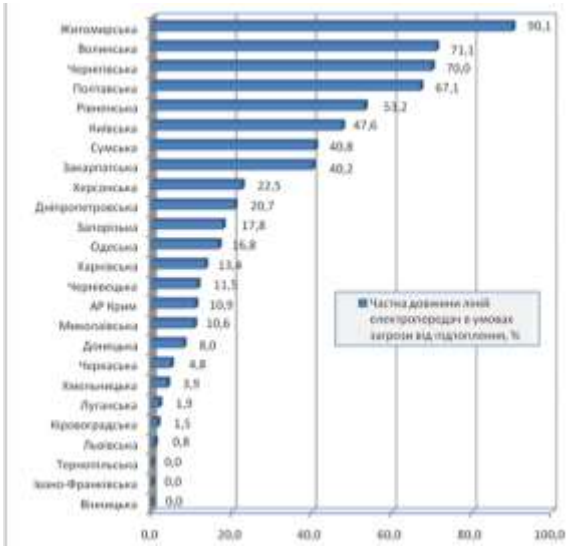


Розрахунок ризику забруднення поверхневих вод та ґрунтів здійснений за даними супутникових спостережень MODIS, MISR та AIRS 2002-2014, завірених за даними польових спектрометричних спостережень, сітка моделі 50x50 км

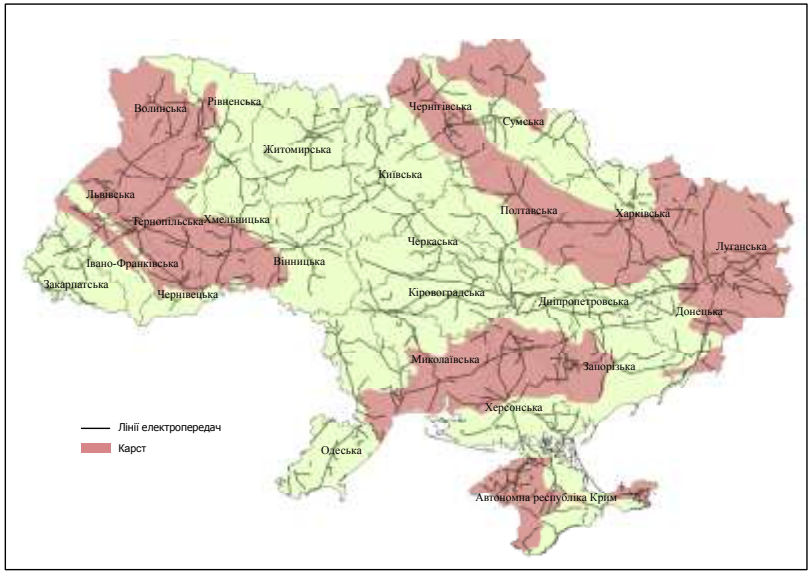
Оцінювання ризиків стану екологічної та природно-техногенної безпеки

