

УДК 911.62. 001.572: 502.33

Зацерковний Віталій Іванович

Доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри геоінформатики, *orcid.org/0000-0003-2346-9496*
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

Оберемок Наталія Василівна

Кандидат технічних наук, докторант, *orcid.org/0000-0002-7230-8149*
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

Кун Юлія Вікторівна

Студентка, кафедра аерокосмічної геодезії, *orcid.org/0000-0001-5429-0902*
Національний авіаційний університет, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДОСЛІДЖЕННІ ЛАНДШАФТІВ

Анотація. Розглянуто досвід і можливості застосування комп'ютерної техніки, геоінформаційних систем (ГІС) та технологій для задач дослідження ландшафтної структури території та оцінки антропогенних змін ландшафтів. Наведено методи обробки інформації, які використовуються при ландшафтному картографуванні з використанням ГІС. Сформульовано основні задачі геоінформаційно-картографічного забезпечення ландшафтно-екологічного моніторингу. Сформульовано принципи дослідження і картографування динаміки змін ландшафтів за допомогою ГІС. Представлено функціональну схему ГІС для проведення геоекологічного моніторингу ландшафтів. Наведено методичку геоекологічної оцінки територій за допомогою ГІС. Засвідчено, що активне використання сучасних геоінформаційних технологій у ландшафтознавстві збагачує глибину прикладних та регіональних досліджень.

Ключові слова: ландшафт; ландшафтні дослідження; геоінформаційні системи (ГІС); геоінформаційні технології (ГІТ); антропогенна перетвореність ландшафтів; цифрові моделі рельєфу (ЦМР)

Вступ

Ландшафти у системі «суспільство-природа» з одного боку розглядаються як об'єкти, що впливають на людську діяльність або контактують з нею (середовище існування, умови життєдіяльності, джерела естетичного впливу), або як об'єкти, що залучені або будуть залучатись до життєдіяльності людини (вироблення продуктів їди, палива, сировини, матеріалів для будівництва тощо). З іншого – виступають як ресурсні системи і системи відтворення середовища, тобто слугують предметом планування, проектування, перетворення і експлуатації, а також прояву їх як об'єктів охорони (у процесі охорони природи), що зумовлює економічну і екологічну ефективність організації території з урахуванням еколого-ландшафтних вимог.

Найважливішим принципом ландшафту є обов'язковість збереження здатності відтворювати сьогодні і в майбутньому корисні властивості і зберігати природний механізм відтворення, тобто виконувати ландшафтом ролі, спрямованої на задоволення тієї або іншої потреби суспільства.

Взаємодія людини з ландшафтом, зростаюче господарське використання території поступово протягом багатьох століть призвело до трансформації властивостей і докорінної перебудови природних ландшафтів. Оскільки головним чинником деградації навколишнього природного середовища (НПС) є сільське господарство (величезне територіальне охоплення та вплив на природу), то цілком зрозуміло, що на сучасному етапі розвитку суспільства на перший план висувається проблема оптимізації землекористування і збереження екологічного каркасу природних комплексів. Вирішити цю проблему дає змогу адаптивно-ландшафтний землеустрій, який передбачає з одного боку, максимальне урахування і збереження природних ресурсів, з іншого – обмеження антропогенного впливу на стан навколишнього середовища.

Актуальність проблеми

При переході до адаптивно-ландшафтного землеробства необхідне насамперед детальне знання специфіки місцевих природних ландшафтів, що передбачає створення і використання величезної

просторової і атрибутивної баз даних. Фрагменти такої бази можуть існувати в організаціях, що займаються дослідженнями і проектними роботами у галузі сільського господарства, але ця цінна інформація здебільшого представлена переважно на паперових носіях, є громіздкою, частково втратила актуальність і не забезпечує відкритого доступу до неї. Традиційна (паперова) технологія створення і аналізу цих матеріалів вимагає істотних витрат сил, часу. Вона втрачає частину інформації з наукового обігу, а також може спричинити помилки, що зменшують цінність остаточних висновків.

