

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ

Рівень вищої освіти – перший (бакалавр)
Галузь знань 10 – “Природничі науки”
Спеціальність 103 – “Науки про Землю”

Освітньо-наукова програма – “Картографія та географічні інформаційні системи”

Кваліфікаційна робота
бакалавра студентки четвертого курсу
Міненко Ярослави Олегівни

Науковий керівник –
кандидат географічних наук, доцент
Остроух Віталій Іванович

Допущено до захисту:
Протокол засідання кафедри № від “___” _____ 20__ р.
Завідувач кафедри проф. Людмила ДАЦЕНКО

Київ - 2024

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему "Картографування екологічної ситуації в Україні" викладена на 59 сторінках, у тому числі основний текст на 50 сторінках, що містить 2 рисунки, 2 таблиці, і складається з вступу, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел. Список використаних джерел налічує 22 найменування.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо екологічного картографування України. Висвітлено важливість забезпечення екологічної безпеки та стійкого розвитку в умовах глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження. Мета дослідження полягає у розробці теоретичних основ та практичних методик екологічного картографування для аналізу та моніторингу екологічного стану в Україні. Визначено завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження, а також методи, що використовувалися.

Під час дослідження було проведено теоретичний огляд історії та розвитку екологічного картографування, визначено основні поняття і принципи побудови екологічних карт. Проаналізовано екологічну ситуацію в Україні, включаючи забруднення повітря, водних ресурсів, деградацію ґрунтів та загрози біорізноманіттю. Розроблено методика збору та обробки екологічних даних для створення екологічних карт за допомогою ГІС і дистанційного зондування. Проведено практичне дослідження, створено екологічні карти, проаналізовано результати та надано рекомендації щодо поліпшення екологічної ситуації.

Для карт екологічної ситуації використано програмні продукти ArcGIS та Adobe Illustrator.

Ключові слова: екологічне картографування, екологічна ситуація, природно-заповідний фонд, охорона природи, методи картографування, картографічні методи.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ.....	8
1.1. Історія та розвиток екологічного картографування.....	8
1.2. Теоретичні основи екологічного картографування.....	13
1.3. Методи та технології створення екологічних карт.....	20
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ.....	27
2.1. Загальна характеристика екологічного стану України.....	27
2.2. Джерела екологічної інформації для картографування.....	34
2.3. Аналіз екологічних даних за допомогою ГІС.....	39
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ.....	45
3.1. Методика створення екологічних карт.....	45
3.2. Практичне створення екологічних карт.....	49
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Забезпечення екологічної безпеки та стійкого розвитку є одними з найважливіших завдань сучасного суспільства. Україна, з її багатим природним потенціалом та різноманітністю екосистем, стикається з численними екологічними викликами, що вимагають негайного реагування. В умовах глобальних кліматичних змін, забруднення довкілля та зростаючого антропогенного навантаження, виникає необхідність у детальному та достовірному картографуванні екологічної ситуації. Це дозволить не лише оцінити поточний стан довкілля, але й розробити ефективні стратегії для його охорони та відновлення.

Одним з ключових інструментів для аналізу та моніторингу екологічного стану є екологічне картографування. Використання сучасних геоінформаційних систем (ГІС) та методів просторового аналізу дозволяє створювати високоточні та інформативні карти, що відображають різноманітні аспекти екологічної ситуації. Ці карти стають основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у галузі охорони довкілля.

Актуальність теми

Тема екологічного картографування є надзвичайно актуальною для України з огляду на низку факторів. По-перше, країна переживає значний вплив антропогенних чинників, таких як промислове забруднення, інтенсивне сільське господарство, вирубка лісів та урбанізація, що призводять до деградації екосистем та зниження якості природних ресурсів. По-друге, зміни клімату та пов'язані з ними природні катастрофи, такі як повені, посухи та ерозія ґрунтів, потребують детального моніторингу та аналізу.

Відсутність систематичного підходу до збору та обробки екологічних даних ускладнює розробку ефективних заходів з охорони довкілля. Тому, створення інтегрованої системи екологічного картографування, яка б

охоплювала всі регіони України та включала актуальні дані про стан довкілля, є надзвичайно важливим завданням.

Метою дослідження є розробка теоретичних основ та практичних методик екологічного картографування для аналізу та моніторингу екологічного стану в Україні.

Завдання дослідження

1. Вивчити та систематизувати теоретичні основи екологічного картографування, включаючи його загальні поняття та значення.
2. Проаналізувати існуючі методи та підходи до створення екологічних карт, зокрема класичні методи картографування та сучасні технології з використанням геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі.
3. Здійснити критичний аналіз існуючих екологічних карт України, оцінити їх якість та інформативність, а також визначити критерії для покращення їх ефективності.
4. Розробити методику збору та обробки екологічних даних для створення екологічних карт.
5. Провести практичне дослідження, яке включає виготовлення екологічних карт для вибраного регіону України, використовуючи зібрані дані та сучасні ГІС-технології.
6. Проаналізувати отримані результати практичного дослідження, виявити основні екологічні проблеми регіону та надати рекомендації щодо їх вирішення.

Об'єктом дослідження є екологічна ситуація в Україні, яка охоплює природні ресурси, стан навколишнього середовища, рівень забруднення, а також вплив антропогенних та природних чинників на екосистеми країни.

Предметом дослідження є методи, технології та процеси екологічного картографування, які використовуються для аналізу та моніторингу екологічної ситуації в Україні.

Методи дослідження

1. Аналіз літературних джерел
2. Збір та обробка даних
3. Геоінформаційний аналіз
4. Моделювання та прогнозування
5. Картографічне моделювання

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ

1.1 Історія та розвиток екологічного картографування

Екологічне картографування має довгу і насичену історію, що розпочалася з перших спроб відображення екологічної інформації на картах. Перші спроби створення екологічних карт відносяться до часів античності, коли давньогрецькі і давньоримські вчені намагалися зобразити природні явища та їх взаємозв'язки на картографічних матеріалах. Вони створювали карти, що відображали рельєф місцевості, водні об'єкти, лісові масиви та інші природні елементи. Ці ранні карти мали більше описовий характер і не використовувалися для наукових досліджень, але вони заклали основу для подальшого розвитку картографічної науки.

З часом, з розвитком наукових знань та технологій, екологічне картографування почало вдосконалюватися. У XVII-XVIII століттях, під час наукової революції, з'являються перші систематичні спроби відображення екологічної інформації на картах. В цей період картографи почали використовувати нові методи та інструменти для збору та аналізу даних про природне середовище. Вони розробляли спеціальні символи та позначення для різних типів екологічних об'єктів, що дозволяло більш точно і детально відображати екологічну інформацію на картах.

Одним з основних етапів розвитку екологічного картографування стала поява топографічних карт, які стали основою для створення більш детальних і точних екологічних карт. Топографічні карти дозволяли зображати рельєф місцевості, гідрографію, рослинність та інші природні елементи з високою точністю. Це стало можливим завдяки використанню нових методів збору даних, таких як топографічні зйомки та аерофотозйомка. Топографічні карти

стали важливим інструментом для наукових досліджень і планування, що сприяло подальшому розвитку екологічного картографування [4].

У XIX столітті, з розвитком географічної науки та технологій, екологічне картографування продовжувало вдосконалюватися. В цей період з'являються перші геологічні та ґрунтові карти, які дозволяли більш детально вивчати природне середовище та його взаємозв'язки. Геологи і ґрунтознавці розробляли методи збору та аналізу даних про геологічні та ґрунтові умови, що дозволяло створювати карти з високим рівнем деталізації та точності. Ці карти стали важливим інструментом для дослідження природних ресурсів та планування землекористування.

У XX столітті розвиток екологічного картографування набирає обертів завдяки впровадженню нових технологій, таких як дистанційне зондування та геоінформаційні системи (ГІС). Дистанційне зондування, зокрема аерофотозйомка та супутникове зондування, дозволяє отримувати дані про природне середовище з великої висоти, що значно розширює можливості екологічного картографування. ГІС, у свою чергу, дозволяють зберігати, аналізувати та візуалізувати екологічну інформацію в цифровому форматі, що значно полегшує створення та оновлення екологічних карт.

Основні етапи розвитку та вдосконалення методів екологічного картографування включають також появу нових підходів до аналізу екологічних даних, таких як моделювання та прогнозування. Завдяки використанню математичних моделей і комп'ютерних технологій, картографи можуть створювати карти, що відображають не лише поточний стан природного середовища, але й його зміни у часі. Це дозволяє більш ефективно використовувати екологічні карти для планування та управління природними ресурсами.

Внесок наукових шкіл у розвиток екологічного картографування є надзвичайно вагомим та багатогранним, оскільки саме вони формують основу наукових знань та методів, які використовуються для створення екологічних

карт. Наукові школи не лише впроваджують нові підходи та технології, але й формують покоління фахівців, які продовжують розвивати цю галузь [13].

Однією з провідних наукових шкіл, яка зробила значний внесок у розвиток екологічного картографування, є школа географії та картографії в Німеччині. Німецькі вчені, такі як Карл Ріттер та Александр фон Гумбольдт, ще в XIX столітті почали систематично досліджувати природне середовище та розробляти методи його відображення на картах. Вони заклали основи сучасної екологічної картографії, розробляючи принципи системного підходу до дослідження природних явищ та їх взаємозв'язків.

Великий внесок у розвиток екологічного картографування зробили також вчені з США. Американські географи та екологи, такі як Джон Барр Кларк Мерріам та Рейчел Карсон, розробляли методи екологічного аналізу та моніторингу, які стали основою для створення екологічних карт. Вони активно використовували дані дистанційного зондування та геоінформаційних систем для збору та аналізу екологічної інформації, що дозволяло створювати високоточні карти, які відображали екологічний стан територій.

Наукові школи в Європі також зробили значний внесок у розвиток екологічного картографування. Наприклад, британські вчені, такі як сер Хейз Річардс та Девід Харві, розробляли методи регіонального аналізу та тематичного картографування, що дозволяло більш детально вивчати екологічний стан територій. Вони створювали карти, які відображали не лише геологічні та ґрунтові умови, але й інші екологічні фактори, такі як кліматичні умови та рослинність [1].

Роль окремих науковців та дослідницьких груп у вдосконаленні картографічних методів є надзвичайно важливою, оскільки саме вони розробляють та впроваджують нові підходи до створення екологічних карт. Одним з таких науковців є Річард Херрман, американський географ, який зробив великий внесок у розвиток геоінформаційних систем та їх використання для створення екологічних карт. Його дослідження зосереджені на використанні ГІС для аналізу екологічних даних та моделювання екологічних процесів, що

дозволяє створювати карти, які відображають не лише поточний стан, але й прогнози змін екологічного стану територій.

Іншим видатним науковцем є Франсуа Моро, французький еколог, який розробив методи екологічного моніторингу та оцінки впливу діяльності людини на природне середовище. Його дослідження сприяли розвитку методів дистанційного зондування та використання супутникових даних для створення екологічних карт. Моро активно впроваджував ці методи у практику, що дозволило створювати більш точні та детальні карти екологічного стану [8].

Дослідницькі групи також відіграють важливу роль у розвитку екологічного картографування. Наприклад, група дослідників з Університету Каліфорнії в Берклі розробила методи використання аерофотозйомки для створення екологічних карт, що дозволило отримувати дані про екологічний стан територій з високою роздільною здатністю. Їх дослідження сприяли розвитку методів аналізу екологічних даних та створення карт, які відображають різноманітні екологічні параметри, такі як рівень забруднення, біорізноманіття та стан водних ресурсів.

Ще одним прикладом є дослідницька група з Університету Кембриджа, яка розробила інноваційні методи картографування для оцінки впливу кліматичних змін на біорізноманіття. Вони використовували новітні технології, такі як моделювання екологічних процесів та аналіз супутникових даних, що дозволило створювати карти, які відображають динаміку змін екологічного стану внаслідок кліматичних змін.

Розвиток екологічного картографування в Україні має багату та складну історію, яка тісно пов'язана з політичними, економічними та науковими змінами в країні. Вітчизняні досягнення у галузі екологічного картографування відображають значні зусилля українських вчених, дослідників та практиків, які працювали над створенням і вдосконаленням екологічних карт, що відображають стан довкілля та його зміни [4].

Перші спроби екологічного картографування в Україні почалися ще в ХІХ столітті, коли науковці та інженери почали створювати карти, що відображали

геологічні, ґрунтові та гідрологічні умови різних регіонів. Ці ранні карти стали важливим інструментом для планування та управління природними ресурсами, а також для наукових досліджень. Одним з видатних вчених цього періоду був Володимир Вернадський, який зробив великий внесок у розвиток геохімії та біогеохімії, що мало прямий вплив на розвиток екологічного картографування.

