

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет лісового господарства та екології**

Кафедра загальної екології

**Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису**

**Андріанов Олександр Сергійович**

**УДК 504.054:504.064**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ  
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОВІТРЯНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ  
м. ЖИТОМИР НА ОСНОВІ ГІС-АНАЛІЗУ**

101 Екологія

Подається на здобуття освітнього ступеня **магістр**

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

О.С. Андріанов

**Керівник роботи**

Климчик О. М.

доцент, канд. с.-г. наук

Житомир – 2020



## АНОТАЦІЯ

Андріанов О.С. Обґрунтування напрямків вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир на основі ГІС-аналізу. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – Екологія. Поліський національний університет, Житомир, 2020.

У великих містах проблеми забруднення атмосферного повітря відчуваються якнайбільше. Недостатньо ефективна організація спостережень та контролю забруднення атмосферного повітря міста не дає змоги вчасно та об'єктивно здійснити оцінку його екологічного стану. Наразі одним з найперспективніших методів оптимізації системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир є створення цифрових карт і використання ГІС-аналізу.

*Ключові слова:* атмосферне повітря, екологічний стан, забруднюючі речовини, пости спостереження, ГІС-технології, цифрова карта, умовні позначення, ГІС-аналіз.

## SUMMARY

Andrianov O. S. The substantiation of directions of improvement the air environment observing system in the city of Zhytomyr based on GIS analysis. – Qualification paper on the rights of the manuscript.

Qualifying paper for obtaining an educational master's degree in specialty 101 – Ecology. Polissia National University, Zhytomyr, 2020.

Air pollution problems are detected as much as possible in big cities. Insufficiently effective organization of observations and control of air pollution in the city does not allow timely and objectively to make assessment of its ecological state. Nowadays, one of the most promising methods for optimizing the air observing system in the city of Zhytomyr is the creation of digital maps and the use of GIS analysis.

*Key words:* atmospheric air, ecological condition, pollutants, observation posts, GIS technologies, digital map, symbols, GIS analysis.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ</b>	
МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА	10
1.1. Характеристика атмосферного повітря як складової довкілля ..	10
1.2. Джерела забруднення повітряного середовища міста .....	11
1.3. Організація спостережень та контролю забруднення атмосферного повітря міста .....	12
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ. ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ</b>	
ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	15
2.1. Програма досліджень .....	15
2.2. Загальні відомості про основні об'єкти забруднення повітряного середовища в м. Житомир .....	15
2.3. Організація моніторингових спостережень за показниками екологічного стану повітряного середовища в населених пунктах .....	18
2.4. Стисла характеристика мережі моніторингу повітряного середовища м. Житомир .....	23
<b>РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА МЕРЕЖІ СТАЦІОНАРНИХ ПОСТІВ</b>	
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА АТМОСФЕРНИМ ПОВІТРЯМ М. ЖИТОМИР НА ОСНОВІ ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ .....	24
3.1. Загальна характеристика ГІС-програм .....	24
3.2. ГІС-технологія як метод відображення та аналізу системи моніторингу повітряного середовища .....	25
3.3. Розробка умовних позначень щодо картографічного відобра- ження мережі стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря .....	26
3.4. Картографічне відображення мережі стаціонарних постів	28

спостереження за забрудненням атмосферного повітря м. Житомир .....	
<b>РОЗДІЛ 4. НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ</b>	
<b>СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОВІТРЯНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ</b>	
м. ЖИТОМИР НА ОСНОВІ ГІС-АНАЛІЗУ .....	30
4.1. Сутність ГІС-аналізу .....	30
4.2. Результати ГІС-аналіз сучасного стану системи спостереження за повітряними середовищем в м. Житомир .....	31
4.3. Напрямки вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир на основі ГІС-аналізу ...	32
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	34
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	36
<b>ДОДАТКИ</b> .....	39

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Атмосфера – найбільш динамічна оболонка Землі. У атмосферному повітрі містяться гази відносно постійного складу, а також величезна кількість так званих мінливих газів (слідів), вміст яких може суттєво змінюватися у просторі та часі. Склад атмосфери знаходиться у стані динамічної рівноваги, що підтримується такими кліматичними чинниками, «... як переміщення повітряних мас (вітер і конвекція), атмосферні опади, життєдіяльність тваринного і рослинного світів, особливо лісів і планктону світового океану, а також в результаті космічних процесів, геохімічних явищ і господарської діяльності людини» [6].

На склад та якість атмосферного повітря суттєво впливають природні та антропогенні чинники. Сучасна господарська діяльність призводить до локальних, регіональних і глобальних екологічних проблем: потепління клімату, кислотні опади, руйнування озонового шару тощо. Потрапляючи в атмосферу, шкідливі речовини антропогенного походження в багатьох випадках перевищують гранично допустимі концентрації, що призводить до змін фізико-хімічних властивостей повітря і погіршення його якості.

Проблема забруднення атмосфери розглядається в першу чергу для великих мегаполісів та регіонів з високим ступенем промислового виробництва. Враховуючи те, що основна частка підприємств і автомагістралей розташована у великих містах, виключно актуальними є питання оцінки якості повітря саме у містах.

З метою обмеження шкідливих викидів в атмосферу і запровадження сучасних вискоелективних методів очищення атмосферного повітря необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану. Спостереження за показниками якості повітря проводять на стаціонарних і пересувних постах спостереження (ПСЗ), кількість яких визначають, виходячи з категорії населеного пункту та чисельності населення.

Використання аналітичних можливостей ГІС допомагає з'ясувати, чим обумовлено місцеположення стаціонарних постів спостереження за станом

атмосферного повітря, та встановити закономірності розподілу і просторові взаємозв'язки між ними. Результати ГІС-аналізу дають можливість сконцентрувати зусилля в потрібному напрямі або зробити якнайкращий вибір, зіставляючи місцезположення об'єктів. На основі ГІС-аналізу можна одержувати більш точну й оновлену інформацію, а також створити нові дані, недоступні раніше. Наразі у світі розроблено велику кількість різноманітних геоінформаційних систем (сімейство програмних пакетів ArcGIS, ГІС-пакет MapInfo Professional, програма створення і оновлення цифрових карт Digital) тощо, які використовуються у різних сферах діяльності людини.

**Мета досліджень:** оцінка наявної системи спостереження за повітряним середовищем в м. Житомир та обґрунтування пропозицій щодо підвищення її ефективності на основі ГІС-аналізу.

**Завдання досліджень:**

- охарактеризувати атмосферне повітря як складову довкілля;
- встановити найбільш небезпечні джерела забруднення атмосферного повітря в м. Житомир;
- розглянути організацію моніторингових спостережень за показниками екологічного стану повітряного середовища в населених пунктах;
- здійснити оцінку сучасного стану мережі постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Житомир;
- розглянути порядок опрацювання даних, отриманих від стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря;
- визначити порядок використання ГІС-технологій в оцінці системи спостереження за повітряним середовищем міста;
- розробити умовні знаки для картографічного відображення мережі спостереження за повітряним середовищем міста;
- обґрунтувати пропозиції щодо вдосконалення системи спостереження за забрудненням атмосферного повітря на основі ГІС-аналізу;

**Об'єкт дослідження:** система спостереження за повітряним середовищем м. Житомир.

**Предмет дослідження:** мережа стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря м. Житомир.

**Методи дослідження.** В процесі виконання роботи були використані загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: польовий (обстеження місць розташування ПСЗ); лабораторний (вивчення порядку та змісту опрацювання даних, отриманих зі стаціонарних ПСЗ); порівняльно-розрахунковий (порівняння наявної та нормативної кількості постів); ГІС-аналіз (аналіз картографічного відображення розташування найбільш небезпечних об'єктів забруднення повітряного середовища та мережі стаціонарних ПСЗ в м. Житомир) та методи аргументування (для доведення власних суджень).

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- проаналізовано відповідність існуючої мережі стаціонарних ПСЗ в м. Житомир нормативним положенням;
- відпрацьовані та запропоновані умовні позначення системи спостереження за повітряним середовищем для цифрових карт (планів) міст;
- проведено нанесення існуючих стаціонарних ПСЗ на цифрову карту м. Житомир;
- проведено ГІС-аналіз місць розташування та щільності найбільш небезпечних джерел забруднення повітряного середовища і мережі стаціонарних ПСЗ в місті;
- обґрунтовані шляхи підвищення ефективності функціонування мережі спостереження за повітряним середовищем в м. Житомир.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати роботи можуть бути використані для розробки пропозицій щодо підвищення ефективності процесу спостереження за станом забруднення атмосферного повітря м. Житомир і включені до стратегічного плану розвитку м. Житомир до 2030 року.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення і результати дослідження пройшли апробацію на двох Всеукраїнських науково-практичних конференціях: «Сталий розвиток країни в рамках Європейської



інтеграції» (12 листопада 2020 р, м. Житомир) та «Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій» (19 листопада 2020 р., м. Житомир).

