

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

УДК 502.36

ВИКОРИСТАННЯ ГІС У ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ

В. Ночвай¹, Р. Криваковська¹, О. Іщук²

¹*Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України
03164 Київ, вул. Генерала Наумова 15, deyatnol@ua.fm*

²*Центр “ГІС Аналітик”, 03110 Київ, вул. Пирогова, 6А.*

Розглянуто використання геоінформаційних систем у задачі управління якістю повітря. Проаналізовано основні задачі систем, різні види використання ГІС, способи інтеграції геоінформаційних систем з іншими частинами системи. Наведено структури потоків даних між системою підтримки прийняття рішень та геоінформаційними системами. Названо основні напрями розвитку подібних систем.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, управління якістю повітря, геоінформаційна система.

Однією з важливих задач, які розв’язують нині в екології, є управління якістю навколишнього середовища, зокрема повітря. Управління якістю навколишнього середовища – актуальне завдання, для вирішення якого розробляють комплексні інформаційні системи (ІС) на підставі моніторингу стану довкілля, моделювання процесів надходження та поширення шкідливих речовин [1, 2, 3]. Оскільки одна з функцій інформаційної системи для управління якістю повітря – це забезпечення особи, що ухвалює рішення, необхідною інформацією та рекомендаціями щодо варіантів зниження небезпечних впливів забруднення на екосистеми та здоров’я населення, то для створення подібних систем доцільно застосовувати засоби систем підтримки прийняття рішення (СППР) [4, 5].

Задачі, які розглядають у системах управління якістю повітря, можна розділити на такі класи.

1. Задачі моделювання та прогнозування забруднення.
2. Задачі визначення залежностей між рівнями забруднення та здоров’ям населення.
3. Задачі моніторингу шкідливих домішок та їхніх джерел.
4. Задачі планування заходів щодо зменшення ризику негативного впливу шкідливих речовин та інформування населення.

Автоматизація процесу прийняття управлінських рішень сьогодні є пріоритетним напрямом впровадження інформаційних технологій. Оскільки для оцінки переважної більшості екологічних ситуацій важливо враховувати їхнє просторове положення або

розвиток у просторі, то суттєву роль в ухваленні рішень відіграють засоби відображення, просторового аналізу та моделювання можливого розвитку ситуацій з використанням геоінформаційних систем (ГІС). Саме геоінформаційні системи нині інтегрують на просторових засадах різноманітні дані, необхідні в процесі прийняття рішень: характеристики викидів забруднювальних речовин (ЗР) у регіоні; регіональні географічні, соціально-економічні, екологічні та медико-епідеміологічні характеристики. Поширеним є використання ГІС для відображення та аналізу полів забруднення на електронних картах [1, 2, 6]. З погляду візуалізації інформації геоінформаційні системи цікаві тим, що забезпечують візуальне зображення багатовимірної екологічної інформації. Це дуже зручно в ході оцінювання екологічних ризиків та інформування осіб, що ухвалюють рішення.

Отже, можна виділити головні можливості ГІС, які використовують у задачах управління якістю повітря.

1. Підготовка даних для аналізу та моделювання. ГІС використовують як для одержання і систематизації інформації (стосовно джерел емісії ЗР, характеристик поверхні), так і для аналізу, трансформації з залученням потужних інструментів відображення даних.

2. Просторовий аналіз і моделювання розподілу або змін об'єктів і процесів, які вивчають.

3. Публікація результатів, що, по суті, є процесом формування процедури, за якої результати розрахунків та аналітичних досліджень перетворюються у зрозумілі користувачеві тематичні карти, де виявлені в процесі аналізу закономірності відображені якнайкраще в доступній для особи, що приймає рішення, формі.

Зазначимо, що сучасні інформаційні системи часто використовують ГІС-серверні технології, у яких опрацювання результатів аналізу є процесом формування клієнт-серверної процедури.