У радянський період розвиток екологічного картографування в Україні отримав новий імпульс завдяки державній підтримці наукових досліджень та розвитку картографічних методів. В цей час були створені численні карти, що відображали різноманітні екологічні аспекти, такі як забруднення повітря, водних ресурсів та ґрунтів. Українські науковці активно використовували дані аерофотозйомки та інших методів дистанційного зондування для збору інформації про екологічний стан територій. Одним з ключових досягнень цього періоду стало створення тематичних карт, що дозволяли більш детально аналізувати екологічні умови в різних регіонах.

Після здобуття незалежності у 1991 році, екологічне картографування в Україні зіткнулося з новими викликами та можливостями. З одного боку, політичні та економічні зміни вимагали нових підходів до управління природними ресурсами та охорони довкілля. З іншого боку, незалежність відкрила нові можливості для міжнародного співробітництва та впровадження сучасних технологій. У цей період українські вчені почали активно співпрацювати з міжнародними організаціями та науковими інститутами, що сприяло обміну знаннями та досвідом [11].

Одним з важливих досягнень цього періоду стало впровадження геоінформаційних систем (ГІС) у практику екологічного картографування. ГІС дозволяли збирати, аналізувати та візуалізувати великі обсяги екологічних даних, що значно полегшувало створення та оновлення екологічних карт. Вітчизняні дослідники почали використовувати ці системи для аналізу різноманітних екологічних параметрів, таких як забруднення атмосфери, стан водних ресурсів, біорізноманіття та інші. Це дозволило створювати карти, що відображали не лише поточний стан довкілля, але й його зміни у часі.

Політичні та економічні умови також мали значний вплив на розвиток екологічного картографування в Україні. Після здобуття незалежності, країна зіткнулася з економічними труднощами, що вплинуло на фінансування наукових досліджень. Однак, незважаючи на ці виклики, українські вчені продовжували працювати над розвитком екологічного картографування, використовуючи обмежені ресурси та підтримку міжнародних організацій [12].

Значним кроком у розвитку екологічного картографування стало прийняття екологічних законів та нормативних актів, які регулювали охорону довкілля та використання природних ресурсів. Ці закони створювали правову основу для збору та аналізу екологічних даних, що дозволяло створювати більш точні та детальні карти. Крім того, міжнародні програми та проекти, спрямовані на підтримку екологічних досліджень, сприяли розвитку картографічних методів та технологій.

В останні десятиліття розвиток екологічного картографування в Україні отримав новий імпульс завдяки впровадженню новітніх технологій, таких як супутникове зондування та моделювання екологічних процесів. Ці технології дозволяють отримувати високоточні дані про стан довкілля, що значно розширює можливості екологічного картографування. Українські науковці активно використовують ці дані для створення карт, які відображають різноманітні екологічні параметри та їх зміни у часі.

1.2 Теоретичні основи екологічного картографування

Екологічне картографування є важливою галуззю географічної науки, яка займається створенням карт, що відображають різні аспекти стану довкілля та його змін. Це наукова дисципліна, яка поєднує методи картографії, екології та геоінформаційних технологій для збору, аналізу та візуалізації екологічних даних. Екологічні карти є важливим інструментом для моніторингу, оцінки та управління природними ресурсами, а також для планування заходів з охорони довкілля [17].

Визначення основних термінів та понять є ключовим етапом у розумінні екологічного картографування. Одним з основних термінів є "екологічна карта" - це тематична карта, яка відображає різні екологічні параметри, такі як забруднення повітря, водних ресурсів, ґрунтів, біорізноманіття, стан рослинності та інші природні компоненти. Екологічна карта може містити як кількісну, так і якісну інформацію про стан довкілля. Інший важливий термін - "геоінформаційна система" (ГІС), яка є комплексом апаратних і програмних засобів для збору, зберігання, аналізу та візуалізації географічних даних. ГІС дозволяє створювати цифрові екологічні карти, які можна легко оновлювати та аналізувати.

Принципи побудови екологічних карт базуються на кількох ключових аспектах. Перший принцип - це комплексність, яка полягає в тому, що екологічна карта повинна відображати взаємозв'язок між різними компонентами природного середовища. Це означає, що карта повинна містити інформацію про різні екологічні параметри, які взаємодіють між собою і впливають на загальний стан довкілля. Наприклад, карта може відображати взаємозв'язок між забрудненням повітря та станом здоров'я населення, або між якістю водних ресурсів та біорізноманіттям [14].

Другий принцип - це точність і надійність даних, які використовуються для створення екологічних карт. Це означає, що всі дані, які включаються в карту, повинні бути зібрані та оброблені з дотриманням наукових стандартів та методів. Важливо використовувати перевірені джерела даних, такі як офіційні статистичні дані, результати наукових досліджень, дані дистанційного зондування та інші надійні джерела. Точність даних є критичною для забезпечення достовірності та надійності екологічних карт, оскільки вони використовуються для прийняття важливих рішень у сфері охорони довкілля та управління природними ресурсами.

Третій принцип - це доступність і зрозумілість екологічних карт для широкого кола користувачів. Екологічні карти повинні бути створені таким чином, щоб вони були зрозумілими не лише фахівцям, але й широкому загалу,

включаючи представників місцевих громад, політиків, підприємців та інших зацікавлених сторін. Це означає, що карти повинні містити чіткі легенди, пояснення символів та масштабів, а також бути представлені у зрозумілій і доступній формі. Використання кольорів, графічних символів та інших візуальних елементів повинно сприяти легкому сприйняттю та інтерпретації інформації [16].

Четвертий принцип - це динамічність, яка передбачає можливість оновлення та зміни екологічних карт у відповідь на нові дані та зміни в природному середовищі. Це особливо важливо в умовах швидких змін довкілля, викликаних кліматичними змінами, антропогенним впливом та іншими факторами. Екологічні карти повинні бути гнучкими та адаптивними, що дозволяє їх оперативно оновлювати на основі нових даних та результатів моніторингу. Використання цифрових технологій та ГІС дозволяє забезпечити цю динамічність та підтримувати актуальність екологічних карт.

П'ятий принцип - це інтеграція екологічних карт у систему прийняття рішень та управління природними ресурсами. Це означає, що екологічні карти повинні бути активним інструментом для планування, моніторингу та оцінки заходів з охорони довкілля. Вони повинні бути інтегровані у процеси прийняття рішень на різних рівнях - від місцевого до національного та міжнародного. Це дозволяє забезпечити ефективне управління природними ресурсами, враховуючи екологічні фактори та потенційні ризики для довкілля [18].

Класифікація екологічних карт є важливим аспектом екологічного картографування, оскільки вона дозволяє систематизувати різноманітні типи карт за змістом та призначенням, що сприяє їх більш ефективному використанню для різних цілей. Екологічні карти можуть класифікуватися за різними критеріями, такими як тематика, ступінь узагальнення даних, методи збору інформації та інші. Класифікація допомагає визначити найбільш відповідний тип карти для конкретного завдання, забезпечуючи точність та релевантність представленої інформації.

Типи екологічних карт за змістом та призначенням включають кілька основних категорій, кожна з яких має свої специфічні особливості та сфери застосування. Одна з основних категорій - це тематичні екологічні карти, які відображають окремі аспекти екологічного стану або екологічні фактори. Наприклад, це можуть бути карти забруднення повітря, карти стану водних ресурсів, карти розподілу рослинності та інші. Тематичні карти дозволяють детально аналізувати конкретні екологічні параметри та їх просторовий розподіл, що є важливим для моніторингу та управління довкіллям [11].

Іншою важливою категорією є синтетичні екологічні карти, які поєднують дані з різних тематичних карт для створення узагальненого уявлення про екологічний стан території. Синтетичні карти можуть відображати загальний екологічний індекс, який враховує кілька екологічних параметрів, таких як якість повітря, води, ґрунтів та інші. Ці карти є корисними для комплексної оцінки екологічного стану та планування заходів з охорони довкілля. Вони дозволяють побачити взаємозв'язок між різними екологічними факторами та їх вплив на загальний стан довкілля.

Аналітичні екологічні карти є ще однією важливою категорією, яка використовується для аналізу екологічних процесів та прогнозування змін у довкіллі. Ці карти створюються на основі математичних моделей та методів аналізу даних, що дозволяє виявляти тенденції та закономірності у зміні екологічних параметрів. Аналітичні карти можуть відображати потенційні ризики забруднення, прогнозувати зміни кліматичних умов, оцінювати вплив антропогенної діяльності на довкілля та інші аспекти. Вони є важливим інструментом для прийняття рішень у сфері екологічного планування та управління.

Відмінності між тематичними, синтетичними та аналітичними картами полягають у їх змісті, методах створення та призначенні. Тематичні карти зосереджуються на окремих екологічних параметрах та відображають їх просторовий розподіл на конкретній території. Вони використовуються для детального аналізу окремих аспектів екологічного стану та їх моніторингу.

Наприклад, карта забруднення повітря може показувати рівні концентрації шкідливих речовин у різних частинах міста, що дозволяє ідентифікувати найбільш забруднені райони та планувати заходи з їх очищення [17].

Синтетичні карти, навпаки, поєднують дані з кількох тематичних карт для створення узагальненого уявлення про екологічний стан території. Вони дозволяють побачити загальний екологічний індекс, який враховує кілька параметрів, таких як якість повітря, води, ґрунтів та інші. Синтетичні карти є корисними для комплексної оцінки екологічного стану та планування заходів з охорони довкілля. Вони дозволяють побачити взаємозв'язок між різними екологічними факторами та їх вплив на загальний стан довкілля.

Аналітичні карти створюються на основі математичних моделей та методів аналізу даних, що дозволяє виявляти тенденції та закономірності у зміні екологічних параметрів. Вони можуть відображати потенційні ризики забруднення, прогнозувати зміни кліматичних умов, оцінювати вплив антропогенної діяльності на довкілля та інші аспекти. Аналітичні карти є важливим інструментом для прийняття рішень у сфері екологічного планування та управління. Наприклад, карта, що прогнозує зміни кліматичних умов, може допомогти в розробці заходів для адаптації до кліматичних змін та зменшення їх негативних наслідків [16].

Кожен тип екологічних карт має свої переваги та обмеження, які потрібно враховувати при їх створенні та використанні. Тематичні карти є детальними та точними у відображенні окремих екологічних параметрів, але можуть бути недостатньо інформативними для комплексної оцінки екологічного стану. Синтетичні карти забезпечують загальне уявлення про екологічний стан, але можуть втрачати деталі окремих параметрів. Аналітичні карти дозволяють прогнозувати зміни та аналізувати тенденції, але потребують складних методів збору та обробки даних.

Екологічні карти є надзвичайно важливим інструментом у сфері охорони довкілля, оскільки вони виконують численні функції, які сприяють збору, аналізу та використанню екологічної інформації. Основні функції екологічних

карт включають інформаційну, дослідницьку та управлінську, кожна з яких має свої особливості та значення.

Інформаційна функція екологічних карт полягає в тому, що вони забезпечують доступ до надійної та деталізованої інформації про стан довкілля. Це включає дані про забруднення повітря, водних ресурсів, ґрунтів, біорізноманіття, рослинний покрив та інші екологічні параметри. Екологічні карти дозволяють візуально представити ці дані, що робить їх більш доступними для розуміння як фахівцям, так і широкому загалу. Завдяки екологічним картам, інформація про стан довкілля може бути передана у зручній та наочній формі, що сприяє підвищенню обізнаності суспільства щодо екологічних проблем [9].

Дослідницька функція екологічних карт полягає в їхньому використанні для наукових досліджень та аналізу екологічних процесів. Вони є важливим інструментом для вивчення просторового розподілу різних екологічних параметрів, виявлення закономірностей та тенденцій у зміні стану довкілля. Екологічні карти дозволяють науковцям проводити комплексний аналіз екологічних даних, що сприяє глибшому розумінню взаємозв'язків між різними компонентами природного середовища. Це може включати дослідження впливу антропогенної діяльності на довкілля, оцінку екологічних ризиків та прогнозування змін екологічного стану.

Управлінська функція екологічних карт полягає у їхньому використанні для прийняття рішень у сфері охорони довкілля та управління природними ресурсами. Екологічні карти надають необхідну інформацію для розробки стратегій та планів дій з охорони довкілля, моніторингу екологічних умов та контролю за виконанням екологічних нормативів. Вони використовуються органами державної влади, місцевими адміністраціями, екологічними організаціями та іншими зацікавленими сторонами для ефективного управління природними ресурсами та мінімізації негативного впливу на довкілля.