**Публікації.** Основні результати досліджень опубліковано у трьох наукових працях: «Стан використання стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в місті Житомир», «Вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир на основі ГІС-аналізу», «Інформаційне забезпечення результатів ГІС-аналізу на цифрових картах».

**Основні положення, що виносяться на захист:**

- організація системи спостережень та контролю забруднення атмосферного повітря в м. Житомир не достатньо ефективна;

- для цифрового картографування об'єктів системи спостереження за станом атмосферного повітря міста розроблено відповідні умовні знаки;

- ГІС-аналіз мережі стаціонарних ПСЗ дає можливість обґрунтувати шляхи підвищення ефективності процесу спостереження за станом атмосферного повітря в м. Житомир;

- для вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир слід розробити програму оптимізації мережі стаціонарних ПСЗ; довести кількість стаціонарних ПСЗ до нормативних вимог – додатково створити один стаціонарний ПСЗ № 3 та декілька (мінімум 2) пересувних; привести стан території розташування стаціонарних ПСЗ до вимог щодо їх експлуатації; провести технічне оновлення мережі стаціонарних ПСЗ сучасними високочутливими приладами і системами оцінки якості атмосферного повітря.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається із вступу, чотирьох розділів та додатків. Обсяг роботи та становить 38 сторінок комп'ютерного набору. Робота містить 14 рисунків одну таблицю, додатки на 6 сторінках. Список використаних джерел налічує 35 найменувань.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА

#### 1.1. Характеристика атмосферного повітря як складової довкілля

Атмосфера – газоподібна оболонка Землі, яка оточує планету, пов'язана з нею силою тяжіння, обертається разом з нею і включає суміш різних газів. Атмосфера досягає висоти 1500-2000 км, її маса становить  $5,15 \cdot 10^21$  т. Склад газів нижньої частини атмосфери незмінний – це суміш, що утворена газами, основними з яких є: азот, кисень, аргон. Важливими є і малі домішки: вуглекислий газ, метан тощо [5].

Надзвичайно важливу роль в атмосфері Землі відіграє тривалентна форма кисню – озон  $O_3$ , основна маса якого зосереджується на висоті 15-50 км з максимумом концентрацій в межах 20-25 км, де утворюється «озоновий екран» [5]. Товщина озонowego шару не перевищує 3,5 мм. Озон відіграє роль «фільтра», що поглинає ультрафіолетову радіацію, але сам при цьому руйнується. Його руйнування призводить до надходження більш високих рівнів ультрафіолетового випромінювання на поверхню Землі. Наразі вміст озону зменшився на 40 %. Це явище відоме як «озонова діра». Причини цього феномену: особливості циркуляції атмосфери, руйнування озонowego шару оксидами нітрогену та сполуками хлорфторвуглеводню тощо [6, 34].

Атмосферне повітря виконує такі функції:

- регулює сезонні й добові коливання температури;
- містить кисень, необхідний для дихання живих організмів;
- служить джерелом енергії;
- використовується транспортними засобами;
- використовується у технологічних процесах горіння і плавки;
- є джерелом хімічної сировини для отримання кисню, азоту, інертних газів, карбону (IV) оксиду та ін.;
- є середовищем для розміщення газоподібних відходів виробництва;

- трансформує газоподібні продукти обміну речовин; газоподібні та пилоподібні відходи.

Протягом багатьох віків людина адаптувалася до певних параметрів повітря. Воно є необхідним компонентом для життєдіяльності будь-якого живого організму. Відхилення показників його якості від нормативних значень негативно впливає на стан людини.

Наразі у промислових районах та у зоні впливу автотранспортних засобів атмосфера насичена речовинами, які різняться за своєю природою, агрегатним станом і температурою. Утворюється так звана специфічна атмосферна виробнича зона, яка за своїми параметрами далека від природної [34].

## **1.2. Джерела забруднення повітряного середовища міста**

Забруднення атмосфери – це привнесення у повітря чи утворення в ньому різноманітних фізичних агентів, хімічних речовин та організмів, що несприятливо впливають на життя організмів і завдають збитки матеріальним цінностям [5, 6]. Причому природні джерела виділяють більше шкідливих речовин, але більш небезпечними є речовини саме антропогенного походження.

Основними антропогенними джерелами забруднення атмосфери є: всі види транспортних засобів, теплове й енергетичне устаткування, промислові підприємства та сільське господарство.

Промислові джерела забруднення атмосферного повітря поділяються на джерела виділення (технологічні пристрої, в процесі експлуатації яких виділяються шкідливі речовини) і джерела викиду (промислові установки, з допомогою яких шкідливі речовини потрапляють в атмосферу) [6]. Від підприємств в атмосферу надходять викиди, що містять забруднюючі речовини: мінеральний пил, сажу, частинки важких металів та їх сполук, сірчану кислоту та сірчистий ангідрид, оксиди азоту, аміак, ароматичні вуглеводні, ціаністий і хлористий водень, інші специфічні забруднювачі [8].

Шкідливі викиди в атмосферу від пересувних джерел – автомобіль-

ного, авіаційного та залізничного транспорту, які у загальному обсязі становлять 50-80 %, складаються із продуктів неповного згоряння використаного ними палива. Відпрацьовані автомобільні гази містять понад 200 токсичних речовин (оксид вуглецю, оксиди азоту, тетраетилсвинець, альдегіди, кетони, вуглеводні, сажу, сірчистий ангідрид та ін.) [18, 19]. Причому, їх кількість збільшується при малих швидкостях руху. Найбільш поширеними забруднювачами атмосфери від пересувних транспортних засобів є: оксид вуглецю CO, діоксид сірки SO<sub>2</sub>, оксид азоту NO<sub>x</sub>, вуглеводні C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> (сажа) та пил [25].

Слід зазначити, що викиди забруднюючих речовин в атмосферу є основним джерелом забруднення води та ґрунту в регіональному масштабі, а в деяких випадках і в глобальному.

### **1.3. Організація спостережень та контролю забруднення атмосферного повітря міста**

У великих промислових районах ступінь забруднення атмосферного повітря може суттєво перевищувати чинні санітарно-гігієнічні нормативи. Характер часових та просторових змін вмісту шкідливих речовин та їхніх концентрацій в атмосферному повітрі визначається цілою низкою різноманітних факторів. Основою для виявлення закономірностей слугують спостереження за станом забруднення повітряного басейну.

Служба спостережень і контролю за станом атмосферного повітря складається із двох складових частин, або [7, 17]:

- системи контролю, що забезпечує контроль джерел забруднення і регулює викиди шкідливих речовин в атмосферу. Це дозволяє оцінити ступінь забруднення атмосферного повітря в місті або будь-якому іншому населеному пункті, де є стаціонарні й пересувні джерела викидів, певною забруднюючою речовиною;

- системи спостережень (моніторингу), що забезпечує спостереження за якістю атмосферного повітря в містах, населених пунктах і територіях, які

знаходяться поза зоною впливу конкретних джерел забруднення. Спостереження за станом атмосферного повітря проводять в районах значного антропогенного впливу (в містах, промислових і агропромислових центрах тощо) та в районах, віддалених від джерел забруднення (у фонових районах).

Для отримання репрезентативної інформації про просторову і часову зміну забруднення повітря попередньо проводять обстеження метеорологічних умов і характеру просторової та часової зміни забруднення повітря за допомогою пересувних засобів (пересувні лабораторії) [7, 18].

На карту (план) міста (населеного пункту) наносять регулярну сітку з кроком 0,1; 0,5 або 1,0 км [20]. За спеціально розробленою програмою випадкового відбору проб на місцевості відбираються й аналізуються проби в точках, що співпадають з вузлами сітки, яка накладена на карту (план). Встановивши ступінь забруднення атмосферного повітря всіма домішками, що були викинуті, а також характер змін полів концентрацій домішок по території і за часом з врахуванням карт забруднення повітря, розробляють схему розміщення стаціонарних постів спостереження на території міста та програму виконання робіт [11, 12].

При розміщенні постів спостережень перевагу надають районам житлової забудови, де можливі випадки перевищення встановлених граничних значень гігієнічних показників ГДК, особливо – з найбільшою щільністю населення. Спостереження проводяться за всіма показниками, рівні яких перевищують ГДК [10, 11]. В обов'язковому порядку вимірюються основні забруднюючі речовини, що найбільш часто зустрічаються: пил, оксид вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки. Вибір інших речовин, які потребують контролю, визначається специфікою конкретного виробництва на даній місцевості, а також частотою перевищення ГДК [1, 11].