Оптимізувати процес аналізу можуть інформаційні технології. Особливо значущу роль під час збирання, збереження та аналізу просторової інформації відіграють геоінформаційні системи (ГІС) і геоінформаційні технології (ГІТ), які дозволяють значно підвищити якість виконуваних досліджень і передбачають одержання нових знань. На жаль, ці технології у сфері планування адаптивно-ландшафтних систем землеробства застосовуються в Україні поодинокі і потребують розробки нових підходів їх використання. Наведене свідчить про актуальність теми дослідження.

Аналіз попередніх досліджень

Ландшафтознавчі дослідження в Україні пов'язані передусім з експедиціями відомого природознавця В.В. Докучаєва у Полтавську губернію в 1877 та 1888-1894 рр. Ним були започатковані комплексні фізико-географічні експедиційні та стаціонарні дослідження, які мали чітку прикладну орієнтацію. Вагомий внесок у становлення ландшафтознавства як науки зробив академік Г.М. Висоцький. Він суттєво доповнив розроблену В.В. Докучаєвим концепцію природної зональності. Значний вклад у розробку теоретичних і методологічних основ дослідження агроландшафтів внесли праці вчених Л.І. Воропай, М.Д. Гродзинського, Г.І. Денисика, А.Г. Ісаченка, О.М. Маринича, Ф.М. Мількова, Г.П. Міллера, В.О. Ніколаєва, В.М. Пашенка, В.С. Преображенського, Г.І. Швєбса, П.Г. Шищенка та багатьох інших.

Праці цих авторів представляють глибокий науковий інтерес, але в умовах інтенсивного сільського господарства, коли негативні процеси здійснюють прямий вплив на стійкість агроландшафтів і повсюдне зниження родючості ґрунтів, потрібні нові продуктивні підходи і методи, пов'язані з інформаційним забезпеченням ландшафтних досліджень, використанням ГІС при аналізі і моніторингу агроландшафтів, виявленні тенденцій у сфері удосконалення і розвитку дистанційних методів ГІТ для оцінки і моніторингу агроландшафтів.

Мета статті

Мета дослідження – аналіз досвіду застосування ГІТ у ландшафтному картографуванні для подальшого його використання у дослідженнях території України.

Об'єкти дослідження – природно-територіальні комплекси різних рангів фації, ланки, урочища, висотні місцевості тощо.

Предмет дослідження – аналіз та оцінка просторової структури агроландшафтів, їх природно-ресурсного потенціалу, антропогенного навантаження, деградаційних процесів за допомогою ГІС і ГІТ.

Виклад основного матеріалу

Ландшафт – це конкретна територія, однорідна за своїм походженням та історією розвитку, неподільна за зональними та азональними ознаками, що володіє єдиним геологічним фундаментом, однотипним рельєфом, загальним кліматом, однакоvim поєднанням гідротермічних умов, ґрунтів, біоценозів, з характерним набором простих геоконкомплексів (фацій, урочищ).

Основні ознаки і властивості ландшафту [2]:

1) займає досить значну територію, яка вимірюється сотнями квадратних кілометрів;

2) відокремлена на ділянці земної кори, що має загалом однакоvu геологічну будову;

3) являє собою генетично однорідну територію;

4) в результаті єдності геологічного фундаменту і однотипних палеогеографічних подій кожному ландшафту властивий певний набір форм рельєфу;

5) володіє однакоvim кліматом, який диференціюється на цілий ряд місцевих кліматів, і закономірно повторюються на його просторі;

6) тепло і волога, що надходять на поверхню ландшафту, перерозподіляються на елементи його рельєфу, що призводить до формування певних місць проживання для рослинних і тваринних співтовариств;

7) виходячи з певних форм рельєфу, а також літологічного складу гірських порід кожному ландшафту властива певна морфологічна структура;

8) кожен ландшафт відрізняється від інших ландшафтів своїм зовнішнім виглядом, при цьому фізіономічні відмінності сусідніх ландшафтів виражені тим сильніше, чим більше між ними відмінностей у способі походження і в подальшій історії розвитку; ландшафти, подібні з історії розвитку, зовні мало помітні.