Використання ГІС на етапі підготовки даних

У комплексних системах екологічного моніторингу та управління важливою функціональною задачею є створення єдиного інформаційного простору, у якому інформація, отримана з різних джерел, інтегрується на просторовій основі. Для цього необхідно використовувати базові електронні карти місцевості і цифрові моделі рельєфу (ЦМР). Для задачі моніторингу важливою є можливість побудови карт розміщення мереж спостереження, а також потрібно забезпечити отримання, систематизацію та відображення даних моніторингу стану повітря, що надходять від стаціонарних та мобільних постів спостережень. Не менш важливим елементом системи постачання даних сьогодні є актуалізація інформації за даними дистанційного зондування землі. Усі перераховані операції найефективніше виконують за допомогою геоінформаційних технологій, у яких є інструменти створення тематичних карт. ГІС мають розвинені засоби опрацювання та аналізу вхідних даних з метою подальшої їх реалізації. На етапі збирання даних відбувається накопичення географічної (цифрові карти, зображення) та атрибутивної інформації. Зібрані дані є наповненням двох типів баз даних. Перший тип БД зберігає картографічні дані, другий наповнений інформацією описового характеру.

Геоінформаційні системи широко застосовують для впорядкування, перепроєктування та реформатування вихідних даних у проекції та формати (наприклад, у растрові), потрібні для аналізу, моделювання поверхні рельєфу і необхідних нетопографічних поверхонь (щільності забруднення, температури, вологості тощо). Отже, під час проєктування інформаційних систем для управління якістю повітря необхідно передбачити

взаємодію з базами геоданих. Це не означає, що кожен елемент розподіленої інформаційної бази системи потрібно створювати на платформі ГІС, відволікаючи значні кошти на придбання порівняно дорогих програмних продуктів, електронних карт і навчання персоналу. Необхідною умовою для створення блоку збирання даних геоінформаційної складової інформаційної інфраструктури є наявність хоча б одного ГІС-підрозділу, що інтегрує просторову інформацію розподілених джерел на платформі ГІС. Це означає, що інші постачальники даних можуть передавати інформацію в доступному для них вигляді – таблиці, бази даних, таблиці координат, цифрові карти тощо, однак згідно з вимогами до організації просторової інформації, які уточнюються для конкретної системи розробники геоінформаційної складової системи.

Використання ГІС на етапі аналізу даних

На етапі аналізу відбувається звернення до баз даних для опрацювання та аналізу інформації. У цьому разі весь процес контролює система управління БД (СУБД), за допомогою якої можна виконувати швидкий пошук та опрацювання даних. На стадії аналізу даних отримують якісно нову сумарну інформацію у формі, оптимальній для підготовки конкретного управлінського рішення на підставі методик та алгоритмів, що відповідають вимогам чинного законодавства. Іноді для прийняття рішень важливі тільки просторові характеристики самого об'єкта: наприклад, розміри або зміна площі забруднення. У цьому випадку прив'язка до системи координат і проєкції не мають важливого значення. Однак в переважній більшості випадків, пов'язаних, наприклад, із моделюванням зон впливу, щільності забруднення, просторова прив'язка необхідна.