З метою порівняння результатів спостережень, «...отриманих в різних географічних і часових умовах, використовуються єдині уніфіковані методи відбору й аналізу проб, обробки і передачі інформації» [9, 11]. Інформація, яка отримана на мережі спостережень, за ступенем оперативності поділяється

на наступні категорії:

- екстрена – містить відомості про значні та різкі зміни рівнів забруднення атмосферного повітря, яка передається у відповідні (контролюючі, виконавчі, господарські) організації негайно;

- оперативна – містить узагальнені результати спостережень за місяць;

- режимна – містить дані про середні та найбільші рівні забруднення повітря атмосферного повітря протягом тривалого часу (як правило, за рік).

Оперативна та режимна інформація надається зацікавленим і контролюючим організаціям під час їх накопичення: щомісячно і щорічно. Режимна інформація використовується при плануванні заходів щодо охорони атмосфери, встановлені нормативів викидів, оцінці збитків що були завдані народному господарству внаслідок забруднення атмосферного повітря.

Мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря в населених пунктах включає: пости ручного відбору проб повітря та автоматизовані системи спостережень і контролю навколишнього середовища (АСКНС). Посты спостережень за забрудненням поділяють на: стаціонарні, маршрутні та пересувні (підфакельні) [12, 13]. З постів ручного відбору проби передають до хімічної лабораторії для проведення аналізу. Системи АСКНС є стаціонарними, вони обладнані пристроями безперервного відбору й аналізу проб повітря та автоматичної передачі інформації по каналах зв'язку до центру управління і регулювання станом атмосферного повітря в заданому режимі [18].

## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ. ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Програма досліджень

Відповідно до поставленої мети дипломної роботи програмою досліджень передбачалося:

- проаналізувати джерела забруднення повітряного середовища міста;
- ознайомитися з організацією спостережень і контролю за забрудненням атмосферного повітря в місті;
- вивчити розташування та порядок використання стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Житомир;
- розробити умовні позначення елементів системи спостережень та контролю за забрудненням атмосферного повітря в місті для цифрової карти;
- нанести елементи системи спостережень та контролю за забрудненням атмосферного повітря в м. Житомир на цифрову карту міста;
- здійснити оцінку відповідності мережі стаціонарних ПСЗ м. Житомира чинним нормативним вимогам;
- обґрунтувати пропозиції щодо підвищення ефективності використання мережі спостереження за забрудненням атмосферного повітря у м. Житомир.

Вихідними даними виконання дослідження є: план м. Житомир; шляхи найбільшої інтенсивності руху автомобільного транспорту через місто; місця розташування основних стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря; наявна мережа спостереження за забрудненням атмосферного повітря в місті; результати опрацювання даних стаціонарних ПСЗ; відповідна нормативна документація.

#### 2.2. Загальні відомості про основні об'єкти забруднення повітряного середовища в м. Житомир

Місто – це територіально обмежена частина географічної оболонки, в якій поєднуються природні та штучні компоненти. Воно являє собою антро-

погенну екосистему, з концентрованим розміщенням промислових і комунальних споруд і населення, що знаходиться на його території [6]. Сучасне місто – це центр зосередження багатогалузевої промисловості, розгалуженої транспортної мережі з густозаселеними житловими масивами.

Для сучасного промислового міста все більш характерним стає проблема техногенного погіршення атмосфери: високий рівень забруднення, поступове підвищення середньорічної температури, смоги, кислотні опади тощо [35]. Гострота екологічної ситуації спонукає шукати шляхи підвищення якості та ефективності контролю за станом атмосферного повітря міста.

Місто Житомир – обласний центр, площа якого становить 60,83 тис. км<sup>2</sup>, населення – більше 264 тис. чол., щільність населення – 4,34 чол./км<sup>2</sup> [3].

Найбільшими забруднювачами повітря міста є крупні промислові підприємства та автотранспортні засоби (відповідно 35 і 65%) [4]. Близько 29% усіх шкідливих викидів надходить від підприємств теплоенергетики.

У м. Житомир спостерігається високий рівень забруднення навколишнього середовища. За даними державного комітету статистики України в м. Житомир 96 підприємств здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферу, серед них 49 здійснюють викиди металів та їх сполук, 79 – речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна), 90 – сполук азоту, 62 – оксиди азоту (в перерахунку на NO<sub>2</sub>), 42 – оксиду азоту (I) (N<sub>2</sub>O), 15 – аміаку, 39 – діоксиду та інших сполук сірки, 34 – сірки діоксиду, 90 – оксиду вуглецю, 55 – вуглецю діоксид, 65 – неметанових летких органічних сполук, 42 – метану, 10 – фтору та його сполук, 7 – хлору та його сполук (в перерахунку на хлор), 1 – азотної кислоти, 1 – фенолів [2].

До найбільш екологічно небезпечних об'єктів по забрудненню атмосферного повітря станом на 2019 р. в м. Житомир належать [4]: ВАТ «Біомедскло» – виробництво та оброблення скла та виробів зі скла, обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 177,33 т/рік (рис. 2.1), ОПТМ «Житомиртеплокомуненерго» – виробництво та розподіл тепла – 233,87 (рис. 2.2) та ТОВ «Житомирський картонний комбінат» – 164,62 т/рік.





Рис. 2.1. ВАТ «Біомедскло»



Рис. 2.2. ОПТМ  
«Житомиртеплокомуненерго»

Основними забруднюючими речовинами в м. Житомир, що надходять від стаціонарних джерел, є: оксид вуглецю  $\text{CO}$  – 15 183 т, сполуки азоту  $\text{NO}_x$  – 1607,7 (з них діоксид азоту – 1427,4), діоксид сірки  $\text{SO}_2$  – 996,5 та пил – 2543,2 т [3]. Середня концентрація деяких з них станом на 2019 р. значно перевищує ГДК (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Найбільші середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферному повітрі м. Житомир\***

Домішки	Середньорічні концентрації				Максимальні концентрації		
	Номери постів (ПСЗ)		По місту		Номери постів (ПСЗ)		По місту
	1	2	2016	2015	1	2	2019
Завислі речовини	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0,4
Діоксид сірки	0,6	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2
Діоксид азоту	2,0	2,0	2,0	3,0	1,0	1,1	1,1
Кадмій	0,0	-	0,0	0,0	0,1	-	0,1
Манган	0,0	-	0,0	0,0	0,1	-	0,1
Мідь	0,0	-	0,0	0,0	0,1	-	0,1
Свинець	0,1	-	0,1	0,1	0,3	-	0,3

\* Джерело – екологічний паспорт Житомирської області

Житомир – великий транспортний вузол України. Через місто та довкола проходять дороги європейського значення Київ-Варшава (Е 40), державного рівня Мінськ-Ізмаїл (Р 10), а також місцеві – на Чуднів (М 20), Хмельницький

(М 03) та інші. В місті функціонують дві автостанції, що забезпечують його сполучення з населеними пунктами області, України та зарубіжжя.

Автотранспортні засоби залишаються найбільшим забруднювачем атмосферного повітря м. Житомир. Показники діяльності транспортного комплексу міста свідчать про інтенсивний розвиток автомобільного транспорту. Незважаючи на постійне підвищення цін на паливно-мастильні матеріали, у 2019 році споживачам доставлено 38,9 млн т вантажів. Послугами автомобільного транспорту скористались 101,18 млн пасажирів [2]. Слід відмітити, що потреба у постійному збільшенні автотранспортних перевезень зумовила зростання забруднення атмосферного повітря великих міст області відпрацьованими газами до 50-80%, а отже – і збільшення ризику для здоров'я населення.

Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу автомобільним транспортом у м. Житомир станом на 2019 р. складають 60,74 тис. т. У відпрацьованих газах автомобільних двигунів «...міститься близько 100 різних компонентів, більшість з яких токсичні. Серед токсичних компонентів, які викидаються автотранспортом, 73% становлять оксиди вуглецю, 11 – неметанові леткі органічні сполуки, 13 – оксиди азоту, 1,6 – сажа, 1,4 – сірчистий ангідрид» [4]. Крім того, автотранспорт є значним забруднювачем важкими металами. Значний обсяг викидів від автотранспорту пояснюється збільшенням кількості приватного автотранспорту, використанням палива низької якості, експлуатацією технічно-застарілого автомобільного парку та аварійним станом автомобільних доріг.

### **2.3. Організація моніторингових спостережень за показниками екологічного стану повітряного середовища в населених пунктах**

З прийняттям Закону України «Про охорону атмосферного повітря» у 1992 р. розширилися функції служб спостереження та контролю за забрудненням атмосфери, які використовують розрахункові й експериментальні методи (регулярні спостереження за концентраціями шкідливих домішок) [1].

Система моніторингу атмосферного повітря призначена для оцінки якості повітря та його зміни, в тому числі в критичних і аварійних ситуаціях. Перелік забруднюючих речовин, за якими здійснюється спостереження, визначається законодавчо (в залежності від специфіки виробництва). Мережа служби моніторингу надає інформацію про вміст забруднюючих речовин у повітрі [1, 10].