У широкому розумінні географічний ландшафт є природним територіальним комплексом. Геологічна будова, рельєф, клімат, поверхневі і ґрунтові води, ґрунт, рослинний і тваринний світ є компонентами ландшафту [1].

Головною метою організації території на еколого-ландшафтній основі є створення умов для

мобілізації природних ресурсів території і адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур, ведення економічно ефективного, соціально-орієнтованого і екологічно безпечного сільського господарства, стабілізації природокористування і землекористування шляхом формування екологічно стійких агроландшафтних екосистем, усунення деградації і забруднення земель. Оскільки елементи еколого-ландшафтно організації території мають бути наявні на всіх територіальних рівнях розробки землевпорядної документації, то цілком природно, що інформаційною основою повинні виступати ГІС.

ГІС відкривають нові можливості під час польових ландшафтних досліджень і водночас висувають нові вимоги до матеріалів досліджень. Насамперед це пов'язано з можливостями точної географічної прив'язки об'єктів польових спостережень (GPS). Сучасні програмні засоби надають можливість створювати ландшафтні карти, водночас використовуючи кілька інформаційних картографічних блоків, якими можуть слугувати растрова топографічна карта-основа, набір тематичних карт, включаючи попередньо створені ландшафтні карти, матеріали аерокосмічних знімів, додаткові векторні шари спеціальної інформації, землевпорядна та кадастрова інформація, наявна для території дослідження [3]. Потрібно зауважити, що стан крупномасштабних картографічних матеріалів є вкрай незадовільним, їх актуалізація на загальнодержавному рівні практично не проводилась або проводилась не в повній мірі, тобто існує проблема актуалізації та інтеграції векторних та растрових даних [4].

Однією з можливостей, що надає інструментарій сучасних ГІС, є багатопланова архітектура просторової інформації, можливість її формування з цілого ряду окремих інформаційних шарів різного інформативного наповнення. Залежно від характеру поставленого завдання та наявних даних, у ролі таких інформаційних шарів можуть

виступати растрові картографічні матеріали (топографічні та вхідні тематичні карти), матеріали аерокосмічного знімання, а також створені на їхній основі вихідні тематичні карти, цифрові моделі місцевості та дані GPS знімання.

Задачі геоінформаційно-картографічного забезпечення ландшафтно-екологічного моніторингу показано на рис. 1.

Геоінформаційно-картографічне забезпечення ландшафтно-екологічного моніторингу передбачає:

- створення ландшафтно-картографічної карти як базової картографічної моделі;
- покомпонентну характеристику ландшафтних (створення атрибутивної бази ландшафтно-картографічної карти та комплексу тематичних інвентаризаційних карт);
- одержання матеріалів ДЗЗ як основного джерела картографування;
- створення бази даних польових досліджень, як опорної інформації для картографування;
- періодичний аналіз космічної інформації для фіксації змін на оперативних картах;
- створення оцінювальних і прогнозних карт як результат аналізу інвентаризаційних і оперативних карт.

Основні інвентаризаційні компоненти карти ландшафту наведено на рис. 2.

Вивчення взаємозв'язків для кожного окремого природного комплексу будь-якого таксономічного значення ведеться в послідовності: ландшафтоформуючі чинники – фізико-географічні процеси – компоненти географічної оболонки (природні територіальні комплекси).