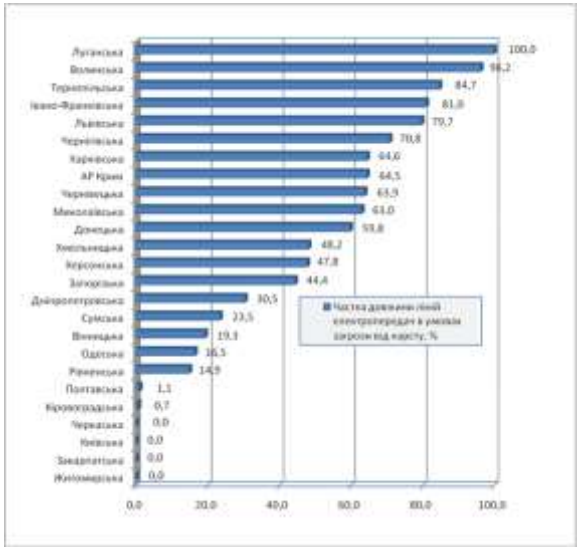
підтоплення





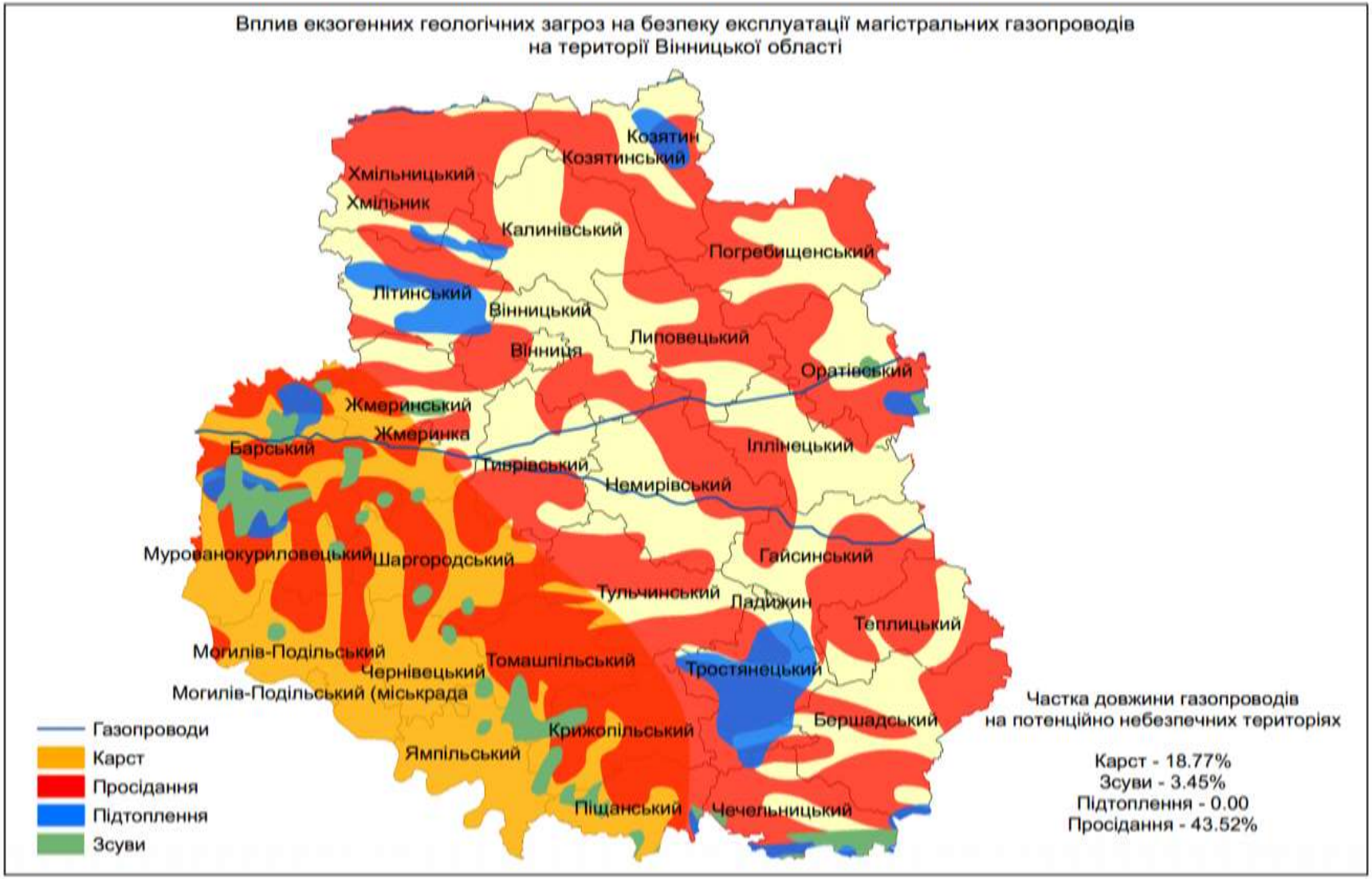
карст



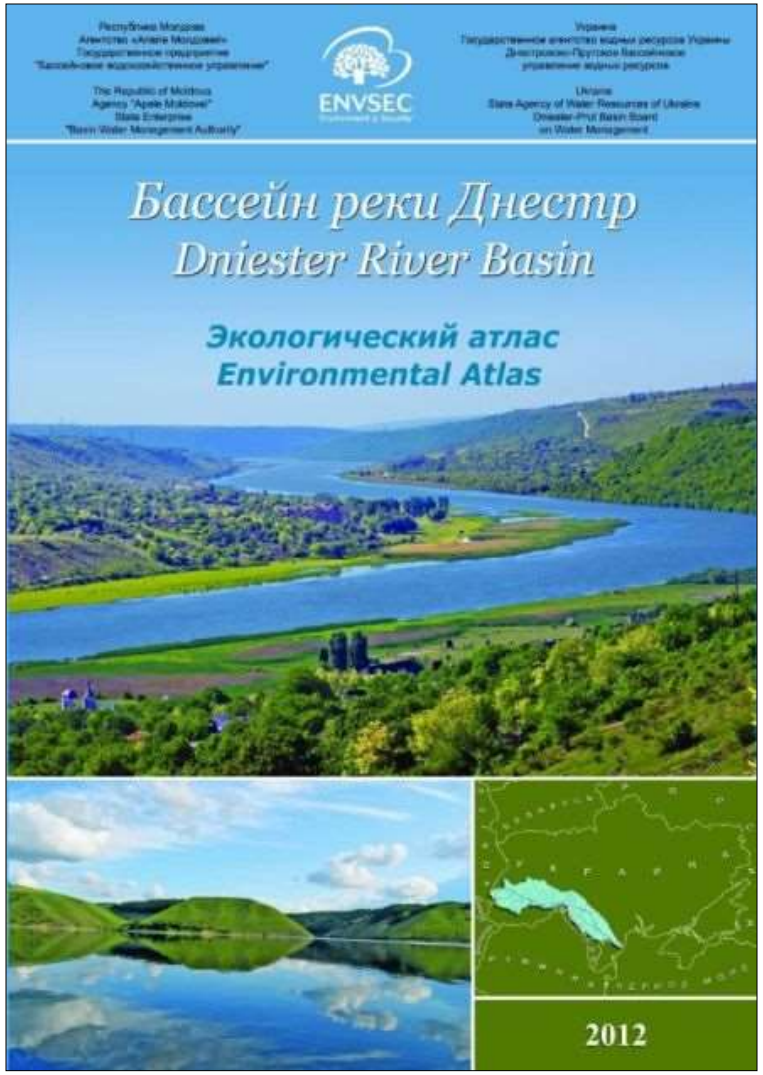


Оцінювання впливу довкілля на безпеку об'єктів інфраструктури України

(пораховано для різних загроз та об'єктів усіх областей України)



Екологічні атласи, створені за участю авторів



http://dniester.grida.no/images/docs/AtlasDniester2012.pdf
http://mmss.vntu.edu.ua/index.php/ua/atlasi-ta-karti

Висновки

1. Вперше запропоновані моделі та технології створення і реалізації **єдиної системи комплексного моніторингу довкілля загальнодержавного, регіонального та об'єктового рівнів,** які забезпечують інтегрування і використання наземних автоматизованих і автоматичних вимірювальних систем, результатів аерокосмічних досліджень стану довкілля, єдиних принципів у формалізації та створенні інформаційних моделей об'єктів довкілля та підсистем, у т.ч. геоінформаційних аналітичних підсистем та підсистем підтримки прийняття рішень. Створено та впроваджено такі системи на загальнодержавному, регіональному та об'єктовому рівні.

2. Розроблено та успішно апробовано в Україні **нові методи оцінювання стану довкілля та техногенно-антропогенного впливу на нього** з використанням інформаційних технологій, даних дистанційного зондування Землі та фізико-математичного і геопросторового моделювання.

3. Вперше створено **геоінформаційні моделі гідрографічного та водогосподарського районування басейнів річок України** відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС, необхідність створення та затвердження якого вимагається і в Угоді про асоціацію України з ЄС, що дозволяє оптимізувати програми моніторингу водних геоекосистем України задля забезпечення вимог їх екологічної безпеки та оптимізації процесу водокористування у них. Удосконалено технологію автоматизованої побудови водогосподарського балансу на основі цього районування.