Якість повітря в населених пунктах контролюється на стаціонарних, маршрутних і пересувних (підфакельних) постах спостереження [17].

Серед стаціонарних постів виділяють [13]:

- опорні, які призначені для спостереження і виявлення довготривалих змін вмісту основних або найбільш поширених забруднюючих речовин;
- неопорні, які призначені для спостережень за специфічними шкідливими речовинами, що характерні для контрольованої місцевості.

Кожний пост, незалежно від категорії, має розміщатися на відкритому, провітрюваному з усіх боків майданчику з непилячим покриттям (асфальт, твердий ґрунт, газон) таким чином, щоб були виключені викривлення результатів вимірювань наявністю зелених насаджень, будинків і т. ін. [7].

Стаціонарний і маршрутний пости розміщують в місцях, що вибирають на основі попереднього дослідження рівня забруднення повітряного середовища міста викидами промисловості й автотранспортних засобів, побутовими та іншими джерелами, а також умов їх розсіювання. Пости розміщують у житлових районах з різним типом забудови (в першу чергу, найбільш забруднених), центральній частині населеного пункту, зонах відпочинку, на територіях, які прилягають до магістралей інтенсивного руху транспорту.

Розміщення стаціонарних постів узгоджується з місцевими органами з гідрометеорології і контролю природного середовища і санітарно-епідеміологічною службою.

Кількість постів та місця їх розміщення визначають з врахуванням рельєфу місцевості, площі населеного пункту, чисельності населення, а також ступеня розвитку промисловості, мережі магістралей з інтенсивним

транспортним рухом та їх розташування по території міста, розташування місць відпочинку і курортних зон. Кількість стаціонарних постів, в залежності від чисельності населення, встановлюються «...не менше: 1 пост – до 50 тис. жителів, 2 поста – 100 тис. жителів, 2-3 поста – 100-200 тис. жителів, 3-5 постів – 200-500 тис. жителів, 5-10 постів – більше 500 тис. жителів, 10-20 постів (стаціонарних і маршрутних) – більше 1 млн. жителів» [1, 7].

В населених пунктах, як правило, встановлюють один стаціонарний або маршрутний пост через кожні 0,5-5 км з врахуванням складності рельєфу і наявності значної кількості джерел забруднення.

Стаціонарний пост спостереження призначений для відбору проб атмосферного повітря на газові домішки з метою їх подальшого лабораторного аналізу, безперервного реєстрування вмісту забруднюючих речовин автоматичними газоаналізаторами та вимірювання метеорологічних параметрів атмосфери (швидкості й напрямку вітру, температури і відносної вологості повітря, атмосферного тиску).

На стаціонарних постах спостереження за метеорологічними показниками і забрудненням атмосферного повітря проводять цілодобово, у всі пори року, незалежно від погодних умов. Спостереження проводять, як правило, за однією з трьох програм: повною, неповною або скороченою [18]. При спостереженнях метеорологічних умов відбір проб повітря на всіх постах спостереження має здійснюватися через кожні 3 год.

Стаціонарний пост спостереження типу «ПОСТ-2» забезпечує визначення чотирьох основних домішок: завислих речовин (пилу), оксиду вуглецю, діоксиду азоту, діоксиду сірки та специфічних – бенз(а)пірену й восьми важких металів (свинцю, міді, заліза, нікелю, кадмію, марганцю, цинку хрому). СПЗ обслуговує оператор. Пост може працювати як в безперервному режимі, так і з перервами (при обслуговуванні оператором 2-4 рази на добу). Середній термін служби стаціонарного поста 10 років [12].

Комплект «ПОСТ-2» містить: павільйон, систему відбору проб на газові домішки і пил [12, 13]. До неї входять:

- пробовідбірний зонд, що забезпечує можливість одночасного відбору проб повітря по п'яти незалежних каналах (рис. 2.3);
- вимірник-регулятор мікропроцесорний, у т. ч. датчик температури;
- касета з поглинальними приладами;
- аспіратор АПВ-4 (2 шт.) (рис. 2.4), який призначений для відбору проб повітря на газові домішки;



*Рис. 2.3. Пробовідбірний зонд*



*Рис. 2.4. Аспіратор АПВ-4*

- зонд для відбору проб на пил (2 шт.) (рис. 2.5).

Відбір проб повітря на пил в ручному режимі проводиться за допомогою двох пробовідбірних зондів і аспіратора АВА-1;

- аспіратор автоматичний одноканальний типу АВА-1 (рис. 2.6), що забезпечує вимірювання витрати повітря від 80 до 150 дм<sup>3</sup>/хв.



*Рис. 2.5. Зонд для відбору проб на наявність пилу*



*Рис.2.6. Аспіратор автоматичний одноканальний типу АВА-1*

*Система життєзабезпечення* – автоматично підтримує температуру усередині павільйону в межах 15-25°C в діапазоні температур навко-

лишнього повітря  $-50-50^{\circ}\text{C}$ ; розподіляє електроживлення по пристроях і блоках; відключає електроживлення у разі виникнення пожежонебезпечної ситуації (температура більше  $70^{\circ}\text{C}$ ); сигналізує про несанкціоноване розкриття павільйону.

*Метеорологічна станція* – пульт управління метеостанції М-49 розміщений усередині павільйону, а датчики встановлені на щоглі.

*Метеорологічна щогла* – для розміщення на ній метеорологічних датчиків, які є складовими частинами станції М-49 (датчик вітру, датчики температури і вологості повітря).

*Комплект допоміжного устаткування* – для забезпечення зручності і безпеки роботи обслуговуючого персоналу.

*Маршрутний пост спостереження* – «...місце на певному маршруті в місті. Він призначений для регулярного відбору проб повітря у фіксованій точці місцевості при спостереженнях, які проводяться за допомогою пересувної апаратури, що розміщені у автолабораторіях. Така пересувна лабораторія має продуктивність близько 5000 відборів проб за рік. За день на такій машині можливо провести відбір 8-10 проб повітря. Порядок об'їзду маршрутних постів щомісячно змінюється таким чином, щоб відбір проб повітря на кожному пункті проводився у різний час доби» [7, 18].

*Пересувний (підфакельний) пост* «...призначений для відбору проб під димовим (газовим) факелом з метою виявлення зони впливу даного джерела. Підфакельні спостереження здійснюються за спеціально розробленими програмами і маршрутами за специфічними забруднюючими речовинами, що характерні для викидів даного підприємства. Відбір проб повітря проводиться послідовно за напрямком вітру, з урахуванням закономірностей розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері на відстанях (0,2-0,5); 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15 і 20 км від стаціонарного джерела викиду, а також з підвітряної сторони джерела» [7]. Спостереження під факелом проводять за типовими для конкретного підприємства інгредієнтами з урахуванням обсягу викидів та їх токсичності. «В зоні максимального забруднення відбираються

не менше 60 проб повітря, а в інших зонах – не менше 25. Відбір проб повітря при проведенні підфакельних спостережень проводиться на висоті 1,5 м від поверхні землі протягом 20-30 хв. не менше, ніж у трьох точках одночасно. Одночасно відбираються проби під факелами основних джерел забруднення на території найбільшої щільності населення» [18].

#### **2.4. Стисла характеристика мережі моніторингу повітряного середовища м. Житомир**

Організацію мережі моніторингу за забрудненням атмосферного повітря в м. Житомир покладено на Житомирський обласний центр з гідрометеорології [4]. За даними лабораторії державної екологічної інспекції в Житомирській області в м. Житомир контроль за станом атмосферного повітря здійснюють на п'яти підприємствах з періодичністю один раз на рік (підфакельні спостереження): ВАТ «Житомирський комбінат силікатних виробів» (2 точки); ВАТ «Біомедскло» (1 точка); ОПТМ «Житомиртеплокомуненерго» (5 точок); ВАТ «Житомирський м'ясокомбінат» (1 точка); Житомирське ВУВК (1 точка).

Моніторинг забруднення атмосферного повітря в м. Житомир здійснюють на двох стаціонарних постах спостережень Житомирського обласного центру з гідрометеорології (ПСЗ) типу «ПОСТ-2»: ПСЗ № 1 (вул. Вітрука, 31) та ПСЗ № 2 (вул. Михайла Грушевського) (див. рис. 3.4) [4].

На посту спочатку визначається наявність у повітрі шкідливих речовин. Далі вимірюється напрям та швидкість вітру, після чого концентрація пилу та важких металів. Отримані дані спостережень направляють до Києва, де ця інформація обробляється і отримані результати про стан забрудненості та наявність у повітрі шкідливих речовин надсилається до місцевої влади для прийняття на місці відповідних рішень, щодо заходів покращення стану повітря [11, 33].