У результаті взаємодії ландшафтоформуючих чинників через основні фізико-географічні процеси розвиваються взаємопов'язані компоненти географічної оболонки і формуються певні природні комплекси [4]. Комплексне використання вищенаведених даних за допомогою програмних засобів ГІС спрощує процес ландшафтного картографування та подальшого комплексного прикладного ландшафтного аналізу.

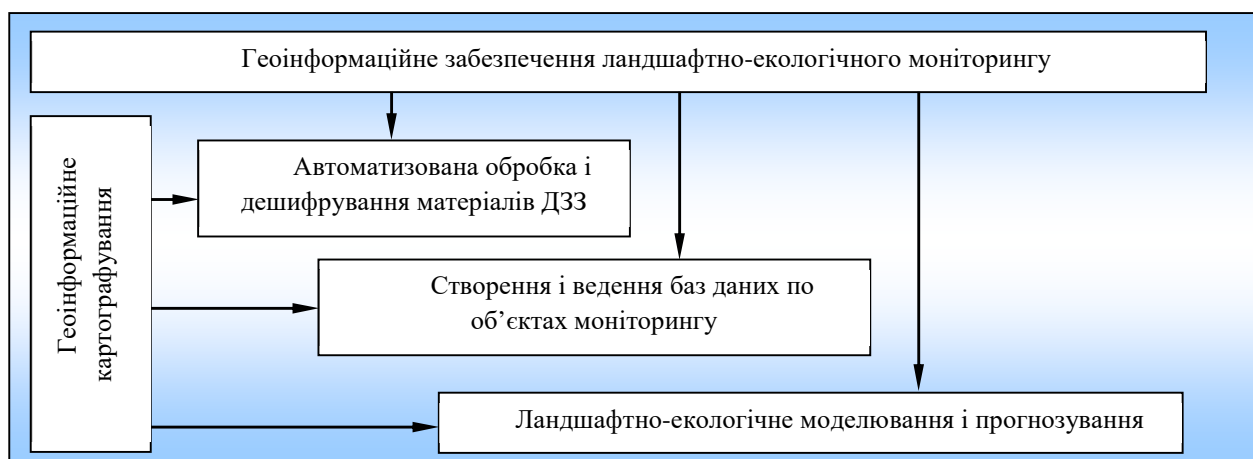


Рисунок 1 - Задачі геоінформаційно-картографічного забезпечення ландшафтно-екологічного моніторингу



Рисунок 2 – Основні інвентаризаційні покомпонентні карти ландшафту

Алгоритм створення ландшафтної карти за допомогою ГІС у більшості випадків є одним і тим же: використовуючи сучасні дані ДЗЗ, дані польових досліджень і знань про територію дослідження укладається ландшафтна карта, яка в подальшому доповнюється прикладним змістом [1]. Принципи дослідження і картографування динаміки змін ландшафтів за допомогою ГІС представлені на рис. 3.

Функціональна схема застосування ГІС для геоecологічного моніторингу ландшафтів наведена на рис. 4.

Ландшафтна карта України побудована авторами за даними [5] розкриває ландшафтну структуру території, повніше відображає найважливіші фізико-географічні закономірності.