Висновки

4. Дістало подальший розвиток дослідження **тенденцій та характеру змін основних природних і техногенних загроз в умовах України**. Розроблено метод та отримано результати **прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру**, побудовано прогнозні карти розподілу ризиків повеней, підтоплень, деградації якості поверхневих вод, оцінено ризики забруднень повітря і ґрунтів. Вперше проведено **комплексне оцінювання актуальних загроз інженерно-геологічного походження** для безпеки експлуатації об'єктів критичної транспортної інфраструктури, від стану яких суттєво залежить екобезпека відповідних регіонів.

5. Вперше розроблено та апробовано в Україні **науково-методологічну основу використання засобів супутникового спостереження земної поверхні та геопросторового аналізу** при вирішенні задач довгострокового прогнозування небезпеки, пов'язаної з виникненням надзвичайних ситуацій. Розроблено і удосконалено теоретичні основи інтегрованого аналізу різнорідних та різнорівневих екологічних, геолого-геофізичних, геохімічних даних і багатоканальних аерокосмічних геозображень та на цій базі запропонована й реалізована комп'ютерна технологія вирішення широкого кола задач комплексного геоекологічного моніторингу. Розроблено та успішно апробовано спеціалізоване програмне забезпечення доступу до баз аерокосмічних даних світових геопорталів і тематичного аналізу геозображень, що дозволяє на основі автоматизованих методів здійснювати попередню обробку космознімків, виявляти локальні джерела випромінювання, теплові аномалії тощо.