### РОЗДІЛ 3

## КАРТОГРАФУВАННЯ МЕРЕЖІ СТАЦІОНАРНИХ ПОСТІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОВІТРЯНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ м. ЖИТОМИР У ГІС-ПРОГРАМІ

### 3.1. Загальна характеристика ГІС-програм

Протягом останніх десятиріч світовою індустрією розроблено значну кількість геоінформаційних систем (сімейство програмних пакетів ArcGIS, ГІС-пакет MapInfo Professional, програма створення і оновлення цифрових карт Digitals та ін.) [21, 22]. Під час застосування комп'ютерних ГІС-технологій, як правило, дотримуються ідентичності умовних позначень, що спрощує процес використання паперових та цифрових карт.

Програма «Digitals» (Україна, розроблена науково-виробничим підприємством «Геосистема» м. Вінниця) використовується в органах державного управління м. Житомир. Вона структурно включає: менеджер умовних знаків; менеджер шарів; менеджер параметрів (рис. 3.1) [29].

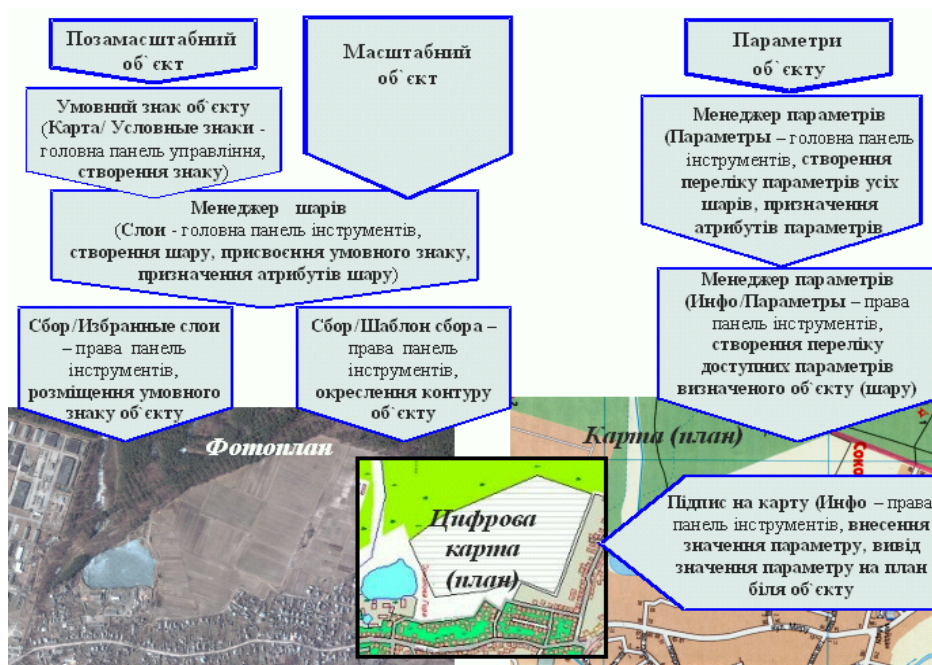


Рис. 3.1. Структура «Digitals»

При виконанні операцій в Digitals використовуються стандартні погодження та принципи, які прийняті для Windows-програм [30].



Останні версії Digital/Delta містять низку нових можливостей, які дозволяють проводити збір даних як в стерео-, так і в монорежимі. Програма дозволяє використовувати для збору растрові файли аерокосмічних знімків та сканованих карт будь-якого розміру. Також додані нові функції редагування, можлива передача даних в інші системи та використання програми як навігаційного приладу разом із GPS-приймачами [29]. До програми Digital додаються файли – класифікатори інформації, які містять встановлений перелік умовних позначень для карт і планів різних масштабів (рис 3.2).

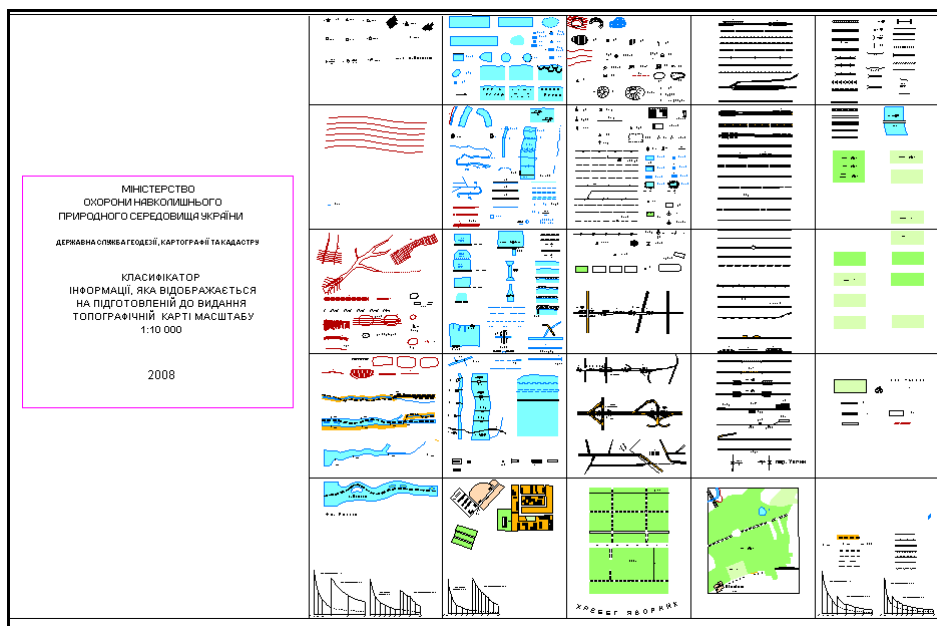


Рис. 3.2. Класифікатор інформації програми Digital

Аналіз класифікаторів інформації програми Digital свідчить, що вони не мають набору умовних позначень для картографічного відображення об'єктів контролю за повітряним середовищем, які належать до точкових та лінійних об'єктів [15].

### 3.2. Географічна інформаційна технологія як метод відображення та аналізу системи моніторингу повітряного середовища

Основою ГІС є дані з просторовими координатами, які пов'язані з конкретними об'єктами (системи) або явищами (зони забруднення) на місцевості. У загальному випадку ГІС-технології передбачають такі основні

процедури (операції) з даними: формування даних, маніпулювання даними, нанесення і візуалізація даних та комплексний аналіз [22, 26].

Для багатьох типів просторових ситуацій кінцевим результатом є представлення даних на картографічній основі. Карта – ефективний, інформаційний спосіб зберігання, представлення, вивчення, аналізу та передачі просторової інформації про об'єкти та явища. За допомогою ГІС-технологій карта може бути легко доповнена звітами, тривимірними зображеннями, фотографіями та іншими засобами [23, 31].

За допомогою ГІС-технологій зручно моделювати розповсюдження забруднень від точкових і просторових джерел на місцевості та в атмосфері. Розташування стаціонарних джерел викидів в місті та їх параметри відомі або їх можна визначити. На підставі метеорологічних параметрів, в тому числі «рози вітрів», з використанням математичних і фізичних моделей можна розрахувати поля концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для будь-якої ситуації. Результати модельних розрахунків можна накладати на карту житлових масивів, рослинності, сільгоспугідь, що дозволяє оперативно оцінити найближчі й віддалені наслідки екстремальних ситуацій. ГІС-технології мають багато методів для просторового аналізу. Найбільш важливі є: аналіз місця розташування та щільності, аналіз близькості та аналіз накладання, аналіз оточення та просторових змін тощо.

Застосування ГІС є ефективним для виявлення причинно-наслідкових ланцюгів та взаємозв'язків, оцінки несприятливих і негативних впливів на екосистему та її компоненти, прийняття оперативних природоохоронних рішень та їх коригування незалежно від зміни зовнішніх умов тощо.

### **3.3. Розробка умовних позначень для картографічного відображення мережі спостереження за повітряним середовищем**

Картографічними умовними знаками називають графічні символи, що застосовуються на картах для позначення різних об'єктів та їх характеристик. Коротка форма цього ж терміну – умовні знаки [20]. Ці знаки та їх системи

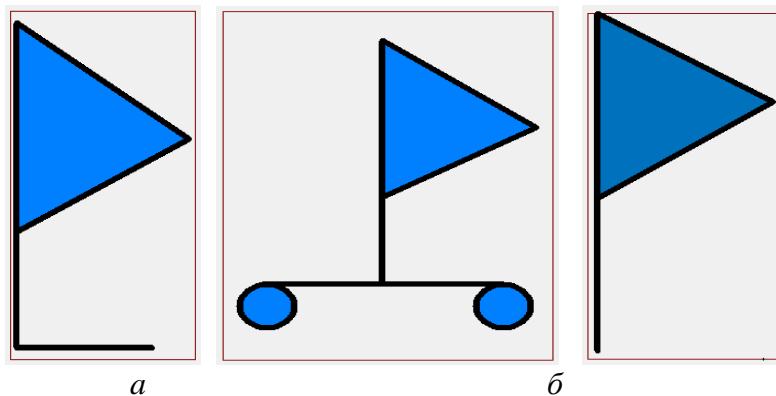
утворюють особливу штучну мову – мову карт. Вони передають зміст карт, відомості про реальну дійсність, яка міститься в картах та позначають предмети, явища, процеси.