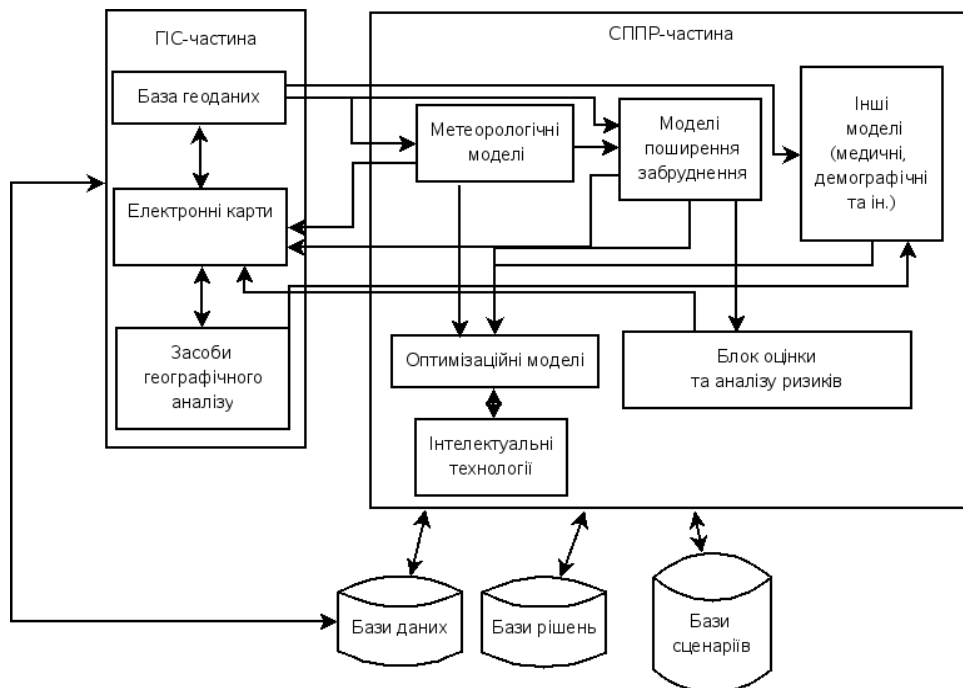


Рис. 1. Структура СППР-ГІС компонентів системи управління якістю повітря

Структура потоків даних підсистем СППР-ГІС в інформаційних системах управління якістю повітря

Розглянемо структурну схему основних потоків даних, які треба забезпечити в ході проектування сучасних інформаційних систем для управління якістю повітря. Згідно з вимогами до структури сучасних СППР [7], ІСУЯП повинна містити: підсистему інтерфейсу користувача; підсистему керування базою даних, підсистему керування базою моделей та систему керування повідомленнями (комунікаціями або зв'язком).

У разі застосування ризик-орієнтованого підходу до регулювання якості повітря доцільно виділити блок оцінки та аналізу ризиків [5]. Блок прийняття рішень повинен містити засоби багатокритеріальної оптимізації стосовно вибраних цільових функціоналів та вектора переваг користувача [4, 8]. Для аналізу просторових залежностей та візуалізації розподілів показників по території необхідна підсистема просторового моделювання, для неї ефективно використовувати засоби геоінформаційних систем. ГІС можна розглядати як частину графічного інтерфейсу користувача. На рис. 1 показано структуру потоків інформації інтегрованої СППР-ГІС, що потрібно передбачити на етапі проектування систем.

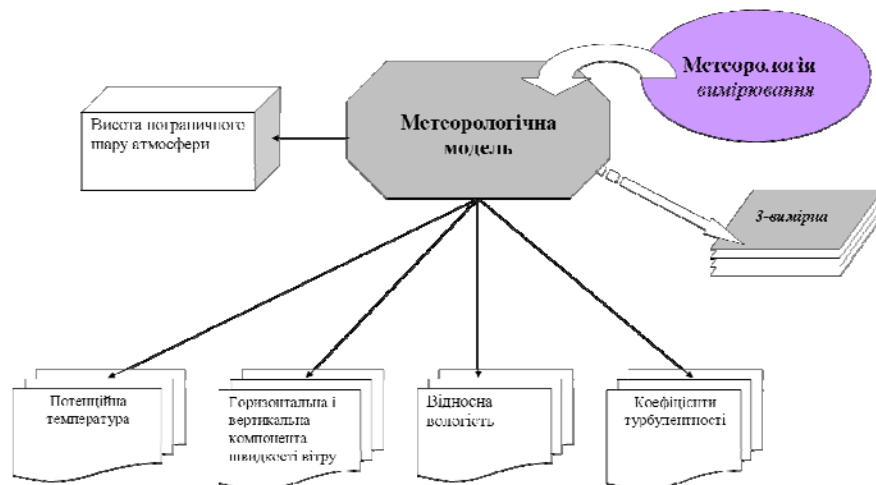


Рис. 2. Потоки даних метеорологічної моделі

Отже, на етапі підготовки даних до моделей потрібно забезпечити доступ до баз геоданих, які можуть швидко надати моделям масиви просторових даних, накопичених у регіональних ГІС. Зворотні стрілки показують потоки даних після розрахунку моделей для візуалізації та просторового аналізу, які треба забезпечити як на проміжних, так і на кінцевих етапах розрахунків.

