

## ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ

О.М.Адаменко, Я.О.Адаменко, О.М.Карпаш, Л.В.Мищенко, Д.О.Зорін, Н.О.Зоріна,  
Л.В.Плаксий, М.М.Николяк

ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 505942  
e-mail: ecology@nung.edu.ua

*Проанализирована история развития мониторинговых исследований. Изложен алгоритм проведения геоэкологического аудита территории, учитывая состояние каждого компонента. Обсуждается организация экологического мониторинга в качестве этапа экологического аудита с последующей разработкой системы экологического менеджмента.*

*The history of monitoring investigations is analyzed. The algorithm of geoenvironmental auditing conduction, taking into account state of each component, is given. The organization of environmental monitoring is discussed as a part of environmental auditing with subsequent development of the system of environmental management.*

### 1. Огляд попередніх досліджень

Проблеми екологічної оцінки техногенного впливу на стан ландшафтів, на якій ґрунтуються екологічний моніторинг та екологічна безпека, розглянуті в багатьох опублікованих роботах. Сам термін “моніторинг довкілля” з’явився перед проведенням у 1972 р. Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища, а основні його елементи описані R.F.Mann у 1973 р. стосовно глобального рівня.

Моніторинг доповнював контроль за станом довкілля. Він включав не тільки спостереження і отримання інформації, але й елементи активних дій, тобто управління або екологічний менеджмент. Висвітленню питання про наукові основи екологічної оцінки техногенного впливу на ландшафти були присвячені роботи І.П.Герасимова, Ю.А.Ізраєля та багатьох інших дослідників. Особливу увагу вони приділяли міжнародним аспектам глобальної екологічної системи. Ці дослідження активізувались перед першою міжурядовою нарадою з моніторингових проблем, скликаною в Найробі (Кенія, лютий 1974 р.) Радою керуючих Програми ООН з проблеми оточуючого середовища (ЮНЕП), однак спостереження за багатьма змінами в біосфері, викликаними антропогенними причинами, здійснювалися вже раніше, зокрема гідрометеорологічною службою колишнього СРСР. На нараді в Найробі були узгоджені основні положення і цілі програми Глобальної системи моніторингу оточуючого середовища (ГСМОС), де була приділена увага, з одного боку, попередженню про зміни стану довкілля, пов’язані з забрудненням, а з другого, – попередженню про загрозу здоров’ю людини від стихійних лих, а також екологічним проблемам. Ці рішення отримали визнання в більшості країн світу. Детальне обговорення основних завдань моніторингу неодноразово проводилось на багатьох міжнародних форумах.

Для України і Карпатського регіону, зокрема, велике значення з проблем екологічної

безпеки техногенного впливу на ландшафти мають роботи Л.Г.Руденка зі співавторами [1], Я.О.Адаменка [2], І.П.Ковальчука [3], І.М.Волошина [4], Л.Л.Малишевої [5], А.В.Мельника [6], Г.І.Рудька [7], В.М.Гуцуляка [8], Л.В.Мищенко [9] та багатьох інших дослідників. Наші роботи з оцінки впливів техногенного забруднення на навколишнє середовище [10, 11, 12] дали змогу поставити питання про подальше вдосконалення процедур екологічного аудиту, екологічної безпеки, управління станом довкілля, прогнозу та завбачення надзвичайних ситуацій.

Метою роботи є показати, як за допомогою новітніх ГІС-технологій можна провести комплексну оцінку сучасної екологічної ситуації за всіма компонентами довкілля.

### 2. Матеріал і результати досліджень

Методика, що пропонується нами, розроблена на базі сучасних інформаційних технологій – географічних інформаційних систем (ГІС). Система працює на базі ПЕОМ Pentium IV з периферією і включає кілька різномасштабних ієрархічних рівнів. Вона може бути адаптована до окремих видів екологічної діяльності.

Основою системи є банк екологічної інформації, що складається з 10 баз, які охоплюють всі компоненти довкілля (рисунки 1, 2). Після оцінки екологічного стану усіх десятих компонентів прогноуються їхні зміни природним шляхом та під впливом техногенного навантаження. Залежно від запланованого сценарію розвитку взаємодії між природою, господарством і суспільством задаються необхідні екологічні обмеження господарської діяльності на території, в галузі або на підприємстві.