Картографічні знаки окремих об'єктів виконують дві основні функції: по-перше, вказують вид об'єктів і деякі їх кількісні та якісні характеристики, по-друге, визначають просторове положення, планові розміри і форми цих об'єктів [23].

При аналізі й розробці картографічних знаків зручно класифікувати їх за способами картографічного зображення, що враховує характер розміщення й сутність об'єктів або явищ, які картографуються. На вид знаків (форма, розмір, рисунок, колір) впливає площа території, обсяг змісту карти, характер просторового розміщення об'єктів та явищ. Умовні знаки поділяють на: площинні (полігони); лінійні та позамасштабні (точкові) [20].

Вихідний момент для розробки умовних знаків – класифікація об'єктів картографування. Розробку системи картографічних позначень визначає низка основних факторів: масштаб карти; призначення (характер задач, що вирішуються, умови користування картою); тип карти [32].

Виходячи з основних положень щодо умовних позначень для карт, враховуючи можливості комп'ютерних технологій розроблено такі умовні знаки: стаціонарний пост спостереження (рис. 3.3, а); маршрутний пост спостереження (рис. 3.3, б); підфакельний пост спостереження (рис. 3.3, в) [15].



**Рис. 3.3. Умовні знаки постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря**

Умовні знаки належать до категорії позамасштабного знаку і виконані в колірній моделі «Типографічна тріада», базовими кольорами якої є: блакитний (*Cyan*), пурпурний (*Magenta*), жовтий (*Yellow*), чорний (*black*).

Контури знаків виконано потовщеною лінією чорного кольору (в моделі СМУК: С – 0, М – 0, Y – 0, К – 100), колір забарвлення знаків – зеленувато-блакитний (в моделі СМУК: С – 100, М – 50, Y – 0, К – 0).

### **3.4. Картографічне відображення мережі стаціонарних постів спостереження за повітряним середовищем м. Житомир**

Мета аналізу та оцінки стану системи спостереження за атмосферним повітрям в місті визначає послідовність нанесення додаткової інформації на план (карту) міста. При картографічному відображенні додаткової інформації використовуються прийняті (розроблені) умовні знаки, дані офіційних джерел інформації та натурні обстеження [15, 24, 32].

Для подальшої роботи використовується програма DigitalS.

Основні положення щодо нанесення додаткової інформації на цифрову карту міста у програмі DigitalS [29]:

1. Картографічне відображення найбільше небезпечних джерел забруднення атмосферного повітря м. Житомир. Джерела інформації – лабораторія державної екологічної інспекції в Житомирській області та Екологічний паспорт Житомирської області за 2019 рік.

2. Картографічне відображення розташування стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря. Джерела інформації – Житомирський обласний центр з гідрометеорології та польові обстеження.

3. Картографічне відображення розташування маршрутних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря.

4. Картографічне відображення розташування підфакельних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря. Джерела інформації – Лабораторія державної екологічної інспекції в Житомирській області.

Програма DigitalS дозволяє проводити збір векторної інформації з

растрових зображень: відсканованих карт (планів), аерознімків або космічних знімків центральної та панорамної проекцій.

Після включення режиму збору об'єктів і вибору шаблону приступають до збору об'єктів, тобто до реєстрації його поворотних точок. У процесі збору доступний ряд додаткових сервісних команд [27, 30].

Результат нанесення додаткової інформації на цифру карту м. Житомир у програмі Digitals наведений на рис. 3.4 та 3.5.

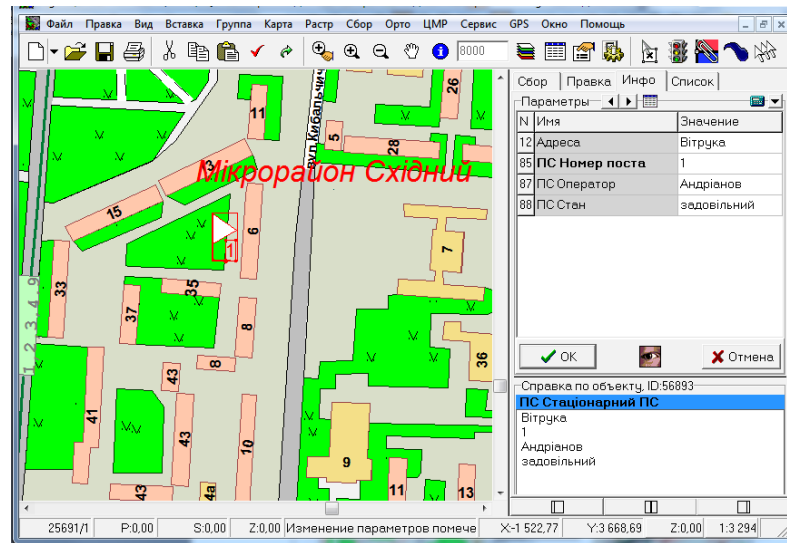


Рис. 3.4. Картографічне відображення розміщення ПЗС № 1 м. Житомир

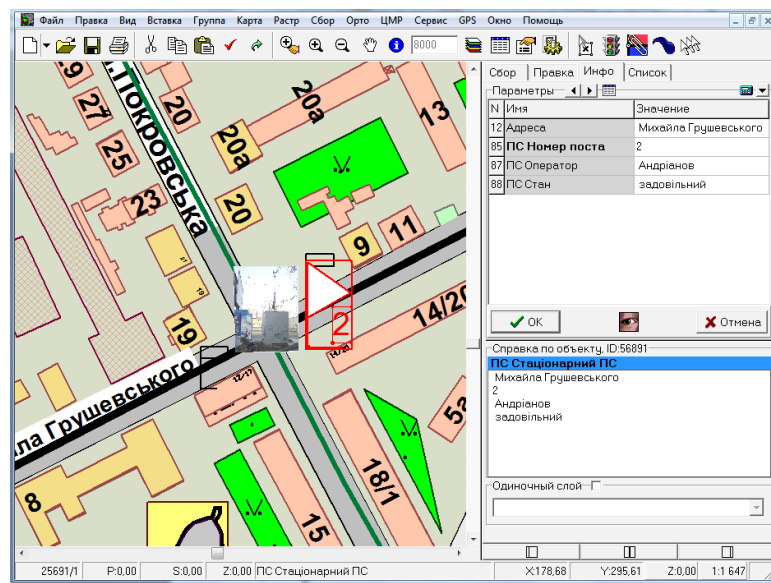


Рис. 3.5. Картографічне відображення розміщення ПЗС № 21 м. Житомир

Відпрацьована додаткова інформація на цифровій карті міста дозволяє перейти до аналізу стану мережі спостереження за повітряним середовищем міста та відпрацювання напрямків її вдосконалення.

## РОЗДІЛ 4.

### НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОВІТРЯНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ м. ЖИТОМИР

#### 4.1. Сутність ГІС – аналізу

Використання аналітичних можливостей ГІС допомагає з'ясувати чим обумовлене місце розташування визначених об'єктів і які між ними зв'язки. Метод аналізу вибирають, виходячи з поставленої проблеми і того, як будуть використані його результати. Вибравши метод аналізу будують ланцюг його реалізації засобами ГІС.

До основних задач ГІС-аналізу належать [28]:

- аналіз місцеположення об'єктів – визначають, де знаходяться об'єкти з певними властивостями і місця, в яких слід вживати певні заходи. Також це допомагає зрозуміти, причини, які обумовили дане місцеположення об'єктів;

- аналіз розподілу числових показників – дозволяє порівнювати об'єкти на основі їх кількісних характеристик, визначаючи місця, що відповідають заданим критеріям або виявляючи просторові зв'язки між кількісними показниками об'єктів;

- побудова карт щільності – дає можливість візуально оцінити концентрацію об'єктів на ділянці місцевості. Це допомагає відшукувати області, які вимагають вживання термінових заходів або відповідають іншим критеріям, а також контролювати зміну умов;

- пошук об'єктів усередині області – дозволяє бачити, що відбувається в її межах або узагальнити інформацію по кожній з досліджуваних областей з метою їх зіставлення;

- аналіз оточення – дозволяє в межах заданої відстані оцінити територію, прилеглу до об'єкта або оцінювати його просторові зміни. Це дає можливість контролювати події, що відбуваються в заданому оточенні, визначати територію дії або оцінювати її наслідки.