На рис. 2, 3 схематично показані основні просторово розподілені характеристики, які використовують у типовій схемі моделювання забруднення атмосфери.

Приклад моделювання небезпечних епізодів забруднення атмосфери шляхом використання даних ГІС на різних етапах, зокрема, описано в працях [9, 10]. Зокрема, особливо ефективним виявилось використання засобів ГІС для побудови розподілів емісії ЗВ, розрахунку характеристик поверхні (альbedo, шорсткість, класи землекористу-

вання, рельєф); аналізу результатів розрахунку полів забруднення на підставі візуалізації вітрових потоків; оцінка впливу забруднення в разі накладання шарів з житловою забудовою та екологічно важливих територій.

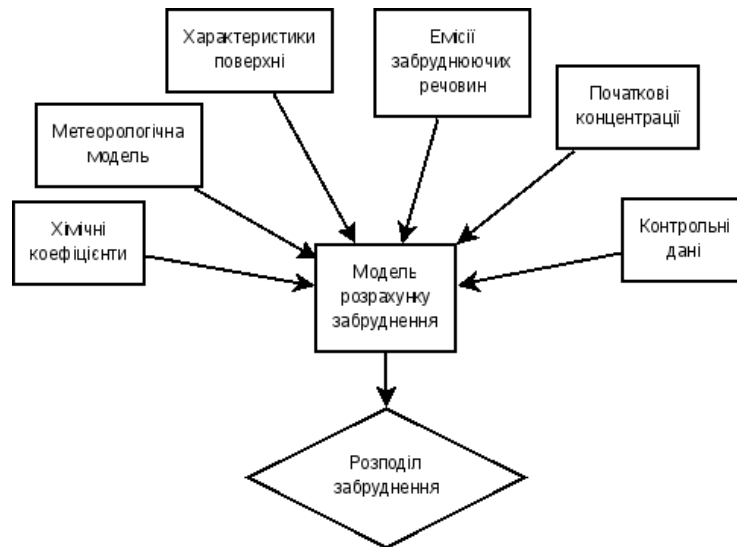


Рис. 3. Типова схема моделювання стану забруднення атмосфери

Способи інтеграції з ГІС

Можливість інтеграції ГІС з проблемно-орієнтованими моделювальними засобами суттєво розширює діапазон їхнього застосування також у галузях статистичного й імітаційного математичного моделювання. В цьому випадку ГІС відіграє роль просторового інтегратора, що автоматизує процеси підготовки даних і передавання їх у зовнішні моделювальні системи, а також відображення і подальшого просторового аналізу результатів моделювання.

У праці [11] усі методи інтеграції ГІС та СППР розділено на три категорії: часткова інтеграція, повна інтеграція та вбудована інтеграція. У разі часткової інтеграції ГІС-сервери використовують як пре- та постпроцесори (це означає, що ГІС використовують досить ефективно як на етапі підготовки даних, так і на етапі опрацювання результатів) моделі. У випадку використання повної інтеграції моделі та ГІС об'єднують у рамках одного інтерфейсу. У вбудованій інтеграції моделі додають до ГІС або компоненти ГІС додають до моделей.

Нині у світі є низка систем, що інтегрують у собі СППР та ГІС для вирішення завдань моделювання, оцінки й управління якістю повітря. У таблиці наведено програмні компоненти, які використовують.

Як бачимо з таблиці, більшість іноземних систем використовують часткову інтеграцію. Також поширеним є застосування вбудованих карт. На другому місці за частотою використання – повна інтеграція.