Оцінка сучасного екологічного стану довкілля (екологічний аудит) виконується за екологічними показниками стану і структури окремих компонентів довкілля, можливості їх до самовідновлення, характеристики природного і антропогенного впливу техногенних об’єктів на

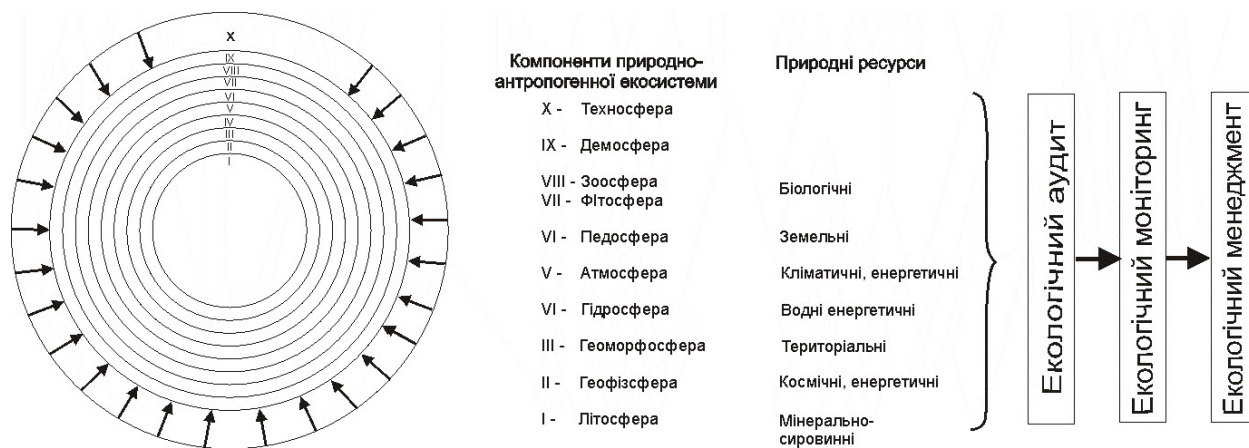


Рисунок 1 — Структура довкілля

природні геосистеми (ландшафти) [9]. Всі ці показники сучасного стану необхідно порівняти з нормативними, які визначаються різними методами. Процес оцінки сучасного екологічного стану, розроблений авторами на прикладі Снятинського та Галицького районів Івано-Франківської області, завершується складанням комплексу комп'ютерних (електронних) карт як по окремих компонентах довкілля і окремих елементах-забруднювачах, так і синтетичної (інтегральної) карти, на якій визначаються зони екологічної небезпеки різного ступеня: сприятливі або нормальні, задовільні, напружені, складні, незадовільні, передкризові, критичні, катастрофічні.

При цьому можливі два шляхи складання карти сучасної екологічної ситуації: перший – „накладання” електронних карт по кожному хімічному елементу, а потім і по компонентах одна на одну і отримання контурів забруднення, і другий – „накладання” електронних карт сумарних показників забруднення і визначення спільних зон забруднення всіх компонентів довкілля. Другий шлях дає точніші результати, але перший – найбільш об'єктивний, якщо забезпечити необхідну кількість точок відбору проб. Отже, на карту сучасної екологічної ситуації винесені комплексні аномалії сумарних показників забруднення компонентів довкілля. Ця карта є основою для визначення залежності захворюваності населення від екологічних чинників.

### 3. Алгоритм геологічного аудиту

Аналіз екологічного стану території району  $E_p$  та окремих компонентів навколишнього природного середовища — літосфери  $E_{лс}$ , геофісфери  $E_{зф}$ , геоморфосфери  $E_{зм}$ , педосфери  $E_{пд}$ , гідросфери  $E_{зд}$ , атмосфери  $E_{ам}$ , фітосфери  $E_{фс}$ , зоосфери  $E_{зс}$ , демосфери  $E_{дм}$  та техносфери  $E_{тс}$  — дав підстави авторам розробити алгоритм геоекологічного аудиту:

$E_p = f(E_{лс}, E_{зф}, E_{зм}, E_{пд}, E_{зд}, E_{ам}, E_{фс}, E_{зс}, E_{дм}, E_{тс})$ , де екологічний стан кожного компоненту залежить від багатьох охарактеризованих вище чинників.