- картографування змін – дозволяє відобразити на карті рух об'єктів

(явищ) або зміни їх параметрів в часі. Надає можливість візуально оцінювати зміни, що відбуваються, та дозволяє глибше зрозуміти їх причини, передбачати і оцінювати наслідки їх дії.

ГІС-аналіз дозволяє встановити закономірності розподілу і просторові взаємозв'язки між об'єктами. Його результати дають можливість встановити потрібне місце, сконцентрувати зусилля в потрібному напрямі або зробити якнайкращий вибір, зіставляючи місцеположення об'єктів. В процесі оцінки результатів можна визначити об'єктивність і необхідність отриманої інформації, ухвалити рішення про повторення аналізу з іншими параметрами або застосування іншого методу. На основі ГІС-аналізу можна одержувати більш точну й оновлену інформацію, а також створити нові дані, недоступні раніше. Володіння цією новою інформацією допомагає глибше оцінити причини вибору місцеположення об'єкта, знайти якнайкраще рішення, наперед бути готовим до грядущих подій і умов.

#### **4.2. Результати ГІС-аналізу сучасного стану системи спостереження за повітряними середовищем в м. Житомир**

ГІС-аналіз розміщення постів спостереження в м. Житомир, що належить до категорії великих міст, показує, що наявна мережа постів спостереження не відповідає вимогам чинного законодавства, крім того для населеного пункту такої категорії їх кількість недостатня [7, 14].

Натурні обстеження сучасного стану місць розташування свідчать, що стан території їх розташування не відповідає основним умовам для правильного їх функціонування. Так, біля ПСЗ №2 поряд з павільйоном встановлені високі рекламні щити (рис. 4.1), які впливають на якість отриманої інформації про стан забруднення атмосферного повітря [14]. Крім того, пости встановлені наприкінці 1980 рр., (середній термін служби стаціонарного поста такого типу – 10 років). Всі ці порушення вносять викривлення результатів вимірювань і знижують ефективність функціонування системи контролю за станом атмосферного повітря в місті.



**Рис. 4.1. Натурні обстеження ПСЗ № 1 та № 2 м. Житомир**

Результати ГІС-аналізу відображаються у вигляді карти, значень в таблиці або діаграми – фактично нової інформації.

#### **4.3. Напрямки вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир на основі ГІС-аналізу**

В результаті проведених досліджень на основі ГІС-аналізу встановлено, що система спостережень за забрудненням атмосферного повітря у м. Житомир не в повній мірі відповідає вимогам чинного законодавства. Для вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир доцільно [16]:

- розробити програму оптимізації мережі стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в місті;
- довести кількість стаціонарних постів ПСЗ до нормативних вимог – додатково створити один стаціонарний ПСЗ № 3 (рис 4.2) та декілька (мінімум 2) пересувних (рис. 4.3);
- привести стан території розташування стаціонарних ПСЗ до вимог щодо їх експлуатації;
- провести технічне оновлення мережі стаціонарних ПСЗ сучасними



високочутливими приладами і системами оцінки якості атмосферного повітря у реальному масштабі часу (зокрема, пости типу: «АТМОСФЕРА-10» – ЗАО «Украналит» (Всеукраїнський науково-дослідний інститут аналітичного приладобудування); вимірювальний комплекс «СКАТ» – станція контролю атмосфери, МР-16 – автоматична станція контролю забруднення атмосферного повітря та ін.).

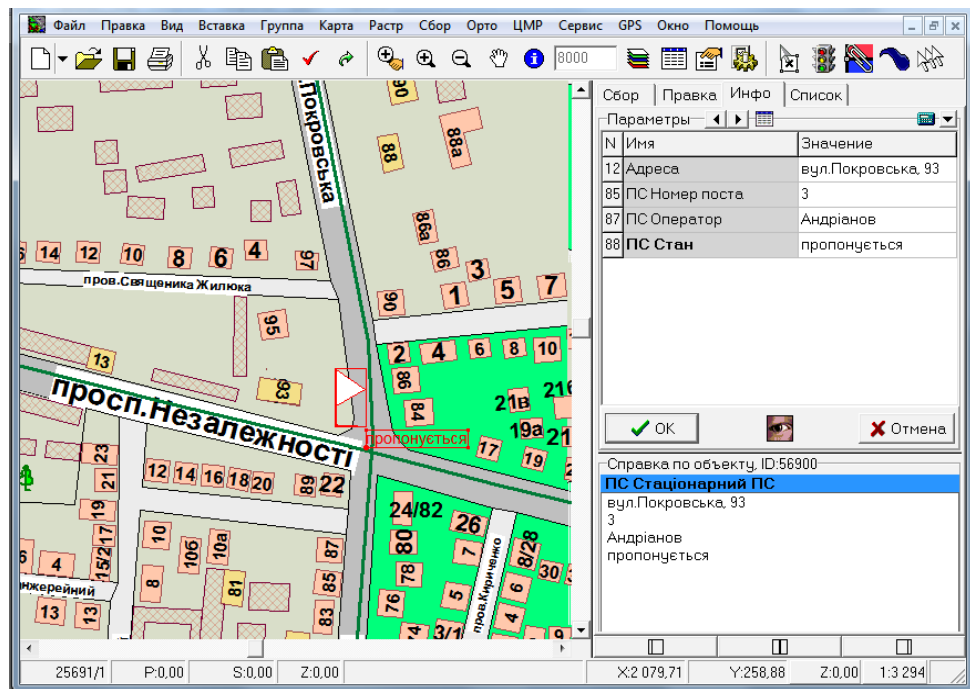


Рис. 4.2. Цифрова карта розташування стаціонарного ПСЗ № 3

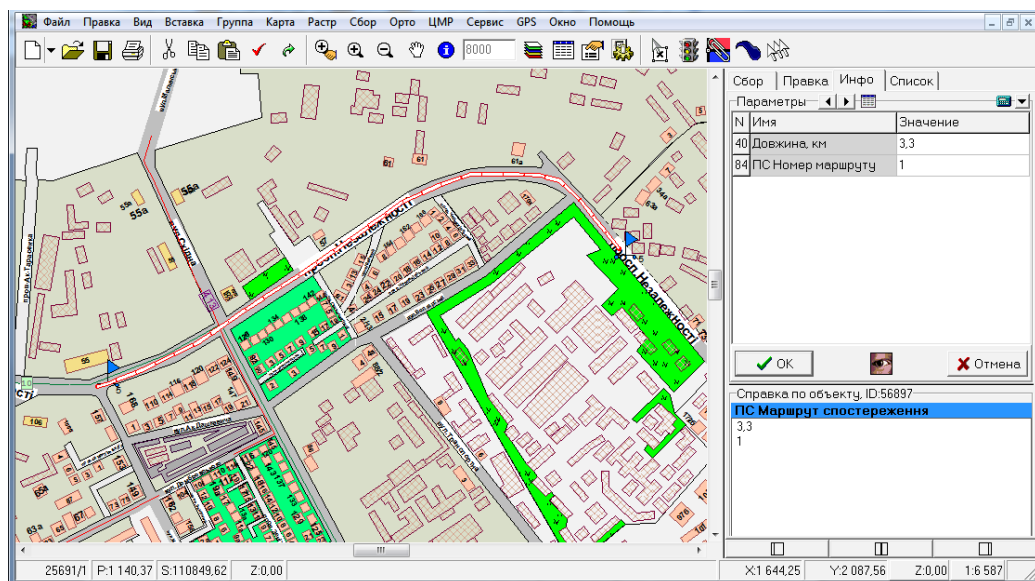


Рис. 4.3. Цифрова карта розташування маршрутного поста спостережень у м. Житомир

## ВИСНОВКИ

1. Атмосферне повітря належить до числа найважливіших і найнеобхідніших компонентів навколишнього природного середовища. Повітря є необхідною умовою життєдіяльності людини.
2. Атмосфера завжди містить певну кількість домішок, що зумовлюються природними та антропогенними джерелами. До основних антропогенних джерел забруднення атмосфери належать: теплове та енергетичне устаткування; промислові підприємства; всі види транспортних засобів.
3. Найбільш екологічно небезпечними об'єктами, що забруднюють атмосферне повітря м. Житомир станом на 2019 р. є: ВАТ «Біомедскло» (обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 361,575 т/рік), ОПТМ «Житомиртеплокомуненерго» (379,287 т/рік); ТОВ «Житомирський картонний комбінат» (164,62 т/рік) та автотранспорт (60,74 тис. т).
4. Система моніторингу атмосферного повітря в населеному пункті складається з мережі стаціонарних, маршрутних та підфакельних постів.
5. Кількість стаціонарних постів та місця їх розміщення визначаються з врахуванням чисельності населення, площі населеного пункту, розвитку промисловості, мережі магістралей з інтенсивним транспортним рухом та інших факторів. У м. Житомир функціонує два ПСЗ Житомирського обласного центру з гідрометеорології типу «ПОСТ-2»: ПСЗ № 1 (вул. Вітрука, 31) та ПСЗ № 2 (вул. Михайла Грушевського)
6. Для м. Житомир, що належить до категорії великих міст (більше 264 тис. жителів), кількість стаціонарних постів спостереження має становити 3-5.
7. В м. Житомир контроль за станом атмосферного повітря здійснюють на п'яти підприємствах з періодичністю один раз на рік (підфакельні спостереження): ВАТ «Житомирський комбінат силікатних виробів» (2 точки); ВАТ «Біомедскло» (1 точка); ОПТМ «Житомиртеплокомуненерго» (5 точок); ВАТ «Житомирський м'ясокомбінат» (1 точка); Житомирське ВУВК (1 точка).
8. Протягом останніх десятиріч світовою індустрією розроблено значну кількість геоінформаційних систем (сімейство програмних пакетів ArcGIS,

ГІС-пакет MapInfo Professional, програма цифрових карт Digital та ін.). Програма «Digital» (Україна, розроблена науково-виробничим підприємством «Геосистема» м. Вінниця) використовується в органах державного управління м. Житомир.