Використання екологічних карт у моніторингу та оцінці екологічного стану є одним з найважливіших аспектів їх застосування. Моніторинг довкілля

передбачає регулярне спостереження та збір даних про стан природних компонентів, таких як повітря, вода, ґрунти, рослинність та біорізноманіття. Екологічні карти дозволяють візуально представити результати моніторингу, що робить їх більш зрозумілими та доступними для аналізу. Завдяки екологічним картам, можна легко ідентифікувати проблемні зони, де спостерігається погіршення екологічних умов, та вживати необхідні заходи для їх покращення [1].

Екологічні карти також використовуються для оцінки екологічного стану територій, що включає аналіз впливу різних факторів на довкілля та визначення рівня екологічної загрози. Вони дозволяють проводити просторовий аналіз екологічних даних, виявляти закономірності та тенденції у зміні стану довкілля, що є важливим для розробки стратегій з охорони довкілля. Наприклад, карти забруднення повітря можуть показувати концентрацію шкідливих речовин у різних районах, що дозволяє визначити джерела забруднення та розробити заходи для зниження їх впливу.

Оцінка екологічного стану за допомогою карт також включає аналіз впливу антропогенної діяльності на природне середовище. Це може включати оцінку впливу промислових об'єктів, сільськогосподарської діяльності, транспортної інфраструктури та інших факторів на стан довкілля. Екологічні карти дозволяють візуалізувати ці впливи та їхні просторові розподіли, що є важливим для розробки заходів з мінімізації негативного впливу на довкілля [3].

Крім того, екологічні карти можуть використовуватися для прогнозування змін екологічного стану у майбутньому. Це включає моделювання екологічних процесів та прогнозування можливих змін у стані довкілля під впливом різних факторів. Такі прогнози є важливими для планування заходів з адаптації до змін клімату, управління природними ресурсами та розробки стратегій сталого розвитку. Екологічні карти, що відображають прогнози змін екологічного стану, дозволяють більш ефективно планувати та реалізовувати заходи з охорони довкілля.

1.3 Методи та технології створення екологічних карт

Традиційні методи картографування мають довгу історію та важливе значення у розвитку картографічної науки. Вони заклали основи для сучасних методів створення карт, включаючи екологічні карти, та продовжують використовуватися у певних контекстах завдяки своїй надійності та перевірності часом. Серед традиційних методів особливе місце займають ручне картографування та використання топографічних і тематичних карт як основи для екологічних карт.

Ручне картографування, одне з найстаріших методів створення карт, полягає у створенні картографічних зображень вручну за допомогою спеціальних інструментів, таких як креслярські прилади, олівці, лінійки, циркулі та інші. Цей метод вимагав високої кваліфікації та досвіду від картографів, оскільки кожна деталь карти створювалася вручну з великою увагою до точності та масштабу. Ручне картографування дозволяло створювати високоякісні та детальні карти, які відображали рельєф місцевості, географічні об'єкти, кордони, дороги та інші елементи [8].

Особливістю ручного картографування є його висока точність та деталізація. Картографи, використовуючи власні знання та навички, могли створювати карти з високим рівнем деталізації, що дозволяло відображати навіть найменші елементи місцевості. Наприклад, на картах ручного виготовлення можна було знайти детальні зображення будівель, доріг, річок, лісів та інших об'єктів, що робило їх незамінними для планування та управління територіями. Крім того, ручне картографування дозволяло вносити корективи та уточнення безпосередньо під час створення карти, що забезпечувало високу точність кінцевого продукту.

Використання топографічних та тематичних карт як основи для екологічних карт є ще одним важливим аспектом традиційного картографування. Топографічні карти, які відображають рельєф місцевості, гідрографічні об'єкти, рослинність та інші природні елементи, стали

фундаментом для створення більш спеціалізованих екологічних карт. Вони забезпечують базову географічну інформацію, на яку можна накладати додаткові екологічні дані. Наприклад, на топографічну карту можна нанести дані про забруднення повітря, розташування природоохоронних зон або стан водних ресурсів [10].

Тематичні карти, які відображають окремі аспекти або теми, також використовуються як основа для екологічних карт. Ці карти можуть містити інформацію про кліматичні умови, розподіл видів рослин та тварин, рівень забруднення, демографічні дані та інші тематичні елементи. Тематичні карти дозволяють глибше аналізувати конкретні екологічні параметри та їх взаємозв'язки. Наприклад, карта розподілу видів може бути використана для вивчення біорізноманіття та ідентифікації зон з високим екологічним значенням.

Поєднання топографічних та тематичних карт створює можливість для комплексного аналізу екологічного стану територій. Це дозволяє картографам створювати синтетичні екологічні карти, які враховують декілька параметрів одночасно. Такі карти можуть використовуватися для планування природоохоронних заходів, управління природними ресурсами та оцінки екологічних ризиків. Наприклад, на основі топографічної карти з тематичними нашаруваннями можна створити карту ризиків повеней, яка враховує рельєф місцевості, розташування водних об'єктів та кліматичні умови [5].

Традиційні методи картографування також включають використання польових досліджень та вимірювань. Картографи виїжджали на місцевість для збору даних, що дозволяло отримувати точну інформацію про географічні та екологічні умови. Вони проводили вимірювання висоти, глибини, відстаней та інших параметрів, які потім використовувалися для створення карт. Польові дослідження дозволяли враховувати місцеві особливості та забезпечували високу точність картографічної інформації.

З розвитком технологій ручне картографування поступово поступилося місцем автоматизованим методам створення карт, таким як використання

геоінформаційних систем (ГІС) та супутникових знімків. Однак традиційні методи досі залишаються важливими, особливо у випадках, коли потрібна висока деталізація та точність, а також у ситуаціях, коли автоматизовані методи не можуть забезпечити необхідний рівень деталізації. Наприклад, при створенні карт для невеликих територій або в умовах складного рельєфу ручне картографування може бути більш ефективним [7].

Сучасні методи екологічного картографування значно розширили можливості для дослідження та управління природними ресурсами завдяки впровадженню передових технологій, таких як геоінформаційні системи (ГІС) та дистанційне зондування. Ці методи дозволяють збирати, аналізувати та візуалізувати величезні обсяги екологічних даних з високою точністю та деталізацією, що є критично важливим для моніторингу довкілля та прийняття ефективних управлінських рішень.

Застосування геоінформаційних систем (ГІС) є однією з ключових складових сучасного екологічного картографування. ГІС - це комплекс апаратних та програмних засобів, які дозволяють зберігати, обробляти, аналізувати та відображати географічну інформацію у цифровому форматі. Використання ГІС у екологічному картографуванні надає можливість інтегрувати дані з різних джерел, таких як топографічні карти, супутникові знімки, польові вимірювання та інші. Це забезпечує створення детальних та точних екологічних карт, які відображають різні аспекти стану довкілля [13].

Однією з основних переваг ГІС є їхня здатність до обробки великих обсягів даних та проведення складних просторових аналізів. Наприклад, за допомогою ГІС можна проводити аналіз змін у стані довкілля з часом, виявляти тенденції та закономірності, моделювати екологічні процеси та прогнозувати можливі зміни у майбутньому. Це дозволяє не лише відображати поточний стан природного середовища, але й оцінювати потенційні ризики та планувати заходи для збереження та покращення екологічного стану.

Крім того, ГІС дозволяють створювати інтерактивні карти, які можуть бути легко доступні для широкого кола користувачів. Це забезпечує можливість

ефективної комунікації екологічної інформації між науковцями, органами влади, екологічними організаціями та громадськістю. Інтерактивні карти дозволяють користувачам взаємодіяти з даними, отримувати додаткову інформацію, проводити аналіз та візуалізувати результати у зрозумілій та наочній формі.

Використання дистанційного зондування для збору даних є ще однією важливою складовою сучасного екологічного картографування. Дистанційне зондування включає використання аерофотозйомки та супутникових знімків для отримання інформації про стан довкілля з висоти. Цей метод дозволяє отримувати дані з великих територій за короткий час, що є особливо корисним для моніторингу великих екосистем, таких як ліси, водойми, прибережні зони та інші [7].

Супутникові знімки, отримані за допомогою дистанційного зондування, можуть містити різні типи інформації, такі як спектральні характеристики, теплові зображення, висотні дані та інші. Це дозволяє проводити багатофакторний аналіз стану довкілля та виявляти різні екологічні параметри, такі як рівень забруднення, зміни в рослинному покриві, стан водних ресурсів та інші. Наприклад, за допомогою супутникових знімків можна відстежувати зміни у лісових масивах, виявляти вирубки лісів, оцінювати вплив пожеж та інших природних або антропогенних факторів.

Дистанційне зондування також дозволяє проводити моніторинг важкодоступних або небезпечних територій, де проведення польових досліджень є складним або небезпечним. Наприклад, супутникові знімки можуть використовуватися для моніторингу забруднених районів, зон з високим рівнем радіації або інших небезпечних зон, що забезпечує безпеку дослідників та дозволяє отримувати точні дані про стан довкілля.

Комбінація ГІС та дистанційного зондування надає унікальні можливості для створення комплексних екологічних карт, які відображають різноманітні аспекти стану довкілля. Це дозволяє проводити інтегрований аналіз даних з різних джерел, виявляти взаємозв'язки між різними екологічними параметрами та розробляти ефективні стратегії управління природними ресурсами.

Наприклад, за допомогою ГІС можна інтегрувати дані про стан повітря, води, ґрунтів та рослинності, що дозволяє створювати синтетичні карти екологічного стану та оцінювати загальний рівень екологічної загрози на певній території [22].

Сучасні методи екологічного картографування також включають використання автоматизованих систем збору та обробки даних, що забезпечує високу точність та оперативність у створенні карт. Автоматизовані системи дозволяють швидко збирати великі обсяги даних, обробляти їх та відобразити результати у реальному часі. Це особливо корисно для моніторингу динамічних процесів, таких як зміни кліматичних умов, природні катастрофи, забруднення довкілля та інші.

Технології візуалізації екологічних даних є надзвичайно важливими для розуміння складних екологічних процесів, а також для комунікації результатів досліджень та аналізів між науковцями, управлінцями та громадськістю. Використання сучасних технологій візуалізації дозволяє створювати детальні, точні та зрозумілі екологічні карти, які можуть бути використані для моніторингу довкілля, планування заходів з його охорони та прийняття управлінських рішень. Одними з основних напрямків у цій сфері є програмні засоби для створення карт та інтерактивні та мультимедійні екологічні карти.

Програмні засоби для створення карт є невід'ємною частиною сучасного екологічного картографування. Вони забезпечують можливість обробки великих обсягів даних, проведення складних аналізів та створення високоточних карт з детальними екологічними даними. Серед найпопулярніших програмних засобів можна виділити такі як ArcGIS, QGIS, MapInfo, ERDAS Imagine та інші. Кожна з цих програм має свої унікальні функції та можливості, які дозволяють створювати екологічні карти різного рівня складності та деталізації [15].

ArcGIS є одним з найпоширеніших програмних засобів для створення карт, що використовується як науковцями, так і професіоналами у сфері екології та географії. Ця програма надає потужні інструменти для збору, обробки та аналізу географічних даних, а також для створення карт різного рівня

складності. За допомогою ArcGIS можна створювати як прості тематичні карти, так і складні синтетичні карти, що відображають взаємозв'язки між різними екологічними параметрами.

QGIS є безкоштовною програмою з відкритим кодом, яка також широко використовується для створення екологічних карт. Ця програма надає широкий спектр інструментів для обробки географічних даних, що дозволяє створювати високоякісні карти без необхідності витратити великі кошти на комерційне програмне забезпечення. QGIS підтримує інтеграцію з іншими програмами та базами даних, що робить її гнучким інструментом для екологічного картографування.

MapInfo та ERDAS Imagine є іншими популярними програмами, що використовуються для створення карт. MapInfo спеціалізується на просторовому аналізі та візуалізації географічних даних, тоді як ERDAS Imagine більше орієнтована на обробку супутникових знімків та інших даних дистанційного зондування. Обидві програми надають потужні інструменти для створення детальних екологічних карт та проведення аналізу екологічних даних [10].

Інтерактивні та мультимедійні екологічні карти є інноваційним напрямком у сфері візуалізації екологічних даних. Вони надають можливість користувачам взаємодіяти з картами, отримувати додаткову інформацію, проводити аналіз та візуалізувати результати у реальному часі. Інтерактивні карти можуть бути розміщені в Інтернеті, що робить їх доступними для широкого кола користувачів, включаючи науковців, управлінців, представників громадськості та інших зацікавлених сторін.