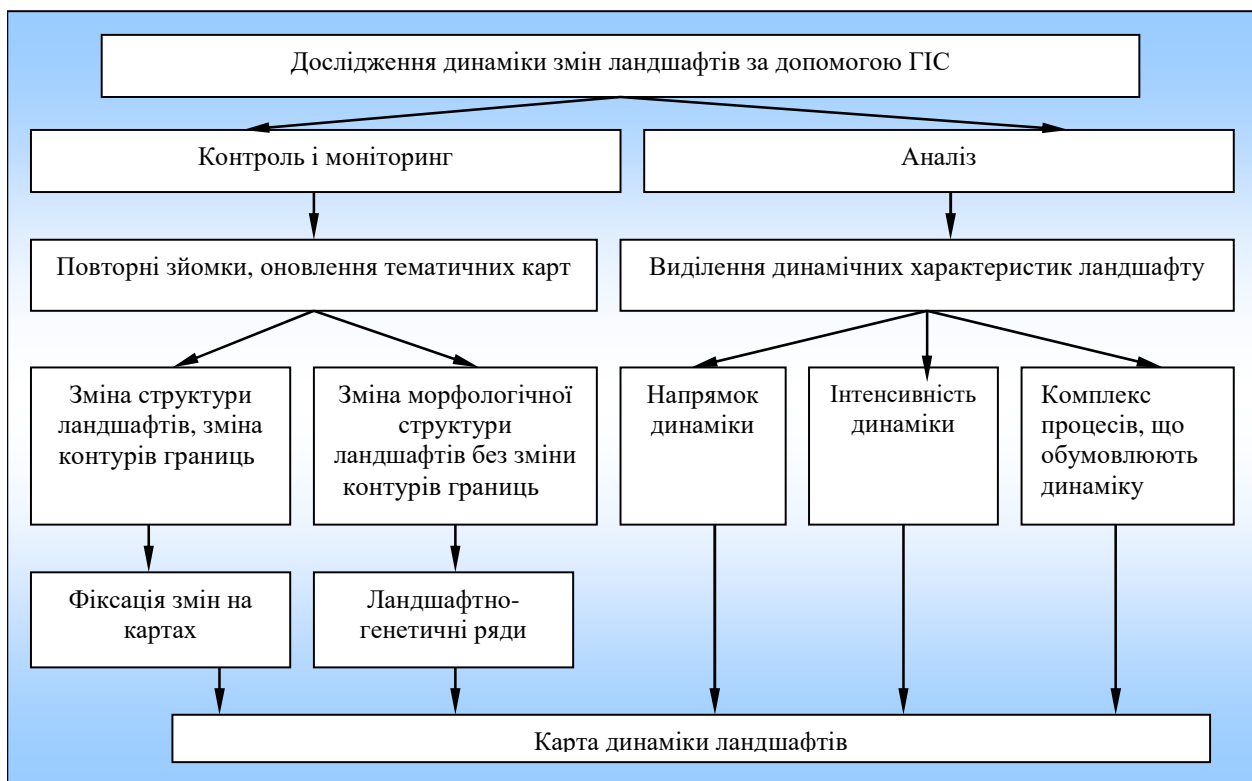


Рисунок 3 – Принципи дослідження і картографування динаміки змін ландшафтів за допомогою ГІС