Таблиця 1. Інформаційні системи для управління якістю повітря

Назва або автори системи	Метеорологічна модель	Модель поширення забруднення	ГІС	Метод інтеграції	Розв'язувані задачі*	Напрями використання ГІС
NWM [1]	WRF	EMICAT (emissions)+CM AQ (chemistry transport) + DREAM (natural dust model)	Скрипти побудови карт	Часткова	1	Публікація результатів
AirGIS [12]		OSPM	ArcGIS	Часткова	2, 4	Підготовка даних, публікація результатів, просторовий аналіз
T. Elbir [13]		CALPUFF	ArcGIS	Повна	1	Підготовка даних, публікація результатів
Shuiyuan Cheng, Dongsheng Chen, Jianbing Li, Haiyan Wang, Xiurui Guo [2]	MM5+AR PS	CMAQ	Скрипти побудови карт	Часткова	1, 3, 4	Публікація результатів
CORINAIR [14]	MM5	SMOKE+CMAQ	Скрипти побудови карт	Часткова	1	Публікація результатів
E. Puliafito, M. Guevara, C. Puliafito [15]		ISC3	ArcGIS	Змішана (повна+часткова)	1, 2	Підготовка даних, публікація результатів
Min-Der Lin, Yung-Chang Lin [6]		Модель Гаусса	ArcGIS	Часткова	1, 4	Підготовка даних, публікація результатів
C. Borrego, O. Tchepel, A.M. Costa, J.H. Amorim, A.I. Miranda [16]		TRPM+VADIS	ArcGIS	Змішана (часткова+вбудована)	1	Підготовка даних, публікація результатів, просторовий аналіз

*1 – Задачі моделювання та прогнозування забруднення; 2 – оцінка ризиків для здоров'я населення; 3 – задачі моніторингу шкідливих домішок та їхніх джерел; 4 – задачі планування заходів щодо зменшення ризиків.

Системи, що розв'язують задачі з прогнозування забруднення, найчастіше використовують часткову інтеграцію. Це пов'язано з тим, що більшість моделей поширення забруднення – це складні програмно-аналітичні комплекси під ОС Linux, що працюють здебільшого з власними засобами візуалізації результатів, а ГІС використовують на кінцевій стадії публікації та аналізу результатів. Оскільки сьогодні є досить багато програмних засобів, що дають змогу реалізувати різні види функціональності ГІС та СППР, то часткова інтеграція цих засобів – найпростіший шлях. Зазначимо, що в разі створення інформаційних систем за сервіс-орієнтованим принципом часткова інтеграція є також зручнішою. На відміну від неї, повну інтеграцію ліпше використовувати в тих випадках, коли розробка програмних засобів не є розподіленою і не планують підключення програмних засобів, створених сторонніми розробниками.

Для задачі визначення залежностей між рівнями забруднення та здоров'ям населення й оцінки ризиків часто використовують повну інтеграцію [3, 17, 18]. Адже для одержання характеристик ризику необхідні дані муніципальних ГІС стосовно соціально-економічних та медико-епідеміологічних характеристик. Також аналіз ризиків потребує використання інструментів просторового аналізу щодо визначення відношень ураженої площі адміністративного елемента до загальної його площі, оцінки кількості та демографічного складу населення, що може постраждати тощо, які ефективно використовують у сучасних ГІС.

Щодо вбудованої інтеграції ситуація дещо складніша. Частина моделей містить у собі вбудовані засоби картографічного відображення інформації. Ці засоби дають змогу проводити візуалізацію даних, однак не складніші види аналізу, що можна зробити за допомогою промислових ГІС.

Отже, для задачі управління якістю повітря характерні великі обсяги просторової інформації, що потребує використання даних муніципальних та регіональних геоінформаційних систем і даних місцевих мереж моніторингу у структурованому вигляді. Використання ГІС не тільки надає доступ до великих масивів просторово інтегрованої інформації, а й оптимізує роботу з потоками даних, дає необхідні інструменти комплексного аналізу територіальних систем і є базою для побудови еколого-імітаційних систем.