Одним з прикладів інтерактивних екологічних карт є карти, створені за допомогою платформи ArcGIS Online. Ця платформа дозволяє створювати інтерактивні карти, які можуть бути легко доступні через веб-браузери та мобільні додатки. Користувачі можуть взаємодіяти з картами, змінювати масштаб, вибирати різні шари даних, отримувати додаткову інформацію про об'єкти на карті та виконувати просторовий аналіз. Це забезпечує можливість

більш глибокого розуміння екологічних процесів та ефективної комунікації результатів досліджень.

Мультимедійні екологічні карти є ще одним інноваційним напрямком, що поєднує візуалізацію географічних даних з іншими мультимедійними елементами, такими як текст, зображення, відео та аудіо. Це дозволяє створювати багатошарові карти, які не лише відображають екологічні дані, але й надають додатковий контекст та пояснення. Наприклад, мультимедійна карта, що показує стан лісів, може містити фотографії місцевості, відеозаписи з коментарями експертів, а також текстові пояснення, що допомагають краще зрозуміти ситуацію [11].

Використання інтерактивних та мультимедійних карт є особливо корисним для освіти та підвищення обізнаності громадськості про екологічні проблеми. Вони дозволяють залучати користувачів до активного вивчення екологічних даних, що сприяє підвищенню їхньої екологічної свідомості та залученню до вирішення екологічних проблем. Наприклад, інтерактивні карти можуть бути використані у школах та університетах для навчання студентів про стан довкілля, методи моніторингу та управління природними ресурсами.

Технології візуалізації екологічних даних також включають використання віртуальної та доповненої реальності. Ці технології дозволяють створювати тривимірні моделі екологічних систем, що надають можливість візуалізувати дані у реальному часі та отримувати додаткову інформацію про об'єкти та процеси. Віртуальна реальність дозволяє користувачам "зануритися" у модель екосистеми та взаємодіяти з нею, що сприяє більш глибокому розумінню екологічних процесів та проблем

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ

2.1 Загальна характеристика екологічного стану України

Загальна характеристика екологічного стану України на 2024 рік свідчить про наявність численних проблем, пов'язаних із забрудненням повітря, водних ресурсів, ґрунтів та збереженням біорізноманіття. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу становлять близько 2,7 мільйонів тонн на рік, з основними забруднювачами, такими як діоксид сірки (SO₂), оксиди азоту (NO_x), дрібнодисперсні частинки (PM₁₀, PM_{2.5}) та вуглекислий газ (CO₂). Значна частина цих викидів походить від промислових підприємств та транспорту, що призводить до високого рівня забруднення повітря у великих містах і промислових регіонах [19].

Стан водних ресурсів України також викликає занепокоєння. Близько 75% річок та водойм зазнають значного забруднення, основними джерелами якого є промислові викиди та сільськогосподарська діяльність. Забруднення води включає високий вміст важких металів, нітратів та фосфатів, що перевищують гранично допустимі концентрації. Це призводить до деградації водних екосистем, зниження якості питної води та негативного впливу на здоров'я населення.

Деградація ґрунтів є ще однією серйозною проблемою. Близько 25% сільськогосподарських угідь в Україні страждають від ерозії, зокрема водної та вітрової. Водна ерозія зачіпає понад 14 мільйонів гектарів земель, а вітрова – близько 6,5 мільйонів гектарів. Крім того, понад 35% сільськогосподарських земель мають підвищений рівень забруднення пестицидами та важкими металами, що негативно впливає на родючість ґрунтів та знижує продуктивність сільського господарства.

Біорізноманіття України також знаходиться під загрозою. У 2024 році до Червоної книги України занесено понад 520 видів рослин і 420 видів тварин, що знаходяться під загрозою зникнення. Втрата природних середовищ існування

через урбанізацію, промисловий розвиток та сільськогосподарську діяльність призводить до скорочення чисельності популяцій багатьох видів та деградації екосистем [20].

Радіаційне забруднення залишається значною проблемою, особливо у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Територія зони відчуження становить близько 2,600 квадратних кілометрів, де рівень радіації залишається високим. Сотні тисяч гектарів землі навколо Чорнобиля залишаються непридатними для життя людей та використання в сільському господарстві, що обмежує можливості розвитку цих територій.

Викиди парникових газів також є важливим фактором екологічного стану України. У 2024 році загальний обсяг викидів вуглекислого газу (CO₂) становив близько 270 мільйонів тонн, що складає приблизно 0,8% від глобальних викидів. Ці викиди значною мірою спричинені діяльністю промислових підприємств, транспорту та енергетичного сектору. Військові дії також спричинили значні додаткові викиди парникових газів, які не завжди враховуються у національних звітах, але суттєво впливають на загальний рівень забруднення.

Забруднення повітря та водних ресурсів є одними з найгостріших екологічних проблем в Україні, які мають серйозні наслідки як для довкілля, так і для здоров'я населення. Ці проблеми викликані як антропогенними факторами, так і природними процесами, що взаємодіють і посилюють негативний вплив на екосистеми та людей.

Забруднення повітря

Забруднення повітря в Україні є серйозною проблемою, яка суттєво впливає на якість життя та здоров'я населення. Основні джерела забруднення включають промислові підприємства, транспорт, енергетичні об'єкти, сільськогосподарські діяльності та побутове опалення. Промислові підприємства, особливо ті, що займаються металургією, хімічним виробництвом та цементною промисловістю, є основними джерелами викидів

шкідливих речовин, таких як діоксид сірки (SO₂), оксиди азоту (NO_x), аміак (NH₃), летючі органічні сполуки (ЛОС) та важкі метали [16].

Концентрації забруднюючих речовин у повітрі часто перевищують допустимі норми, встановлені національними та міжнародними стандартами. Наприклад, рівень діоксиду сірки та оксидів азоту у промислових регіонах, таких як Донбас та Придніпров'я, значно перевищує гранично допустимі концентрації, що спричиняє серйозні проблеми для здоров'я населення, включаючи респіраторні та серцево-судинні захворювання. Крім того, високі рівні забруднення повітря впливають на довкілля, спричиняючи кислотні дощі, які шкодять лісам, ґрунтам та водним об'єктам, а також знижують урожайність сільськогосподарських культур.

Транспорт є ще одним значним джерелом забруднення повітря, особливо у великих містах, таких як Київ, Харків, Дніпро та Одеса. Викиди від автомобілів включають оксиди азоту, вуглекислий газ (CO₂), летючі органічні сполуки та тверді частинки (PM₁₀, PM_{2.5}), які є основними забруднювачами міського повітря. Високий рівень автомобілізації та недостатньо розвинена інфраструктура громадського транспорту призводять до постійного зростання рівня забруднення повітря у містах [6].

Забруднення повітря має значний вплив на здоров'я населення. Високі концентрації шкідливих речовин у повітрі спричиняють зростання захворювань дихальної системи, таких як астма, бронхіт, хронічні обструктивні захворювання легень, а також серцево-судинних захворювань. Особливо вразливими є діти, літні люди та люди з хронічними захворюваннями. Дослідження показують, що забруднення повітря призводить до зменшення тривалості життя та підвищення смертності від респіраторних та серцево-судинних захворювань.

Забруднення водних ресурсів

Забруднення водних ресурсів є ще однією серйозною екологічною проблемою в Україні, яка впливає на якість води, здоров'я людей та стан екосистем. Основні джерела забруднення включають промислові стічні води,

сільськогосподарські стоки, побутові стічні води, а також незадовільний стан очисних споруд.

Стан річок, озер та підземних вод у багатьох регіонах України є критичним. Багато річок, таких як Дніпро, Дністер, Південний Буг та Сіверський Донець, зазнають значного забруднення від промислових підприємств, які скидають у водні об'єкти неочищені або недостатньо очищені стічні води. Ці стічні води містять важкі метали, хімічні сполуки, нафтопродукти, феноли та інші токсичні речовини, які негативно впливають на водну флору та фауну, а також роблять воду небезпечною для споживання.

Сільськогосподарські стоки також є значним джерелом забруднення водних ресурсів. Використання пестицидів, гербіцидів та добрив у сільському господарстві призводить до забруднення ґрунтових вод та поверхневих водних об'єктів. Нітрати та фосфати з добрив спричиняють евтрофікацію водойм, що призводить до зростання кількості водоростей, зниження рівня кисню у воді та загибелі риби та інших водних організмів [13].

Побутові стічні води, особливо у великих містах та агломераціях, також вносять свій внесок у забруднення водних ресурсів. Незадовільний стан очисних споруд, недостатня кількість сучасних систем очищення води та застаріла інфраструктура водопостачання та водовідведення призводять до скидання у водні об'єкти великої кількості забруднювачів, таких як органічні речовини, патогенні мікроорганізми, миючі засоби та фармацевтичні препарати.

Забруднення водних ресурсів має серйозні наслідки для екосистем та здоров'я людини. Погіршення якості води призводить до зниження біорізноманіття, втрати водних видів та деградації екосистем. Забруднена вода є небезпечною для здоров'я людей, спричиняючи спалахи інфекційних хвороб, таких як холера, гепатит А, діарейні захворювання. Крім того, вживання забрудненої води може призвести до хронічних захворювань, включаючи отруєння важкими металами, захворювання шлунково-кишкового тракту та інші серйозні проблеми зі здоров'ям.

Стан природних ресурсів та біорізноманіття в Україні є критичним аспектом екологічної ситуації, оскільки країна має значні природні багатства, включаючи ліси, водні ресурси, родючі ґрунти та велику різноманітність флори та фауни. Однак через численні антропогенні фактори ці ресурси знаходяться під загрозою деградації та вичерпання, що вимагає комплексних заходів для їх збереження та відновлення [11].

Таблиця 2.1

Стан лісів в Україні: Проблеми та зусилля щодо їх збереження та відновлення

Стан лісів	Проблеми та зусилля
Ліси України, що охоплюють близько 15% території країни, є важливим природним ресурсом, який забезпечує численні екологічні, економічні та соціальні функції.	Виконують роль регулятора клімату, забезпечують збереження біорізноманіття, слугують джерелом деревини та інших лісових продуктів, а також є місцем відпочинку та рекреації для населення.
Неконтрольована вирубка призводить до значних втрат лісових масивів, руйнує природні екосистеми, знищує місця проживання багатьох видів рослин і тварин, сприяє ерозії ґрунтів та порушує водний режим.	Неконтрольована вирубка часто організована злочинними групами, зменшує площу лісів, знижує здатність лісів поглинати вуглекислий газ, що негативно впливає на кліматичний баланс.
Деградація лісових екосистем пов'язана з антропогенними факторами, такими як зміни клімату, забруднення повітря, ґрунтів та водних ресурсів, а також інтенсивне використання лісових ресурсів.	Підвищення температури, зміни в режимі опадів, частіші посухи та інші кліматичні зміни знижують стійкість лісів до шкідників, хвороб та пожеж, кислотні дощі шкодять лісовим екосистемам, знижують родючість ґрунтів та порушують водний режим.
Зусилля щодо збереження та відновлення лісових масивів включають посилення	Включають активну участь громадськості у заходах з охорони та відновлення лісів,

законодавства, збільшення фінансування лісових господарств, впровадження сучасних технологій моніторингу та управління лісовими ресурсами.	методи екологічного управління, що враховують природні особливості лісових екосистем.
Державні та громадські організації здійснюють посадку нових дерев, відновлюють деградовані ділянки лісу, впроваджують програми збереження біорізноманіття та екологічної освіти.	Залучення місцевих громад до процесу управління лісовими ресурсами, забезпечення сталого використання лісів, підвищення екологічної свідомості населення, заходи з боротьби проти шкідників та хвороб лісу.

Таблиця 2.2

Біорізноманіття: рівень збереження, загрози вимирання та зусилля зі збереження

Аспекти	Опис	Заходи
Рівень збереження різних видів рослин і тварин	Україна має багату та різноманітну флору і фауну, яка включає понад 70 тисяч видів рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів. Біорізноманіття забезпечує стабільність та функціонування екосистем, сприяє збереженню генетичних ресурсів та забезпечує екосистемні послуги, такі як очищення повітря та води, регулювання клімату, запилення рослин та підтримка родючості ґрунтів.	Збереження генетичних ресурсів, забезпечення екосистемних послуг, очищення повітря та води, регулювання клімату, запилення рослин, підтримка родючості ґрунтів.