Наприклад, екологічний стан педосфери  $E_{пд}$  залежить від природних ( $E_{пд}^{np}$ ) її особливостей і техногенних змін ( $E_{пд}^{mc}$ ), що відбулись під впливом забруднення важкими металами ( $E_{пд}^{6M}$ ), пестицидами ( $E_{пд}^{nc}$ ), радіонуклідами ( $E_{пд}^{pH}$ ), нафтопродуктами ( $E_{пд}^{Hф}$ ), надлишком мінеральних добрив ( $E_{пд}^{Mд}$ ) та ін. забруднювачів. Звідси:

$$E_{пд} = f(E_{пд}^{np}, E_{пд}^{mc}), \text{ а}$$

$$E_{пд}^{mc} = f(E_{пд}^{6M}, E_{пд}^{nc}, E_{пд}^{pH}, E_{пд}^{Hф}, E_{пд}^{Mд} \dots).$$

Оцінку забруднення компонента довкілля (наприклад, ґрунту важкими металами  $E_{пд}^{6M}$ ) проводять через геохімічні коефіцієнти і показники:  $K_c$  – коефіцієнти концентрації або аномальності хімічних елементів і  $Z_c$  – сумарні показники забруднення

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi}},$$

де:  $C_i$  – вміст і-того елемента в компоненті ландшафту;

$C_{\phi}$  – його природний фон;

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci},$$

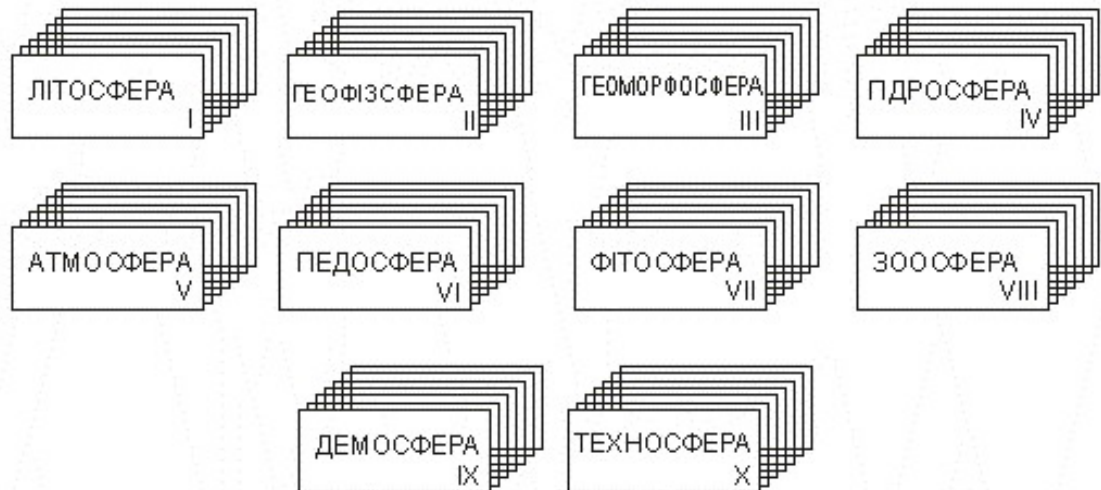
де:  $Z_c$  – сумарний показник забруднення природного компонента (ґрунту, води, повітря, рослинності і т.д.),

$n$  – загальна кількість врахованих хімічних елементів-забруднювачів,

$K_{ci}$  – коефіцієнт концентрації елемента.