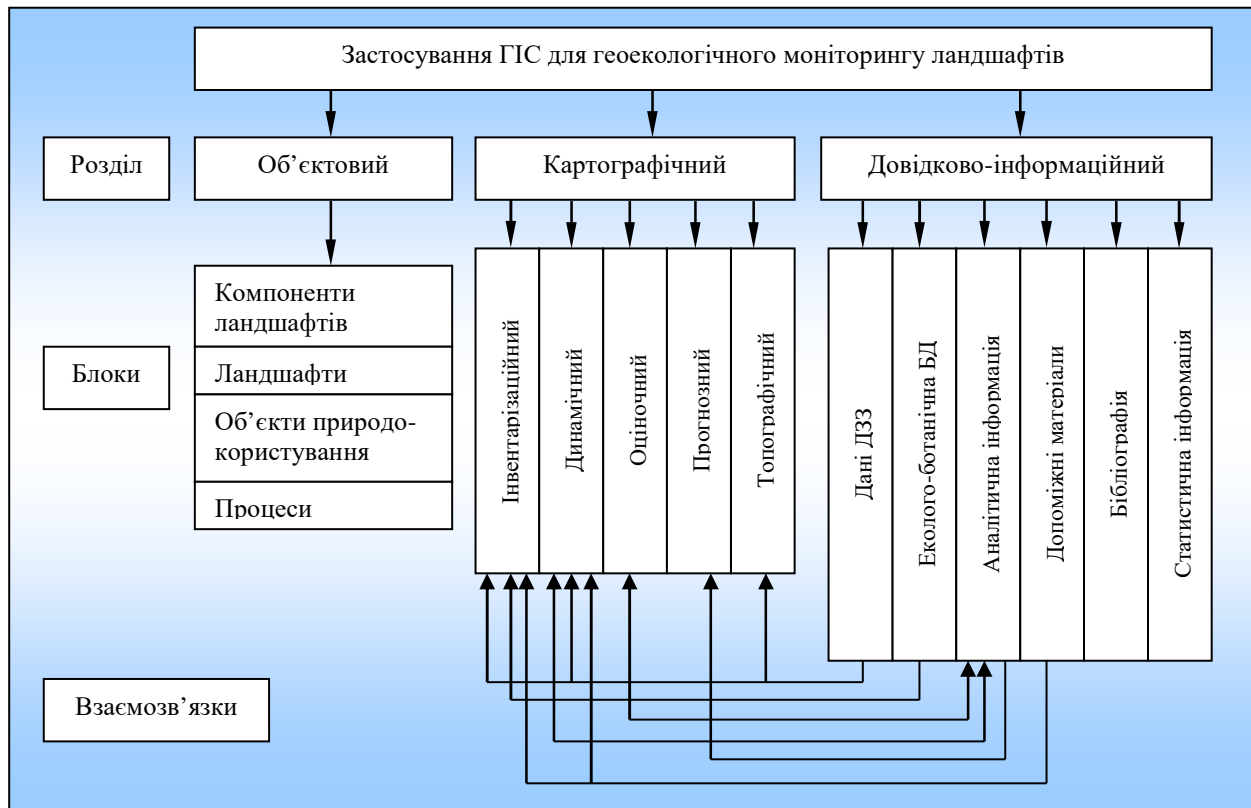


Рисунок 4 - Функціональна схема застосування ГІС для геоекологічного моніторингу ландшафтів

Ландшафт є складним природним комплексом, який поділяється на типи для нього, але менші за розмірами природно-територіальні комплекси (ПТК). Складовими частинами ландшафту є місцевості, урочища і фації. Ці невеликі природні комплекси, які входять до складу ландшафтів, називають морфологічними частинами ландшафту. Фація – це найпростіший ПТК, що виділяється в межах одного елемента рельєфу, наприклад на вершині пагорба, дні яру, схилі балки, уздовж русла на заплаві річки. Для фації характерні найбільш однорідні природні умови. Ці карти можуть слугувати вихідними матеріалами для комплексної оцінки природних умов і планування спільних заходів щодо раціонального господарського використання території.

Ландшафтні карти можуть бути використані для складання прикладних карт – ландшафтно-меліоративних, ландшафтно-геохімічних, медико-географічних, інженерно-географічних, оціночних карт для містобудування, районного планування, організації відпочинку тощо [1].

На ландшафтній карті України відображені закономірності поширення типологічних природних комплексів різного рангу і значення: класів, типів і видів ландшафтів.

Вищою класифікаційною одиницею є клас ландшафтів, що об'єднує природні комплекси з однаковими загальними морфоструктурними

рисами, якими визначаються горизонтальні і вертикальні зміни в характері взаємодії основних ландшафтоутворюючих чинників і прояви фізико-географічних процесів. В межах України поширені два класи ландшафтів: рівнинні і гірські. Рівнинні ландшафти належать до східноєвропейських. Вони сильно перетворені господарською діяльністю і об'єднують типи і підтипи ландшафтів, зміна яких відбувається в широтному напрямку. Клас гірських ландшафтів залежно від географічного положення, простягання і висоти гірських хребтів також характеризується певними типами ландшафтів. Гірські ландшафти України представлені Карпатськими та кримськими [6].