<p>Загрози вимирання</p>	<p>Основними загрозами для біорізноманіття є зміни клімату, забруднення навколишнього середовища, вирубка лісів, деградація природних екосистем, інтенсивне сільське господарство та урбанізація. Ці фактори призводять до втрати місць проживання багатьох видів, зниження чисельності популяцій, а також до зменшення генетичного різноманіття. Багато видів рослин і тварин знаходяться на межі вимирання і занесені до Червоної книги України, яка включає понад 500 видів рослин і близько 400 видів тварин.</p>	<p>Втрати місць проживання, зниження чисельності популяцій, зменшення генетичного різноманіття, види на межі вимирання, занесення до Червоної книги України.</p>
<p>Зусилля зі збереження біорізноманіття</p>	<p>Зусилля зі збереження біорізноманіття включають комплекс заходів, спрямованих на охорону та відновлення природних екосистем, захист видів, що знаходяться під загрозою вимирання, та збереження генетичних ресурсів. Державні та громадські організації проводять</p>	<p>Охорона та відновлення природних екосистем, захист видів під загрозою, моніторинг стану біорізноманіття, створення природоохоронних територій, розвиток екологічної освіти, залучення громадськості.</p>

	<p>моніторинг стану біорізноманіття, впроваджують програми збереження рідкісних видів, створюють природоохоронні території та заповідники. Важливим кроком є розвиток екологічної освіти та підвищення екологічної свідомості населення, що сприяє залученню громадськості до заходів з охорони природи.</p>	
--	--	--

Таким чином, стан природних ресурсів та біорізноманіття в Україні є критичним питанням, яке потребує комплексного підходу та активних зусиль з боку держави, громадських організацій та міжнародної спільноти. Забезпечення збереження та відновлення лісів, захист видів, що знаходяться під загрозою вимирання, а також впровадження стійких методів управління природними ресурсами є ключовими заходами для збереження екологічного балансу та забезпечення сталого розвитку країни.

2.2 Джерела екологічної інформації для картографування

Офіційні джерела та державні бази даних є ключовими ресурсами для отримання надійної та актуальної інформації про екологічний стан країни. В Україні такі дані надаються різними державними органами, зокрема Державною службою статистики України, Міністерством екології та природних ресурсів, а також іншими профільними установами. Дані, зібрані та оброблені цими органами, забезпечують основний обсяг інформації для екологічного моніторингу, аналізу та планування заходів з охорони довкілля [2].

Державна служба статистики України (Держстат) є основним органом, що відповідає за збирання, обробку та публікацію статистичних даних у різних сферах, включаючи екологію. Держстат регулярно проводить статистичні обстеження та опитування, результати яких публікуються у вигляді звітів, бюлетенів та баз даних. Ці дані включають інформацію про викиди забруднюючих речовин в атмосферу, стан водних ресурсів, кількість відходів, використання природних ресурсів та багато інших аспектів, які є важливими для оцінки екологічного стану країни. Інформація Держстату є доступною для широкого кола користувачів, включаючи науковців, органи влади, екологічні організації та громадськість.

Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінекології) відіграє важливу роль у збиранні та обробці екологічних даних. Це відомство відповідає за розробку та впровадження політики у сфері охорони довкілля, моніторинг екологічного стану та регулювання використання природних ресурсів. Мінекології веде різноманітні реєстри та бази даних, що містять інформацію про забруднення повітря, води, ґрунтів, стан лісів та інших природних ресурсів. Наприклад, реєстр викидів та переносу забруднювачів (PRTR) містить детальну інформацію про викиди забруднюючих речовин промисловими підприємствами, що дозволяє здійснювати ефективний контроль за дотриманням екологічних нормативів та оцінювати вплив промислової діяльності на довкілля.

Інші державні органи та установи також роблять свій внесок у збирання та обробку екологічних даних. Наприклад, Державне агентство водних ресурсів України веде облік стану водних об'єктів, включаючи річки, озера та підземні води, та публікує дані про якість води, рівень забруднення та водний баланс. Державне агентство лісових ресурсів України збирає дані про стан лісів, вирубки, відновлення лісових масивів та інші аспекти лісового господарства. Державна служба України з надзвичайних ситуацій надає інформацію про екологічні ризики та небезпеки, такі як пожежі, повені та інші природні та техногенні катастрофи [9].

Національні моніторингові програми: методи збору, обробки та зберігання даних

Національні моніторингові програми є ключовим інструментом для систематичного спостереження за станом довкілля, збирання та аналізу даних про різні екологічні параметри. Ці програми реалізуються за допомогою мережі спостережних пунктів, лабораторій та інших інфраструктур, які забезпечують регулярний моніторинг повітря, води, ґрунтів, біорізноманіття та інших компонентів довкілля. Методи збору, обробки та зберігання даних у рамках національних моніторингових програм розробляються відповідно до міжнародних стандартів та кращих практик, що забезпечує високу якість та достовірність інформації.

Збір даних у рамках національних моніторингових програм здійснюється за допомогою різноманітних методів, включаючи польові дослідження, автоматизовані системи моніторингу, дистанційне зондування та лабораторні аналізи. Польові дослідження включають відбір проб повітря, води та ґрунтів, а також спостереження за станом рослинності та тваринного світу. Автоматизовані системи моніторингу, такі як метеорологічні станції та станції контролю якості повітря, дозволяють отримувати дані у режимі реального часу та забезпечують безперервний моніторинг екологічних параметрів. Дистанційне зондування, зокрема супутникові знімки та аерофотозйомка, надають можливість отримувати інформацію про великі території за короткий час, що є особливо корисним для моніторингу важкодоступних або небезпечних зон [3].

Обробка даних у рамках національних моніторингових програм включає перевірку якості, аналіз та інтерпретацію зібраної інформації. Дані перевіряються на точність, повноту та узгодженість, після чого вони аналізуються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Аналіз даних дозволяє виявляти тенденції та закономірності, оцінювати екологічні ризики та прогнозувати зміни у стані довкілля. Інтерпретація результатів моніторингу здійснюється фахівцями, які використовують отримані дані для підготовки звітів, рекомендацій та розробки екологічної політики.

Зберігання даних у рамках національних моніторингових програм забезпечується за допомогою спеціалізованих баз даних та інформаційних систем, які дозволяють зберігати великі обсяги інформації у структурованому вигляді. Ці бази даних забезпечують швидкий доступ до інформації, її оновлення та інтеграцію з іншими джерелами даних. Зберігання даних також включає забезпечення їх безпеки та конфіденційності, а також дотримання стандартів збереження та архівування інформації [7].

Національні моніторингові програми є важливим інструментом для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку країни. Вони надають надійну інформацію, необхідну для прийняття обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля, планування природоохоронних заходів та оцінки їх ефективності. Завдяки цим програмам, держава може своєчасно реагувати на екологічні загрози, здійснювати контроль за дотриманням екологічного законодавства та забезпечувати збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Альтернативні джерела інформації про екологічний стан включають наукові дослідження, академічні публікації та дані, отримані від неурядових організацій (НУО). Ці джерела часто доповнюють офіційну статистику, надаючи більш детальну та спеціалізовану інформацію, яка може бути використана для глибшого розуміння екологічних процесів і розробки ефективних стратегій охорони довкілля. Наукові дослідження та академічні публікації є важливим джерелом нових знань та інноваційних підходів у сфері екології. Вони охоплюють широкий спектр тем, від вивчення впливу забруднення на здоров'я людини до аналізу змін клімату і їх наслідків для екосистем. Ці дослідження часто проводяться у співпраці з міжнародними інституціями та використовують найсучасніші методи та технології, що забезпечує високу якість та достовірність отриманих даних. Академічні публікації, що виходять у рецензованих журналах, є результатом суворого наукового контролю, що підвищує їхню надійність і цінність для екологічного аналізу [16].

Неурядові організації (НУО) також відіграють важливу роль у зборі та аналізі екологічних даних. Вони часто проводять незалежні дослідження, моніторинг та кампанії з підвищення обізнаності про екологічні проблеми. НУО мають можливість оперативно реагувати на екологічні кризи, збирати дані на місцях та залучати громадськість до вирішення екологічних проблем. Вони також можуть надавати альтернативну точку зору, що допомагає розширити розуміння екологічної ситуації та виявити проблеми, які можуть бути недооцінені або ігноровані офіційними джерелами. Дані, зібрані НУО, часто публікуються у вигляді звітів, досліджень та інформаційних бюлетенів, що робить їх доступними для широкого кола користувачів, включаючи науковців, політиків та громадськість [3].

Міжнародні бази даних та програми є важливим джерелом екологічної інформації, яка дозволяє оцінити стан довкілля на глобальному рівні та порівняти його з іншими країнами. Ці ресурси забезпечують доступ до широкого спектру даних, що охоплюють різні аспекти екології, від кліматичних змін до біорізноманіття та забруднення. Однією з найважливіших міжнародних програм є програми Організації Об'єднаних Націй (ООН), які включають кілька ініціатив у сфері охорони довкілля. Наприклад, Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP) займається збором, аналізом та публікацією даних про стан довкілля, включаючи зміни клімату, забруднення та втрату біорізноманіття. UNEP також розробляє політичні рекомендації та проводить освітні програми, спрямовані на підвищення обізнаності про екологічні проблеми та пошук рішень для їх вирішення.

Європейське агентство з охорони довкілля (ЕЕА) є ще одним важливим міжнародним джерелом екологічної інформації. ЕЕА надає дані про стан довкілля в Європі, зокрема про якість повітря, води, стан ґрунтів, рівень забруднення та зміну клімату. Агентство публікує регулярні звіти, які аналізують екологічні тенденції та оцінюють ефективність політик з охорони довкілля в країнах ЄС. Дані ЕЕА є відкритими і доступними для громадськості, що сприяє прозорості та підзвітності екологічної політики.

Глобальний моніторинг навколишнього середовища (GEMS) є програмою, спрямованою на збір та аналіз даних про стан довкілля на глобальному рівні. Ця ініціатива включає кілька проєктів, що використовують супутникові знімки, дистанційне зондування та інші методи для моніторингу змін у довкіллі. GEMS надає інформацію про зміни клімату, стан озонового шару, забруднення океанів та інші екологічні параметри. Дані GEMS використовуються для наукових досліджень, розробки політики та планування заходів з охорони довкілля [7].

Міжнародні організації також надають фінансову та технічну підтримку країнам для реалізації проєктів з охорони довкілля. Наприклад, Глобальний екологічний фонд (GEF) фінансує проєкти з боротьби зі змінами клімату, збереження біорізноманіття, охорони водних ресурсів та управління відходами. Такі ініціативи допомагають країнам впроваджувати сучасні технології, розробляти екологічно чисті методи виробництва та покращувати інфраструктуру для моніторингу стану довкілля.

2.3 Аналіз екологічних даних за допомогою ГІС

Обробка та інтеграція екологічних даних у геоінформаційні системи (ГІС) є важливим етапом у дослідженні та аналізі стану довкілля. ГІС дозволяють зберігати, обробляти та візуалізувати великі обсяги екологічних даних, що робить їх незамінним інструментом для екологів, науковців та планувальників. Методи збору та підготовки екологічних даних для аналізу в ГІС включають кілька етапів, кожен з яких є критично важливим для забезпечення точності та достовірності результатів.

Першим етапом є збір даних, який може здійснюватися різними методами, залежно від типу та джерела інформації. Екологічні дані можуть бути зібрані за допомогою польових досліджень, автоматизованих систем моніторингу, дистанційного зондування та аналізу зразків у лабораторіях. Польові дослідження включають відбір проб повітря, води, ґрунту та біологічних зразків, які потім аналізуються для визначення рівня забруднення,

наявності токсичних речовин та інших параметрів. Автоматизовані системи моніторингу, такі як метеорологічні станції та датчики якості повітря, забезпечують безперервний збір даних у режимі реального часу. Дистанційне зондування, яке включає використання супутникових знімків та аерофотозйомку, дозволяє отримувати дані про великі території за короткий час [3].

Після збору даних наступним кроком є їх обробка та підготовка для інтеграції у ГІС. Це включає перевірку даних на точність, видалення помилок та пропусків, а також перетворення даних у відповідні формати. Екологічні дані можуть мати різні формати, такі як растрові зображення, векторні дані, табличні дані та бази даних. Растрові дані, отримані за допомогою супутникових знімків, складаються з пікселів, кожен з яких має своє значення, що відображає певний екологічний параметр. Векторні дані включають точки, лінії та полігони, які представляють різні об'єкти та території. Табличні дані містять числові значення та текстову інформацію, яка може бути пов'язана з географічними координатами.