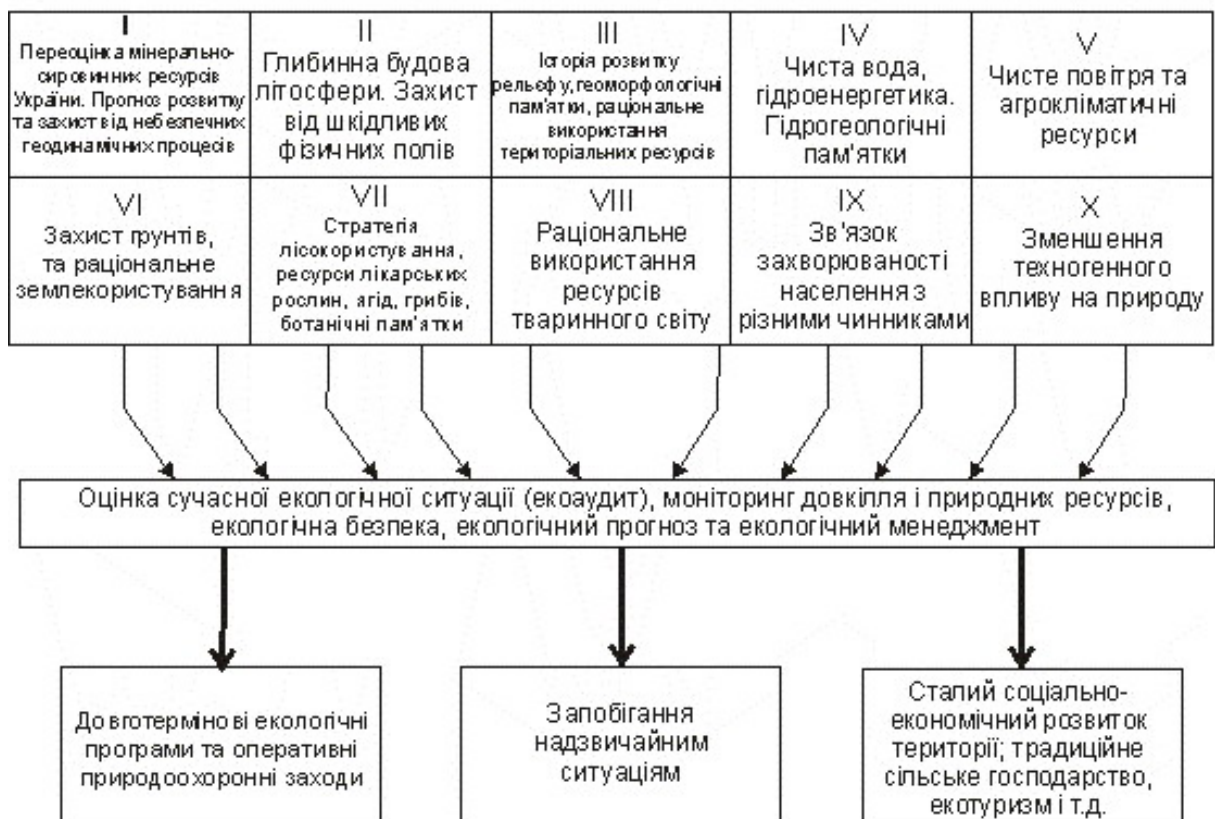
Екологічні стани кожного ландшафтного компонента у вигляді геоекологічних зон або смуг виносяться на карту сучасної екологічної ситуації регіону, основою якої є ландшафтна карта. При цьому, якщо техногенне навантаження від нормального до напруженого, то геоекологічні зони співпадають з ландшафтами, а

## Структура банку даних



Всього в ГІС понад 100 різних карт, 100 фото, 500 сторінок текстової інформації

## Який практичний вихід дає ГІС?



**Рисунок 2 — Географічна інформаційна система (ГІС) для проведення екологічної оцінки території**

якщо ми маємо справу з дуже інтенсивним забрудненням від потужного техногенного джерела, наприклад, Бурштинської ТЕС, коли ландшафт уже неспроможний “переробити” потік забруднень, тоді геоекологічні зони, смуги і т.п. розташовуються неузгоджено з контурами ландшафтів.

Критерії оцінки геоекологічного стану основних компонентів довкілля визначаються за рівнем їх забруднення або порушення в умовних одиницях (балах) шляхом ранжування залежно від трансформованості компонентів. Таке ранжування дає змогу виділяти до восьми екологічних станів (рис. 1).