9. До програми Digital додаються файли – класифікатори інформації, які містять встановлений перелік умовних позначень для карт та планів різних масштабів. Проведений аналіз змісту умовних знаків свідчить, що вони не мають набору умовних позначень для картографічного відображення об'єктів контролю за повітряним середовищем.

10. Виходячи з основних положень щодо умовних позначень для карт, враховуючи можливості комп'ютерних технологій, розроблено такі умовні знаки: стаціонарний пост спостереження, маршрутний пост спостереження та підфакельний пост спостереження, які нанесені на цифрову карту м. Житомир.

11. ГІС-аналіз розміщення стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Житомир показує, що наявна мережа постів спостереження не відповідає вимогам чинного законодавства. Натурні обстеження сучасного стану місць розташування свідчать, що стан території їх розташування не відповідає основним умовам для правильного їх функціонування. Тому інформація про стан забруднення атмосферного повітря можна бути частково не достовірною.

12. Для вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир запропоновано: розробити програму оптимізації мережі стаціонарних ПСЗ; довести кількість стаціонарних ПСЗ до нормативних вимог – додатково створити один стаціонарний ПСЗ № 3 та декілька (мінімум 2) пересувних; привести стан території розташування стаціонарних ПСЗ до вимог щодо їх експлуатації; провести технічне оновлення мережі стаціонарних ПСЗ сучасними високочутливими приладами і системами оцінки якості атмосферного повітря.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16 жовт. 1992 р.  
URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення 29 квіт. 2020).
2. Україна в цифрах у 2019 р. : стат. збірник / відповід. за випуск О.А. Вишневська. Київ: Державна служба статистики України, 2020. 44 с. URL : <https://www.twirpx.com/file/3245061/> (дата звернення 06 трав. 2020 р.).
3. Екологічний паспорт Житомирської області. URL : [http://ecology.zt.gov.ua/rasport\\_2016.htm](http://ecology.zt.gov.ua/rasport_2016.htm). (дата звернення 10 черв. 2020 р.).
4. Про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2019 році : регіональна доповідь. Управління екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації. Житомир, 2019. 212 с. URL : <http://ecology.zt.gov.ua>. (дата звернення 10 черв. 2020 р.).
5. Екологічна енциклопедія: у 3 т. / гол. ред. Толстоухов А. В. К. : ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007. Т. 1. 416 с.
6. Екологія міських систем : навч. посіб. Частина 2. Екологічна безпека / за ред. О. М. Климчик. Житомир, 2017. 460 с.
7. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов : ГОСТ 17.2.3.01-86. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-2-3-01-86>. (дата звернення 04 серп. 2020).
8. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. URL : <http://epicentre.com.ua/ukr/doc3206.htm> (дата звернення 20 лип. 2020 р.).
9. Якість повітря. Загальні положення. Одиниці вимірювання (ISO 4226:1993, IDT) ДСТУ ISO 4226:2004. URL : <http://lindex.net.ua/ua/shop/bibl/473/doc/9461>. (дата звернення 27 лип. 2020 р.).
10. Гранично допустимі концентрації /ГДК/ та орієнтовні безпечні рівні діяння /ОБРД/ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Управління атмосферного повітря Мінекоресурсів України. К., 2016. 76 с. URL : <http://www.eco.ck.ua/docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc> (дата звернення 14 вер. 2020 р.)
11. Якість повітря. Характеристики і настанови щодо вимірювання якості

- повітря (ISO 6879:1995, IDT). ДСТУ ISO 6879-2003. URL : [http:// document.org.ua/jakist-povitrja.-harakteristiki-i-nastanovi-shodo-vimiryuvan-nor26830.html](http://document.org.ua/jakist-povitrja.-harakteristiki-i-nastanovi-shodo-vimiryuvan-nor26830.html). (дата звернення 09 вер. 2020 р.).
12. И.В. Якунина, Н.С. Попов. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учебн. пособ. Тамбов, 2009. 188 с. URL : <https://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2009/Popov-Yakunina-1.pdf> (дата звернення 09 черв. 2020 р.).
13. Пост наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха. ПОСТ -2. URL : <http://granat-e.ru/post2.html> (дата звернення 02 вер. 2020 р.).
14. Андріанов О.С. Стан використання стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в місті Житомир. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 12 лист. 2020 р. Житомир : Житомирська політехніка, 2020. С. 10.
15. Андріанов О.С. Інформаційне забезпечення результатів ГІС-аналізу на цифрових картах. *Магістерські читання-2020*. Житомир, 2020. С.
16. Климчик О.М., Андріанов О.С. Вдосконалення системи спостереження за повітряним середовищем м. Житомир на основі ГІС-аналізу. *Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій* : матеріали III Всеукр. конф., 19 лист. 2020 р. Житомир, 2020. С. 43-46.
17. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля : навч. посібник; вид. 2-е, стереотип. Житомир, 2006. 504 с.
18. Моніторинг довкілля. Т. 1 : підруч. / за ред А. К. Запольського. Кам'янець-Подільський, 2012. 408 с.
19. Основи екологічної хімії : підручник / за ред. Б.М. Федина. Житомир, 2006. 506 с.
20. Салищев К. А. Картоведение : учебник. 3-е изд. М., 1990. 400 с.
21. Багмет А. П., Климчик О. М., Ковальчук С. В. Основи комп'ютерного дизайну в ГІС-технологіях : навч. посіб. Житомир, 2016. 224 с.

22. Екологічне картографування та основи ГІС-технологій : навч. посіб. / за ред. А. П. Багмет. Житомир, 2010. 256 с.
23. Картографічна діяльність. Збірник нормативних документів. Вінниця, 2009. 308 с.
24. Поиск на карте. Житомир. URL : [http://maps.yandex.ru/Україна\\_Житомир=map](http://maps.yandex.ru/Україна_Житомир=map) (дата звернення 25 жовт. 2020 р.).
25. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая среда : навч. посіб. Х., 2000. 304 с.
26. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики : навч. посіб. Суми, 2008. 294 с.
27. Бурачек В.Г., Карпінський Ю.О., Шульц Р.В. Цифрові системи збору інформації параметрів автодоріг в аспекті розвитку ГІС-технологій. *ГІС-форум* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 18-20 груд. 2001 р. К. С. 93-95.
28. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Пространственные модели и взаимосвязи Ч. 1 : пер. с англ. К., 2000. 198 с.
29. Программное обеспечение для создания цифровых карт и планов Digitals для Windows, версия 5.0 : Руководство оператора. Ч. 2. Винница, 2003. 120 с. URL : <http://pandia.ru/text/77/298/95657-10.php>.
30. Руководство пользователя Digitals 3.0. Государственное НПП «Геосистема», Винница, 2003. URL : <http://www.geosystema.net/help>.
31. Ставровський А.Б., Карнаух Т.О., Ямборак Р.В. Алгоритми і структури даних в розробці електронної карти міста : навч. посіб. К., 2002. 72 с.
32. Ляшенко А. А. Науково-технічний звіт цифрових картографічних планів та геоінформаційної системи у м. Житомирі. Київ – Житомир, 2003. 55 с.
33. Прийняття управлінських рішень : навч. посіб. / за ред. Ю. Є. Петруні. 2-ге вид. К., 2011. 216 с.
34. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище : навч. посібник / за наук. ред. О.І. Фурдичка. К., 2008. 360 с.
35. Экологически устойчивое развитие городов : уч. пос. / под ред. Н. Н. Самойленко. Харьков : Щедра садиба плюс, 2015. 220 с.