Інтеграція даних з інших джерел є важливою складовою процесу обробки даних у ГІС. Це включає об'єднання екологічних даних з іншими географічними даними, такими як топографічні карти, дані про землекористування, демографічні дані та інші. Інтеграція даних дозволяє створити комплексну картину екологічного стану території та врахувати різні фактори, які можуть впливати на довкілля. Наприклад, інтеграція даних про забруднення повітря з даними про транспортні маршрути та промислові підприємства дозволяє виявити основні джерела забруднення та оцінити їхній вплив на здоров'я населення.

ГІС є потужним інструментом для візуалізації та моделювання екологічних процесів. Візуалізація даних у вигляді карт дозволяє зрозуміти просторові закономірності та взаємозв'язки між різними екологічними параметрами. ГІС дозволяють створювати різні типи карт, включаючи тематичні

та синтетичні карти, які використовуються для аналізу та представлення екологічної інформації [1].

Тематичні карти відображають окремі аспекти екологічного стану, такі як рівень забруднення повітря, якість води, розподіл рослинності та інші. Ці карти допомагають візуально представити дані та показати, як вони змінюються у просторі. Наприклад, карта забруднення повітря може показувати концентрацію шкідливих речовин у різних частинах міста, що дозволяє ідентифікувати найбільш забруднені райони та планувати заходи з їх очищення. Карта якості води може відображати рівень забруднення річок та озер, що допомагає виявити джерела забруднення та оцінити їхній вплив на водні екосистеми.

Синтетичні карти поєднують дані з кількох тематичних карт для створення комплексного уявлення про екологічний стан території. Вони дозволяють врахувати різні фактори та їх взаємозв'язки, що є важливим для комплексного аналізу та прийняття рішень. Наприклад, синтетична карта екологічного ризику може поєднувати дані про забруднення повітря, води, ґрунтів та дані про стан здоров'я населення, що дозволяє оцінити загальний рівень екологічної загрози для певної території. Така карта може використовуватися для планування природоохоронних заходів та розробки стратегій зниження екологічних ризиків.

ГІС також дозволяють моделювати екологічні процеси та прогнозувати їхні зміни у часі. Моделювання включає використання математичних моделей та алгоритмів для аналізу даних та прогнозування майбутніх змін. Наприклад, моделі кліматичних змін дозволяють прогнозувати зміни температури, опадів та інших кліматичних параметрів, що допомагає оцінити їхній вплив на екосистеми та планувати заходи адаптації. Моделі розповсюдження забруднювачів дозволяють оцінити вплив різних джерел забруднення на довкілля та розробити ефективні заходи з їх зниження [22].

Проведення просторового аналізу екологічних даних у геоінформаційних системах (ГІС) є одним із найважливіших напрямків у сучасній екології. Просторовий аналіз дозволяє виявляти закономірності, тенденції та аномалії в

екологічних даних, що є критично важливим для розуміння складних екологічних процесів та прийняття обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля. Один із основних аспектів просторового аналізу – це виявлення екологічних гарячих точок, тобто територій з високою концентрацією екологічних проблем, які потребують негайної уваги та втручання.

Методи аналізу просторових закономірностей у ГІС включають кілька основних підходів, таких як картографічне моделювання, статистичний аналіз, кластерний аналіз та геостатистика. Картографічне моделювання передбачає створення карт, які візуально представляють розподіл екологічних параметрів у просторі. Це дозволяє легко ідентифікувати райони з високими рівнями забруднення, деградації або інших екологічних проблем. Наприклад, карта забруднення повітря може показувати концентрацію шкідливих речовин у різних частинах міста, що допомагає виявити райони з найбільшим впливом на здоров'я населення [3].

Статистичний аналіз дозволяє визначати взаємозв'язки між різними екологічними параметрами та виявляти закономірності у їхньому розподілі. Наприклад, можна аналізувати кореляцію між концентрацією забруднюючих речовин у повітрі та частотою респіраторних захворювань серед населення. Кластерний аналіз використовується для виявлення груп територій з подібними екологічними характеристиками. Це допомагає визначити екологічні гарячі точки, де концентрація проблем є найвищою, та розробити цільові заходи для їх вирішення.

Геостатистика включає використання математичних моделей для аналізу просторових даних. Одним із методів геостатистики є крігування, яке дозволяє створювати прогностичні карти, що показують можливий розподіл екологічних параметрів на території. Наприклад, крігування може бути використане для прогнозування концентрації забруднювачів у ґрунтах на основі даних про проби, взяті у кількох точках.

Результати просторового аналізу екологічних даних у ГІС дозволяють отримати детальну картину екологічного стану територій та виявити основні

проблемні зони. Наприклад, у результаті аналізу даних про якість води можна виявити річки та озера, які є найбільш забрудненими і потребують очищення. Аналіз даних про забруднення повітря може показати, які райони міста мають найвищий рівень забруднення і потребують зменшення викидів від транспорту та промисловості [19].

Приклади використання просторового аналізу для виявлення екологічних гарячих точок включають дослідження забруднення повітря у великих містах, аналіз стану водних ресурсів у промислових регіонах та оцінку впливу змін клімату на різні екосистеми. Наприклад, у місті Київ було проведено дослідження, яке показало, що найбільші рівні забруднення повітря спостерігаються у центральних районах, де концентрація автомобільного транспорту є найвищою. Ці дані використовуються для розробки планів зменшення транспортних викидів та покращення якості повітря.

Моделювання та прогнозування змін екологічного стану є важливою складовою просторового аналізу у ГІС. Це дозволяє не лише аналізувати поточний стан довкілля, але й прогнозувати можливі зміни у майбутньому під впливом різних факторів, як антропогенних, так і природних. Використання ГІС для моделювання включає розробку математичних моделей, які враховують взаємодію між різними екологічними параметрами та фактори, що впливають на довкілля [3].

Одним із основних напрямків моделювання є прогнозування впливу змін клімату на екосистеми. Моделі кліматичних змін використовують дані про температуру, опади, концентрацію парникових газів та інші кліматичні параметри для прогнозування їхнього впливу на рослинність, водні ресурси, ґрунти та біорізноманіття. Наприклад, моделювання змін температури та опадів дозволяє оцінити ризики посух та повеней, що є критично важливим для планування заходів з адаптації до змін клімату.

Антропогенні фактори, такі як урбанізація, промислове виробництво, сільське господарство та використання природних ресурсів, також враховуються у моделях для прогнозування їхнього впливу на довкілля.

Моделювання урбанізації включає аналіз змін у землекористуванні, розширення міських територій та їх вплив на навколишнє середовище. Наприклад, моделі можуть прогнозувати зростання рівня забруднення повітря у містах у зв'язку зі збільшенням кількості транспорту та промислових підприємств [1].

Моделювання впливу промислового виробництва включає аналіз викидів забруднюючих речовин у повітря, воду та ґрунти, а також оцінку ризиків для здоров'я населення та екосистем. Наприклад, моделі можуть показати, як викиди від промислових підприємств розповсюджуються у просторі та які території є найбільш уразливими до забруднення.

Сільське господарство також має значний вплив на довкілля, і моделі дозволяють прогнозувати наслідки використання пестицидів, добрив та інших хімічних речовин для ґрунтів та водних ресурсів. Наприклад, моделювання може показати, як надмірне використання добрив призводить до забруднення ґрунтових вод та евтрофікації водойм.

Використання ГІС для моделювання та прогнозування змін екологічного стану включає створення інтерактивних карт, які візуально представляють результати моделювання. Ці карти можуть показувати, як змінюються концентрації забруднювачів у повітрі та воді, як розширюються міські території, які райони є найбільш уразливими до змін клімату тощо. Інтерактивні карти дозволяють користувачам аналізувати дані, змінювати параметри моделей та отримувати прогнозні оцінки у режимі реального часу [10].

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ

3.1 Методика створення екологічних карт

Супутникові знімки є одним із найважливіших джерел даних для створення екологічних карт. Вони надають можливість отримувати зображення великої території з високою роздільною здатністю, що дозволяє детально вивчати різні екологічні параметри. Супутникові знімки використовуються для аналізу рослинного покриву, оцінки стану водних ресурсів, виявлення зон забруднення та інших екологічних проблем. Наприклад, за допомогою супутникових знімків можна визначити площу вирубки лісів, оцінити рівень забруднення води у річках та озерах, а також моніторити зміни в екосистемах унаслідок природних чи антропогенних факторів.

Дані дистанційного зондування доповнюють інформацію, отриману зі супутників. Ці дані можуть бути зібрані за допомогою аерофотозйомки, радарів, лідара та інших технологій. Вони дозволяють отримувати тривимірні зображення поверхні Землі, що є корисним для детального аналізу рельєфу, виявлення змін у землекористуванні та моніторингу природних катастроф. Наприклад, лідарами можна отримати точні дані про висоту рослинного покриву та структуру лісових масивів, що важливо для оцінки біомаси та збереження біорізноманіття.

Польові дослідження є ще одним важливим джерелом даних, оскільки вони надають можливість отримувати безпосередню інформацію з місця подій. Ці дослідження включають відбір проб ґрунту, води, повітря та біологічних зразків, а також спостереження за станом екосистем. Польові дані дозволяють уточнювати інформацію, отриману з супутникових знімків та даних дистанційного зондування, та забезпечують високу точність результатів. Наприклад, польові дослідження можуть використовуватися для визначення рівня забруднення води у річках, оцінки стану рослинності на забруднених територіях та моніторингу популяцій рідкісних видів тварин [7].

Державні бази даних є важливим джерелом інформації, що надає офіційні дані про екологічний стан країни. Ці бази даних ведуться різними державними органами, такими як Державна служба статистики України, Міністерство екології та природних ресурсів, Державне агентство водних ресурсів України та інші. Вони містять інформацію про викиди забруднюючих речовин, якість води, стан ґрунтів, обсяги вирубки лісів та інші екологічні параметри. Дані з державних баз є надійними та верифікованими, що забезпечує високу якість екологічних карт.

Процес збору та підготовки вихідних даних починається з визначення мети дослідження та вимог до даних. Це включає визначення території, що буде досліджуватись, типів екологічних параметрів, що будуть аналізуватись, та джерел даних, що будуть використовуватись. Після цього здійснюється збір даних з різних джерел. Супутникові знімки та дані дистанційного зондування можуть бути завантажені з відкритих джерел або придбані у спеціалізованих організаціях. Польові дослідження проводяться за заздалегідь розробленими методиками, що забезпечують отримання точних та репрезентативних даних. Дані з державних баз отримуються шляхом запитів до відповідних органів або через офіційні веб-портали [2].

Після збору даних здійснюється їх обробка та підготовка до інтеграції у ГІС. Це включає перевірку даних на точність та повноту, видалення помилок та пропусків, перетворення даних у відповідні формати та їх попередній аналіз. Наприклад, супутникові знімки можуть бути попередньо оброблені для видалення шумів та корекції кольорів, дані дистанційного зондування можуть бути перетворені у тривимірні моделі, а результати польових досліджень – внесені у бази даних та геокодовані.

Інтеграція даних у ГІС є заключним етапом підготовки даних. Це включає завантаження даних у ГІС-програму, налаштування їхньої візуалізації та проведення початкового аналізу. Дані з різних джерел можуть бути інтегровані за допомогою методів просторової прив'язки, що дозволяє поєднати інформацію з різних шарів та створити комплексну картину екологічного стану території.

Наприклад, супутникові знімки можуть бути поєднані з даними про забруднення повітря та води для створення карти екологічних ризиків.

Обробка та аналіз даних є важливим етапом у створенні екологічних карт, що дозволяє перетворити зібрані дані на корисну інформацію для дослідження та прийняття рішень. Застосування геоінформаційних систем (ГІС) для інтеграції та аналізу екологічних даних дозволяє ефективно обробляти великі обсяги даних, проводити складні просторові аналізи та створювати детальні та точні екологічні карти. Використання геостатистичних методів значно підвищує якість і точність отриманих результатів, що є критично важливим для наукових досліджень та управління природними ресурсами [14].

Першим кроком у обробці даних є їх інтеграція у ГІС. Це включає імпорт даних з різних джерел, таких як супутникові знімки, дані дистанційного зондування, результати польових досліджень та дані з державних баз. Кожен тип даних має свої особливості та вимоги до обробки. Наприклад, супутникові знімки можуть потребувати корекції кольорів, видалення шумів та геоприв'язки, тоді як дані дистанційного зондування можуть вимагати перетворення у тривимірні моделі або інтеграції з іншими просторовими даними.

Інтеграція даних у ГІС дозволяє поєднати інформацію з різних джерел та створити комплексну картину екологічного стану території. Це досягається за допомогою просторової прив'язки даних, що забезпечує точне позиціонування кожного елемента на карті. Просторова прив'язка включає визначення географічних координат для кожного набору даних, що дозволяє поєднати їх у єдину систему координат. Наприклад, дані про концентрацію забруднюючих речовин у повітрі можуть бути інтегровані з даними про транспортні маршрути та промислові підприємства для аналізу джерел забруднення та їх впливу на навколишнє середовище [3].