Висновки

6. Вперше розроблена і впроваджена **Комплексна система радіаційного моніторингу і раннього попередження** з метою розширення функцій модернізованої автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки та удосконалення процесів постійного контролю та моніторингу радіаційного (радіоекологічного) **стану навколишнього природного середовища в Чорнобильській зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення**, а також за її межами. Її звітні дані надаються, також, у центр Європейського Союзу (м. Іспра, Італія).

7. Розроблені моделі, методи та технології реалізовані у створених та впроваджених протягом 2003-2014 рр. **системах моніторингу та управління водними ресурсами басейнів великих і середніх річок та адміністративних областей України** у підрозділах Держводагентства, Мінприроди та облдержадміністрацій і міськрад України у межах проектів UNEP, UNDP, GEF, ОБСЄ, країн ЄС та України.

8. Створено **екологічні атласи** басейнів річок Дністер та Південний Буг, локальні електронні **бази геоданих й архіви даних різночасових мультиспектральних космічних зйомок**, побудовано **карти** та здійснено ранжування адміністративних областей України за комплексною небезпекою прояву екзогенних геологічних процесів.

У державних установах природоохоронного профілю **кожної** адміністративної області України впроваджено по декілька розробок авторів.

Порівняння з аналогами результатів дослідження

Створені системи комплексного моніторингу довкілля відповідають світовому рівню та забезпечують інформаційний обмін з міжнародними інформаційними системами, а більшість створених і впроваджених систем регіонального та локального рівня не мають аналогів в Україні або суттєво перевищують їх за більшістю показників.

Розроблені системи для обробки даних моніторингу довкілля та інтегрованого управління водними ресурсами мають зарубіжні аналоги і відповідає вимогам Угоди про асоціацію України з ЄС і зокрема «Водній Рамковій Директиві ЄС» (Water Framework Directive 2000/60/EU) та світовим вимогам до інформаційних технологій EIONET (European Environment and Observation Network).

Створена геоінформаційна модель гідрографічного та водогосподарського районування відповідає вимогам Угоди про асоціацію України з ЄС, зокрема її Додатку XXX, а технологія її створення вже використовується в міжнародних проектах для інших країн Європи.

Розроблені методи, які дозволяють комплексно визначати рівень природних, техногенних та природно-техногенних ризиків життєдіяльності, відповідаю світовому рівню.

Економічний ефект результатів дослідження

Проведено розрахунок економічної ефективності результатів роботи на прикладі однієї зі створених систем моніторингу та управління водними ресурсами басейну річки Сіверський Донець з використанням ГІС-технологій (2007 р.). Очікуваний економічний ефект на 5 років становить 54,04 млн. грн. (у цінах 2013 р.). Отже, створена система відповідає усім критеріям ефективності інноваційних та інвестиційних продуктів, а її впровадження є доцільним. Враховуючи, що аналогічні системи були створені для басейнів р. Прип'ять, Тиса, Південний Буг, Дністер та для 7 областей України, а для Дніпропетровської області та її найбільших міст і підприємств були створені і впроваджені ще й повноцінні СКМД та АСЕМ, **загальний економічний ефект у цінах 2013 р.** оцінюється приблизно **більше, ніж у 500 млн. грн**.

Впровадження розроблених технологій і систем є не тільки економічно-, а й соціально- та екологічно-ефективним. Це і сприяння розвитку електронного урядування в Україні, і більш швидкий перехід на нові стандарти та технології відповідно до Угоди про асоціацію України з ЄС. І можливість швидше та ефективніше прогнозувати негативні зміни стану довкілля та усувати їх причини, а не наслідки, та ін.

Публікації та захист авторських прав

Всього за результатами дослідження опубліковано **більше 710 публікацій**, у т.ч.

- 20 монографій,
- 328 статей (56 – у зарубіжних виданнях),
- 5 екологічних атласів (України, басейнів річок Дністер і Південний Буг, м. Дніпропетровськ),
- 3 атласи тематично дешифрованих знімків території України, методики і стандарти.

Загальна кількість статей у базі даних Scopus складає 20, h-індекс = 2.

Новизну та конкурентоспроможність технічних рішень захищено 34 авторськими свідоцтвами та 18 патентами.

Результати роботи увійшли у 14 підручників та 41 посібник і довідник, у т.ч. з грифом МОН України.

За даною тематикою захищено 16 докторських та 56 кандидатських дисертацій.