У ході створення сучасних СППР для розв'язування задач управління якістю повітря ГІС ефективно використовують з метою підготовки, систематизації та аналізу вхідних даних; візуалізації та аналізу просторових характеристик розрахованих показників. Спосіб інтеграції підсистеми просторового моделювання в СППР вибирають залежно від призначення системи та наявного стану взаємодії підсистем моделей і баз даних. Як засвідчив огляд сучасних систем, найчастіше застосовують часткову інтеграцію. У цьому разі ГІС головно використовують для підготовки даних і публікації результатів досліджень. Аналітичні можливості ГІС застосовують не повною мірою.

Пріоритетним напрямом інтеграції ГІС та СППР є використання відкритих технологій і програм. Подібний підхід допомагає створювати системи і компоненти, що дають змогу взаємодіяти одне з одним за відомими протоколами. Відкритість коду та архітектури дає змогу застосовувати переваги спільного створення програм, прискорити процес створення та збільшити поширення систем.

Актуальною є орієнтація на клієнт-серверні ГІС технології та веб-орієнтовані системи. Інтернет сьогодні є невіддільною частиною життя багатьох людей, тому орієнтація на веб-системи дає змогу розв'язувати багато задач, серед яких – задачі сповіщення населення, задачі розподіленої побудови та наповнення систем. Орієнтація

на клієнт-серверні ГІС технології не потребує від клієнтів встановлення додаткового програмного забезпечення на комп'ютер, надає віддалений регламентований доступ до геоданих та засобів їхнього опрацювання й аналізу, а також виконання спільних тематичних проектів, коли команда виконавців може бути розподілена по різних куточках земної кулі. У цьому разі окремі компоненти системи треба зв'язувати шляхом розробки стандартних інтерфейсів на засадах сервіс-орієнтованої архітектури. Оскільки використання метеорологічних, оптимізаційних та дифузійних моделей потребує великої кількості обчислень, то для організації обчислень та прискорення роботи важливим є застосування паралельних процесів.

1. *Pedro Jimenez-Guerrero, Oriol Jorba, Jose M. Baldasano, Santiago Gassy.* The use of a modelling system as a tool for air quality management: Annual high-resolution simulations and evaluation // *Science of the total environment.* – 2008. – Vol. 390. – P. 323–340.
2. *Shuiyuan Cheng, Dongsheng Chen, Jianbing Li et al.* The assessment of emission-source contributions to air quality by using a coupled MM5-ARPS-CMAQ modeling system: A case study in the Beijing metropolitan region, China // *Environmental Modelling & Software.* – 2007. – Vol. 22. P. 1601–1616.
3. *Попов О. О.* Математичне та комп'ютерне моделювання техногенних навантажень на атмосферу міста від стаціонарних точкових джерел забруднення: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К., 2010. – 20 с.
4. *Makowski M.* Multi-objective Decision Support Including Sensitivity Analysis International Institute for Applied Systems Analysis. Austria, 2001. – P. 21–22.
5. *Cai Y. P., Huang G. H., Lin Q. G. et al.* An optimization-model-based interactive decision support system for regional energy management systems planning under uncertainty // *Expert Systems with Applications.* – 2009. – Vol. 36. – P. 3470–3482.
6. *Min-Der Lin, Yung-Chang Lin.* The application of GIS to air quality analysis in Taichung City, Taiwan, ROC // *Environmental Modelling & Software.* – 2002. – Vol. 17. – P. 11–19.
7. *Ситник В. Ф.* Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2004. – 614 с.
8. *Бейко І. В., Ночвай В. І.* Моделювання та оптимізація параметрів емісійних процесів у повітряному басейні міста // *Матем. та комп'ют. моделювання.* – 2008. – Вип. 1. – С. 25–32.
9. *Ночвай В. І., Сосонкін М. Г., Шавріна А. В.* Використання ГІС для моделювання концентрацій приземного озону // *Уч. зап. ТНУ. Сер. геогр.* – 2003. – Ч. 16(55). – № 2. – С. 110–114.
10. *Ночвай В. І., Сосонкін М. Г., Шавріна А. В.* Використання ГІС для підготовки і аналізу просторових даних в моделі розрахунку концентрації приземного озону // *Теор. та прикл. аспекти геоінформатики: Зб. наук. праць.* – К., 2004. – Т. 2. – С. 45–49.
11. *Vairavamoorthy K., Yan J., Galgale H. M., Gorantiwar S. D.* IRA-WDS: a GISbased risk analysis tool for water distribution systems // *Environmental Modelling & Software.* – 2007. – Vol. 22. – P. 951–965.
12. *Jensen S. S., Berkowicz R., Hansen H. S., Hertel O.* A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures // *Transportation Research Part D: Transport and Environment.* – 2001. – Vol. 6. – P. 229–241.