Після інтеграції даних наступним кроком є їх обробка та аналіз за допомогою ГІС. Це включає використання різноманітних інструментів та методів для обробки даних, проведення просторових аналізів та створення картографічних зображень. Одним із основних інструментів для обробки даних

у ГІС є геостатистика, яка дозволяє аналізувати просторові закономірності та виявляти аномалії у даних. Геостатистичні методи включають інтерполяцію, кластерний аналіз, регресійний аналіз та інші математичні моделі, що дозволяють отримувати точні та достовірні результати.

Інтерполяція є одним з основних методів геостатистики, що дозволяє прогнозувати значення екологічних параметрів у точках, де відсутні вимірювання, на основі наявних даних. Наприклад, інтерполяція може бути використана для створення карти забруднення повітря на основі даних, зібраних у кількох контрольних точках. Це дозволяє отримати детальну картину розподілу забруднення по всій території міста або регіону. Крім того, інтерполяція може використовуватися для оцінки концентрації забруднюючих речовин у водних об'єктах на основі проб, взятих у різних точках.

Кластерний аналіз дозволяє виявляти групи територій з подібними екологічними характеристиками. Це корисно для визначення екологічних гарячих точок та зон підвищеного ризику. Наприклад, кластерний аналіз може використовуватися для виявлення районів з високим рівнем забруднення повітря, води або ґрунтів. Це допомагає розробляти цільові заходи для покращення екологічного стану у найбільш проблемних зонах. Кластерний аналіз також може використовуватися для оцінки впливу антропогенних факторів на екосистеми та визначення зон, що потребують додаткового захисту [1].

Регресійний аналіз є ще одним важливим інструментом для обробки екологічних даних у ГІС. Він дозволяє визначати взаємозв'язки між різними екологічними параметрами та оцінювати вплив різних факторів на стан довкілля. Наприклад, регресійний аналіз може використовуватися для оцінки впливу транспортних викидів на якість повітря або для аналізу впливу змін клімату на ріст та розвиток рослин. Регресійний аналіз допомагає виявляти причини екологічних проблем та розробляти ефективні заходи для їх вирішення.

Створення екологічних карт є заключним етапом обробки та аналізу даних у ГІС. Карти дозволяють візуально представляти результати аналізу та робити їх зрозумілими для широкого кола користувачів. Екологічні карти можуть бути тематичними або синтетичними. Тематичні карти відображають окремі аспекти екологічного стану, такі як рівень забруднення повітря, якість води або стан ґрунтів. Синтетичні карти поєднують дані з кількох тематичних карт для створення комплексного уявлення про екологічний стан території.

Використання ГІС для створення екологічних карт дозволяє не лише візуально представити дані, але й проводити їхній подальший аналіз. Інтерактивні карти дозволяють користувачам взаємодіяти з даними, змінювати параметри відображення, проводити просторові запити та аналізувати результати у режимі реального часу. Це сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля та управління природними ресурсами [7].

3.2 Практичне створення екологічних карт

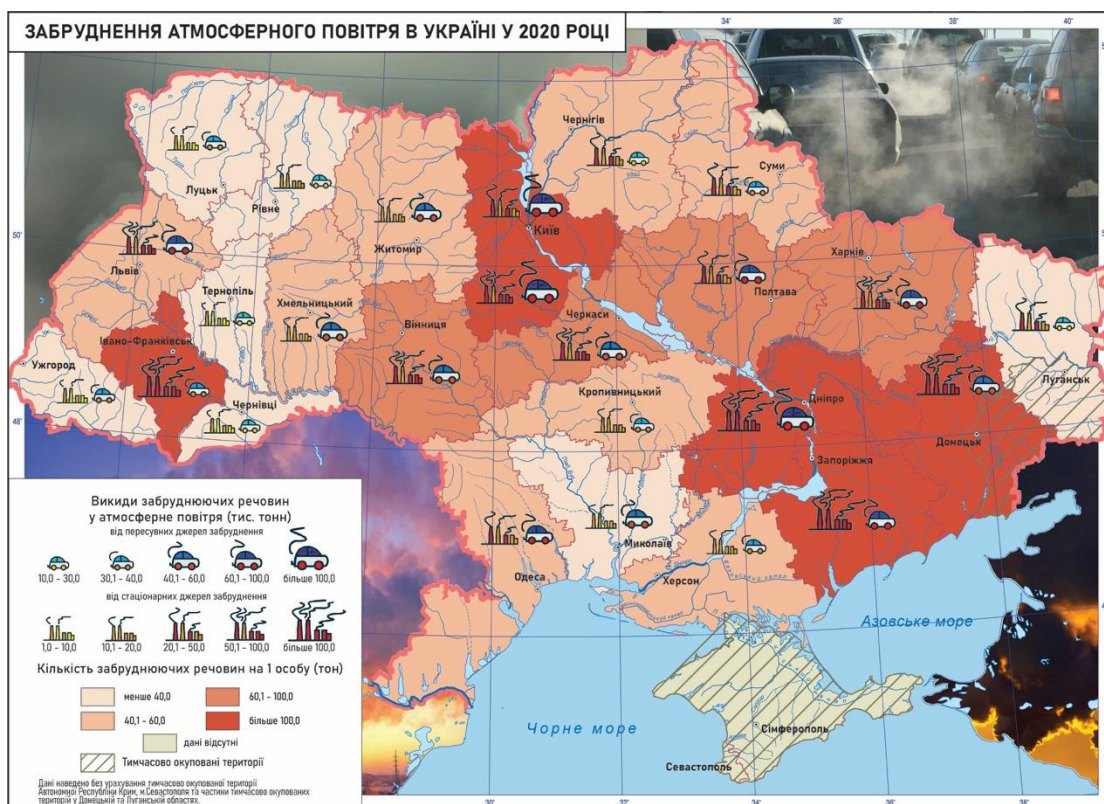


Рис. 1 Забруднення Атмосферного повітря в Україні у 2020 році

Практичне створення екологічної карти є важливим етапом у процесі моніторингу та аналізу стану довкілля. Процес створення такої карти включає кілька ключових кроків.

Першим кроком є збір даних про забруднення повітря. Ці дані можуть надходити з різних джерел, включаючи автоматизовані системи моніторингу повітря, польові дослідження, супутникові знімки та державні бази даних. Дані повинні бути актуальними та точними, щоб забезпечити достовірність кінцевої карти. У даному випадку джерела забруднення поділяються на пересувні (наприклад, автомобілі) та стаціонарні (наприклад, промислові підприємства).

Наступним кроком є інтеграція зібраних даних у геоінформаційну систему (ГІС). Це включає імпорт даних у програмне забезпечення, таке як ArcGIS або QGIS, та їх просторову прив'язку. Просторова прив'язка забезпечує точне розташування даних на карті, що дозволяє візуалізувати їх у вигляді тематичних шарів. Для створення карти забруднення повітря необхідно об'єднати дані про концентрацію забруднювачів у різних точках та представити їх у вигляді кольорових шарів, де кожен колір відповідає певному рівню забруднення.

Після інтеграції даних у ГІС необхідно провести їхню обробку та аналіз. Це може включати використання різних геостатистичних методів для інтерполяції даних, виявлення закономірностей та аномалій. Наприклад, метод інтерполяції дозволяє створити суцільну поверхню концентрації забруднювачів на основі точкових вимірювань. Також можна використовувати кластерний аналіз для виявлення районів з найбільш високими рівнями забруднення.

Наступним етапом є створення самої карти. Це включає вибір кольорової схеми, символів та інших графічних елементів, що допомагають візуально представити дані. Наприклад, на карті забруднення повітря можуть бути використані різні відтінки червоного для позначення різних рівнів забруднення. Також можуть бути додані символи, що позначають джерела забруднення, такі як автомобілі та промислові підприємства.

Останнім кроком є налаштування карти для публікації або подальшого аналізу. Це може включати додавання легенди, масштабної лінійки, стрілки на північ та інших картографічних елементів, що роблять карту зрозумілою та зручною для користування. Карта може бути збережена у різних форматах, таких як PDF, PNG або інтерактивна веб-карта.

Карта, яка ілюструє рівень забруднення атмосферного повітря в Україні у 2020 році, демонструє комплексну екологічну ситуацію по всій країні. Вона складається з кількох основних елементів, кожен з яких надає важливу інформацію про джерела та масштаби забруднення.

Географічний розподіл забруднення представлений відтінками червоного кольору, де світліші відтінки вказують на нижчий рівень забруднення, а темніші – на вищий. Ця градація дозволяє легко візуалізувати, які регіони України мають найбільші проблеми з забрудненням повітря. Наприклад, темніші відтінки в Донецькій, Луганській, Дніпропетровській та Запорізькій областях вказують на значне промислове навантаження і, відповідно, високі рівні викидів забруднюючих речовин.

Символи, розташовані на карті, позначають основні джерела забруднення. Автомобілі вказують на пересувні джерела забруднення, тоді як заводи позначають стаціонарні джерела, такі як промислові підприємства. Ці символи допомагають ідентифікувати, які саме фактори впливають на якість повітря в різних регіонах. Наприклад, великі міста, такі як Київ, Харків та Львів, мають значну кількість автомобілів, що сприяє високому рівню забруднення від пересувних джерел.

Легенда у нижньому лівому куті карти надає детальну інформацію про кількість викидів забруднюючих речовин у тисячах тонн та їх розподіл на душу населення. Це дозволяє користувачам розуміти масштаби проблеми не лише у відносних, але й в абсолютних величинах. Викиди від стаціонарних джерел у деяких регіонах перевищують 100 тисяч тонн на рік, що вказує на високу концентрацію промислових об'єктів та їх вплив на довкілля.

Значна увага приділяється регіонам, які мають найбільші проблеми з якістю повітря. Наприклад, у Донецькій та Луганській областях рівень забруднення є надзвичайно високим через концентрацію промислових підприємств. Дніпропетровська область також виділяється високими показниками забруднення, що пов'язано з розташуванням великих промислових центрів, таких як Дніпро та Кривий Ріг.

У західних регіонах, таких як Закарпатська, Івано-Франківська та Чернівецька області, рівень забруднення є відносно нижчим. Це можна пояснити меншим промисловим навантаженням та кращими природними умовами для розсіювання забруднювачів. Однак навіть у цих регіонах існують локальні джерела забруднення, що потребують уваги.

Ця карта є важливим інструментом для екологічного моніторингу та планування. Вона дозволяє не лише ідентифікувати проблемні зони, але й аналізувати вплив різних джерел забруднення на навколишнє середовище. Дані, представлені на карті, можуть бути використані для розробки стратегій зменшення викидів, впровадження екологічно чистих технологій та підвищення обізнаності населення про екологічні проблеми.

Таким чином, карта забруднення атмосферного повітря в Україні за 2020 рік є комплексним інструментом для візуалізації та аналізу екологічних даних. Вона допомагає зрозуміти масштаби та джерела забруднення, що є критично важливим для розробки ефективних заходів з охорони довкілля та покращення якості життя населення.