Організація екологічного моніторингу — це наступний після екологічного аудиту етап оцінки впливу техногенного забруднення на довкілля. Принцип моніторингу ґрунтується на безперервних стеженнях за природними та антропогенними змінами всіх екологічних показників, що характеризують стан екосистем на певний час спостережень. Щоб визначити екологічний стан тієї чи іншої природно-техногенної системи, зробити прогноз її подальшого розвитку, запобігти негативним наслідкам її впливу на людей, необхідно вивчити динаміку природних змін всіх вищезазначених компонентів та вплив на них антропогенних чинників. Для цього розроблені структури баз даних екологічної інформації по кожному із десяти компонентів (включаючи і техносферу) довкілля, які потім об'єднані в комп'ютерний банк екологічної інформації. В кожній базі — від 20 до 100 екологічних показників, що мають різну динаміку. Загальна кількість екологічних показників — кілька тисяч. Тільки маючи певні дані по всіх показниках, можна бути впевненим, що екологічна ситуація перебуває під контролем.

Прогноз змін екологічної ситуації залежно від різних сценаріїв розвитку виконується шляхом визначення екологічних станів тієї чи іншої території у залежності від існуючого чи заданих режимів функціонування. Користуючись комп'ютерними екологічними картами, можна моделювати різні екологічні ситуації. Комп'ютерне картографічне моделювання виконується з використанням математичного забезпечення MAP-INFO, ARC CAD, ПАРК та інших. Різні прогнозні моделі порівнюються з нормативним станом довкілля, визначаються розміри відхилень та їх негативні наслідки.

Екологічний менеджмент з метою оптимізації є завершальним етапом оцінки техногенного впливу на довкілля. Ця система дає змогу здійснювати керований контроль екологічного безпечною діяльністю будь-якого промислового підприємства і адміністративної одиниці загалом з метою збереження довкілля та захисту населення від захворювань екологічного походження.

### **Висновки**

Запропонована методика є відкритою системою, що включає 10 компонентів довкілля, а кожен з них характеризується певною кількістю параметрів (від кількох до 100 і більше). Тому оцінку сучасної екологічної ситуації будь-якої території та визначення екологічних станів кожного компонента довкілля необхідно і можливо виконувати тільки за допомогою новітніх ГІС-технологій. Розроблена нами система дає змогу включати будь-які інші параметри, які не були враховані або не завбачені з тих чи інших причин. Наше завдання на найближчу перспективу — створити такі географічні інформаційні системи (ГІС) екологічної безпеки, які б сприяли гармонійному сталому розвитку природи, економіки та людини на усіх ієрархічних

рівнях. Це дасть можливість тиражувати нашу КСЕБ і використовувати її для усіх 24-х областей України і АРК, а також для 500 адміністративних районів України, будь-яких населених пунктів та промислових підприємств. Після патентування КСЕБ можна продавати за кордон, де вона також, будучи власністю України, може бути використана для створення систем екологічної безпеки будь-яких територій чи об'єктів.

### *Література*

1. Руденко Л.Г., Горленко І.О., Шевченко Л.М., Барановський В.А. Еколого-географічні дослідження території України. — К.: Наукова думка, 1990. — 32 с.
2. Адаменко Я.О. Структура будови баз даних екологічної інформації / В кн.: Нетрадиційні енергоресурси та екологія України. — К.: Манускрипт, 1996. — С. 111-123.
3. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. — Львів: Вид. ін-ту українознавства, 1997. — 440 с.
4. Волошин І.М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу. — Львів: Простір, 1998. — 356 с.
5. Малишева Л.Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території. — К.: РВЦ “Київський університет”, 1998. — 264 с.
6. Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтне дослідження. — Львів: Вид-во ЛНУ ім. Івана-Франка, 1999. — 286 с.
7. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Екологічний моніторинг геологічного середовища. — Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана-Франка, 2001. — 245 с.
8. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект. — Чернівці: Рута, 2002. — 272 с.
9. Міщенко Л.В. Геоекологічний аудит техногенного впливу на довкілля та здоров'я населення (на прикладі регіону Покуття): Автореф. дис. канд. геогр. наук. — Чернівці, 2003. — 21 с.
10. Адаменко О.М. Інформаційно-керуючі системи екологічного моніторингу на прикладі Карпатського регіону // Укр. географ. журн. — 1993. — № 3. — С. 8-14.
11. Адаменко О.М., Адаменко Я.О., Булмасов В.О. та ін. Природничі основи екологічного моніторингу Карпатського регіону. — К.: Манускрипт, 1996. — 208 с.
12. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. — К.: Манускрипт, 1998. — 349 с.