13. *Tolga Elbir*. A GIS based decision support system for estimation, visualization and analysis of air pollution for large Turkish cities // *Atmospheric Environment*. – 2004. – Vol. 38. – P. 4509–4517.
14. *Rafael Borge, Julio Lumbreras, Encarnacion Rodriguez*. Development of a high-resolution emission inventory for Spain using the SMOKE modelling system: A case study for the years 2000 and 2010 // *Environmental Modelling & Software*. – 2008. – Vol. 23. – P. 1026–1044.
15. *Puliafito E., Guevara M., Puliafito C*. Characterization of urban air quality using GIS as a management system // *Environmental Pollution*. – 2003. Vol. 122. – P. 105–117.
16. *Borrego C., Tchepel O., Costa A. M.* et al. Emission and dispersion modeling of Lisbon air quality at local scale // *Atmospheric Environment*. – 2003. – Vol. 37. – P. 5197–5205.
17. *Ключников А. А., Гаргер Е. К., Пристеп Б. С.* и др. Проблемы диагностирования и прогнозирования радиационной обстановки окружающей среды АЭС Украины в случае коммунальной аварии // *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. – 2010. – Вип. 14.
18. Іщук О. О. Методологічні особливості використання аналітичних та моделюючих засобів ГІС для прогнозування і оцінки наслідків надзвичайних ситуацій на території України // *Уч. зап. Таврич. ун-та. Географія*. – 2002. – Т. 15(54). – № 1. – С. 94–101

USE OF GIS IN THE PROBLEMS OF AIR QUALITY MANAGEMENT

V. Nochvay¹, R. Kryvakovska¹, O. Ishchuk²

¹*Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering NAS of Ukraine*

15 General Naumov St., 03164 Kyiv, Ukraine, deyatynor@ua.fm

²*Center “GIS Analyst”, 6A Pirogov St., 03110 Kyiv, Ukraine*

The article examines the use of geographic information systems (GIS) in the problem of air quality management. We analyze the main tasks of the system, different uses of the GIS, and methods of GIS integration with the other parts of the system. The structure of data flow between the supporting system and the GIS is considered. The basic directions of development for such systems are considered.

Key words: decision support system, management of air quality, geographic information system.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ВОЗДУХА

В. Ночвай¹, Р. Криваковская¹, А. Ищук¹

¹*Институт проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова НАН Украины
ул. Генерала Наумова 15, 03164 Киев, deyatnor@ua.fm*

²*Центр “ГИС Аналитик”, ул. Пирогова, 6А, 03110 Киев*

Рассмотрены вопросы использования геоинформационных систем в задаче управления качеством воздуха. Проанализированы основные задачи системы, различные виды использования, способы интеграции геоинформационных систем с другими частями системы. Определены структуры потоков данных между системой поддержки принятия решений и ГИС. Показаны основные направления развития подобных систем.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, управления качеством воздуха, геоинформационная система.

Стаття надійшла до редколегії 23.04.2012

Прийнята до друку 19.06.2012