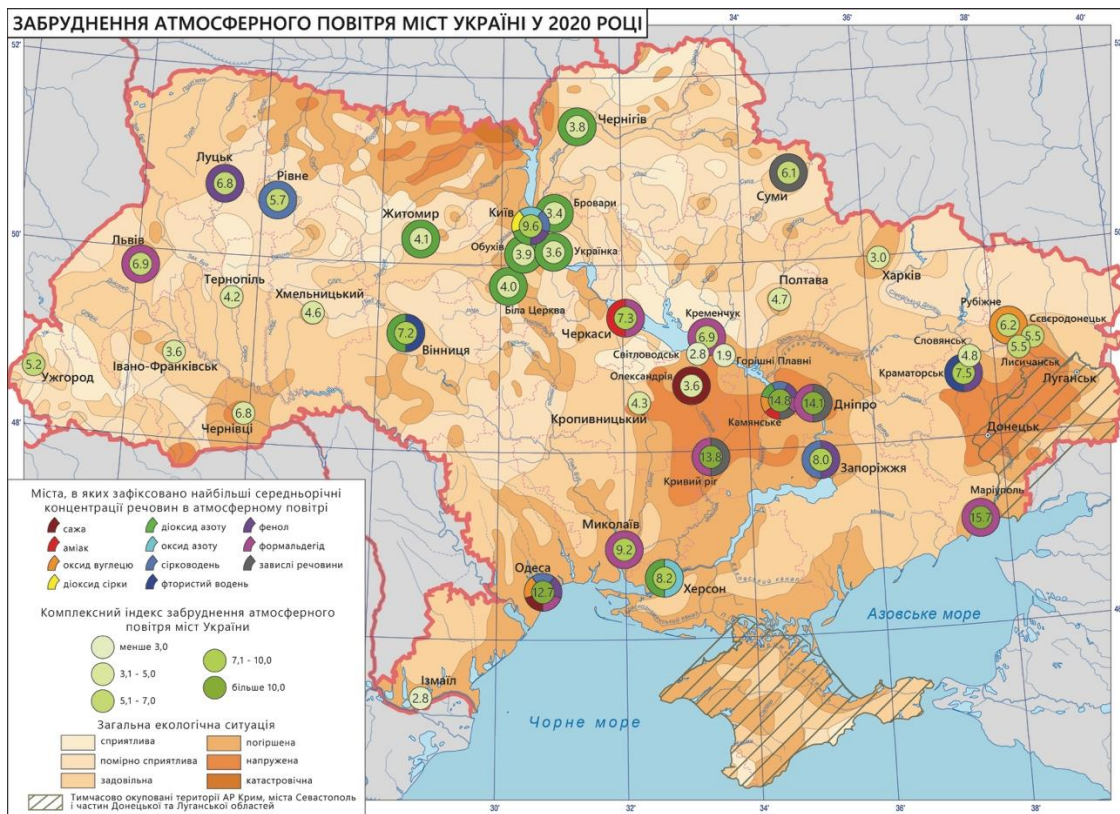


Рис. 2 Карта атмосфера міст України у 2020 році

Практичне створення екологічної карти, забруднення атмосферного повітря міст України у 2020 році, включає кілька важливих етапів. Карта демонструє середньорічні концентрації різних забруднюючих речовин у повітрі в містах України та їхній вплив на загальну екологічну ситуацію.

Перший етап – це збір даних про забруднення повітря. Дані отримуються з різних джерел, таких як автоматизовані системи моніторингу повітря, результати польових досліджень та офіційні державні бази даних. Зібрані дані включають інформацію про концентрації таких речовин, як сажа, діоксид азоту, фенол, формальдегід, діоксид сірки та оксид вуглецю.

Другий етап – інтеграція зібраних даних у геоінформаційну систему (ГІС). Це включає імпорт даних у програмне забезпечення, таке як ArcGIS або QGIS, та їх просторову прив'язку. Просторова прив'язка забезпечує точне розташування даних на карті, що дозволяє візуалізувати їх у вигляді тематичних шарів. Для створення карти забруднення повітря необхідно об'єднати дані про концентрацію забруднювачів у різних точках та представити їх у вигляді кольорових шарів, де кожен колір відповідає певному рівню забруднення.

Третій етап – обробка та аналіз даних. Це включає використання різних геостатистичних методів для інтерполяції даних, виявлення закономірностей та аномалій. Наприклад, метод інтерполяції дозволяє створити суцільну поверхню концентрації забруднювачів на основі точкових вимірювань. Також можна використовувати кластерний аналіз для виявлення районів з найбільш високими рівнями забруднення.

Четвертий етап – створення самої карти. На карті позначені міста, в яких зафіксовано найбільші середньорічні концентрації різних забруднюючих речовин. Використані символи та кольори дозволяють легко розпізнати типи забруднювачів та їх рівні. Наприклад, червоні відтінки вказують на високу концентрацію сажі, тоді як зелений колір позначає діоксид азоту.

П'ятий етап – налаштування карти для публікації або подальшого аналізу. Це включає додавання легенди, масштабної лінійки, стрілки на північ та інших картографічних елементів, що роблять карту зрозумілою та зручною для користування. Карта може бути збережена у різних форматах, таких як PDF, PNG або інтерактивна веб-карта.

Карта також містить комплексний індекс забруднення атмосферного повітря міст України, який відображає загальну екологічну ситуацію в кожному місті. Цей індекс враховує концентрації різних забруднюючих речовин і дозволяє оцінити загальний рівень забруднення.

Карта, що зображує забруднення атмосферного повітря міст України у 2020 році, надає комплексну оцінку екологічного стану по всій країні. Вона показує середньорічні концентрації різних забруднюючих речовин у повітрі та відображає їх вплив на загальну екологічну ситуацію в містах.

Карта має кілька ключових елементів. Вона містить кругові діаграми для кожного міста, де кольори відповідають різним типам забруднюючих речовин, таких як сажа, діоксид азоту, фенол, формальдегід, діоксид сірки та оксид вуглецю. Розміри цих кругів та числові значення в них відображають рівень концентрації кожної речовини.

Далі, на карті використані різні відтінки для відображення загальної екологічної ситуації в регіонах: від світлих тонів для сприятливої ситуації до темних тонів для катастрофічної. Це дозволяє швидко оцінити, які міста мають найбільші проблеми з якістю повітря.

Легенда на карті пояснює значення різних кольорів та символів. Вона також містить комплексний індекс забруднення атмосферного повітря, який показує загальний рівень забруднення для кожного міста. Наприклад, міста з індексом вище 10 вважаються сильно забрудненими.

З карти видно, що найбільші проблеми з забрудненням повітря спостерігаються у промислових містах на сході та півдні України, таких як Кривий Ріг, Кам'янське, Маріуполь, де концентрації забруднюючих речовин значно перевищують середні показники по країні. Міста на заході України, такі як Львів, Івано-Франківськ та Ужгород, мають відносно нижчі рівні забруднення.

Ця карта є важливим інструментом для аналізу екологічної ситуації, оскільки вона дозволяє візуалізувати дані про забруднення, виявляти проблемні зони та розробляти стратегії для покращення якості повітря. Вона також допомагає підвищити обізнаність населення про екологічні проблеми та стимулює до дій для їх вирішення.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження було детально розглянуто та систематизовано теоретичні основи екологічного картографування, яке є важливим інструментом для моніторингу та управління станом довкілля. Встановлено, що екологічне картографування має довгу історію розвитку, що охоплює еволюцію від простих карт до складних, багат шарових ГІС-систем, які використовують сучасні технології дистанційного зондування та автоматизованої обробки даних.

У першому розділі роботи були висвітлені основні етапи розвитку екологічного картографування, починаючи з перших спроб відображення екологічної інформації на картах до сучасних технологій. Розглянуто внесок наукових шкіл та окремих дослідників у вдосконалення методів картографування, а також специфіку розвитку екологічного картографування в Україні. Теоретичні основи екологічного картографування були проаналізовані через призму основних понять та принципів, таких як класифікація екологічних карт, їх функції та традиційні методи картографування. Окрему увагу було приділено сучасним методам, що використовують ГІС та технології дистанційного зондування.

У другому розділі проведено аналіз екологічної ситуації в Україні. Визначено загальні характеристики екологічного стану країни, виявлено основні екологічні проблеми, такі як забруднення повітря та водних ресурсів, а також стан природних ресурсів та біорізноманіття. Обговорено джерела екологічної інформації для картографування, зокрема офіційні державні бази даних та альтернативні міжнародні джерела, такі як наукові дослідження та дані неурядових організацій. Проведено просторовий аналіз екологічних даних за допомогою ГІС, що дозволило виявити просторові закономірності та екологічні гарячі точки. Використання ГІС для моделювання та прогнозування змін екологічного стану продемонструвало ефективність цих технологій у моніторингу впливу антропогенних та природних факторів на довкілля.

Третій розділ був присвячений практичному дослідженню та картографуванню екологічної ситуації в Україні. Розроблено методику створення екологічних карт, яка включала збір та підготовку вихідних даних, їх обробку та аналіз з використанням ГІС. Вибір програмного забезпечення та інструментів, таких як ArcGIS та QGIS, забезпечив високу точність та якість створених карт. Практичне створення екологічних карт базувалося на використанні сучасних технологій та інтеграції даних з різних джерел, що дозволило отримати комплексне уявлення про екологічний стан вибраного регіону.

Аналіз результатів практичного дослідження виявив основні екологічні проблеми регіону, такі як високий рівень забруднення повітря та водних ресурсів, деградація ґрунтів та зниження біорізноманіття. На основі отриманих даних розроблено рекомендації щодо покращення екологічної ситуації, які включають заходи з моніторингу, зменшення викидів забруднюючих речовин, відновлення природних ресурсів та підвищення екологічної свідомості населення.

Таким чином, виконане дослідження підтвердило важливість екологічного картографування як інструменту для моніторингу та управління станом довкілля. Використання ГІС та сучасних технологій дозволяє отримувати точні та надійні дані, що є основою для прийняття обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля та забезпечення сталого розвитку. Результати дослідження можуть бути використані для подальших наукових досліджень, розробки екологічної політики та практичних заходів з охорони навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агибалова Е.В. Екологічна географія. Львів, 2018. 214 с.
2. Адаменко О.М., Рудько Г.І., Консевич Л.М. Екологічне картування. Підручник. Івано-Франківськ, “Полум’я”, 2003, 580 с.
3. Андрейчук Ю. М., Ямелинець Т. С. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі: навч. посіб. Львів: Простір-М, 2015. 284 с.
4. Байназаров А.М. Атласне еколого-природоохоронне картографування: теорія і практика досліджень: автореф. дис.. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.12. Київ. 2003. 22 с.
5. Барановський В.А. Екологічна географія і екологічна картографія. – К.: Фітоцентр, 2001. - 252 с.
6. Богданець В. А. Методичні аспекти застосування алгоритмів класифікації та геообробки ДЗЗ для тематичного картографування антропогенно змінених ландшафтів. Фізична географія і геоморфологія. 2013. № 6. С. 25–37.
7. Божок А., Молочко А., Остроух В. Картографія: підручник / ред. А. Божок. К: Видавничо-полігр. центр «Київ. ун-т», 2008. 271 с.
8. Бондар А.Л., Невідкладні завдання розвитку географічної картографії в Україні / А. Л. Бондар, Я. І. Жупанський, А. П. Золовський, Т. І. Козаченко, І. Ю. Левицький, А. М. Молочко, Л. Г. Руденко, Г. О. Пархоменко // Вісн. геодезії та картографії. – 1994. – № 2. – С 93-100.
9. Бондаренко Е., Шевченко В., Остроух В. Геоінформаційні системи екологогеографічного картографування. К: Фітосоціоцентр, 2005. 116 с.
10. Гавриленко О.П. Екогеографія України: Навч. посіб. К.: Знання, 2008. 646 с.
11. Голубев Г.І. Геоінформаційне та картографічне забезпечення екологічних програм // Екологія. – 2007. – № 5.

12. Дудун Т.В., Курач Т.М., Тітова С.В. Картографічне креслення та комп'ютерний дизайн.- Київ: ВГЛ «Обрії», 2012. - 253 с.
13. Екологічні карти. Всеукраїнська екологічна ліга. URL: <https://www.ecoleague.net/diialnist/vydannia-vel/ekolohichni-karty> (дата звернення: 05.11.2023).
14. Земледух Р. М. Картографія з основами топографії, – К.: Вища школа, 1993. – 456 с.
15. Концепція створення Атласу природних, техногенних, соціальних небезпек і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні / Л. Г. Руденко, О. Л. Дронова, Д. О. Ляшенко та ін. – К.: Інститут географії НАН України, 2010. – 48 с
16. Козаченко Т.І. Картографічне моделювання: Навчальний посібник / Т. І Козаченко, Г. О. Пархоменко, А. М. Молочко; Під ред. А. П. Золовського. – Вінниця: Антекс-У ЛТД, 1999. – 328 с.
17. Паранько І. С., Сивий М. Географія мінеральних ресурсів України. Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2015. URL: <https://doi.org/10.31812/123456789/5504>
18. Пересадько В.А., Сінна О.І. Теоретичні та прикладні аспекти застосування геоінформаційних технологій при розробці ландшафтно-екологічних карт регіонів (області) // Вісник Харків. нац. ун-ту. № 824. Сер. «Геологія, географія, екологія». Вип. 29. – Харків, 2008. – С. 179-186.
19. Позняк С. П., Красеха Є. Н., Кіт М. Г. Картографування ґрунтового покриву. — Л.: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. — 500 с.
20. Прядка К., Ванчура Р. Особливості картографування лісогосподарського комплексу (2017). Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdgn_2017_1_30
21. Приходько М.М. Екологічна геологія та екологічне картування. Конспект лекцій. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. 84 с.
22. Тітова С.В. Картографічне забезпечення радіоекологічного моніторингу. Картографія та вища школа: Зб. наук. праць - К., 2003 - С. 191-195.