Типи і підтипи ландшафтів виділяються всередині класів за їхньою біокліматичною спільністю: визначеним співвідношенням тепла і вологи, яким зумовлюється зональний розподіл типів ґрунтового-рослинного покриву, ходом екзогенних процесів, особливостями гідрологічного режиму. Кожен тип і підтип ландшафтів характеризується тільки йому властивим типом морфологічної структури природних комплексів нижчих рангів, що чітко вимальовується під час великомасштабного картографування [6].

На побудованій авторами карті фізико-географічного районування України (рис. 5) за даними [5] наведена система природно-територіальних комплексів різного таксономічного рангу.

За основний принцип фізико-географічного районування взято ландшафтно-генетичний принцип [6]. Сутність його полягає в тому, що виявлення природних комплексів, визначення їх властивостей і меж, проводиться шляхом всебічного вивчення та аналізу взаємозв'язків і взаємодії основних ландшафтоформуючих чинників і природних компонентів. Взаємодія між ними відбувається через теплообмін, вологообмін і обмін мінеральних і органічних речовин.

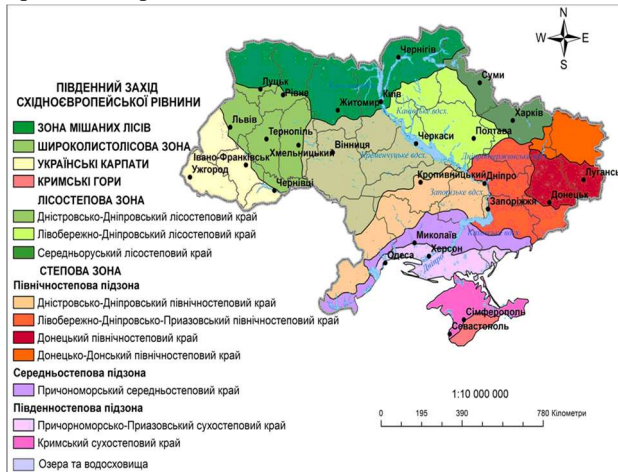


Рисунок 5 - Карта фізико-географічного районування України

Для аналізу властивостей природних регіонів враховують походження і історію розвитку ландшафтів, а також зміни природи під впливом господарської діяльності людини, тенденції розвитку природних комплексів та використання їх природних ресурсів.

Перспективи розвитку ландшафтознавства в Україні слід пов'язувати з фундаментальними дослідженнями, пізнанням генезису, структури, процесів динаміки і функціонування природних територіальних комплексів різних рангів як експедиційними, так і стаціонарними і напівстаціонарними методами.

Актуальними методами є:

1) проведення суцільного ландшафтного і ландшафтно-екологічного картографування країни у масштабі 1: 200 000 на єдиній методологічній основі;

2) розширення мережі комплексних географічних стаціонарів (один стаціонар у кожному фізико-географічному краї), уніфікування програми і методики спостережень;

3) дослідження механізмів антропогенних змін природних територіальних комплексів різного рангу, їхньої стійкості до антропогенних навантажень;

4) розроблення теорії ландшафтознавства, питань, пов'язаних з просторово-часовою ландшафтною організацією території, з морфологією ландшафтів, закономірностями їхньої еволюції, динаміки, функціонування, стійкості тощо на основі узагальнень емпіричних, фактичних даних.

Методика геоекологічної оцінки територій за допомогою ГІС показана на рис. 6

Основними завданнями методичного плану є:

1) тісне поєднання сучасних дистанційних методів досліджень, ГІТ з польовими дослідженнями й експериментами;

2) поряд з розвитком геохімії і геофізики ландшафту актуальним є розвиток екології ландшафту;

3) розроблення концепції і побудова загальнонаукових (поліфункціональних) і прикладних ландшафтних інформаційних систем для тих чи інших регіонів тощо.

Ландшафтний аналіз територій насамперед передбачає широке використання картографічного методу досліджень, завданнями якого є:

– виявлення територіальних одиниць, які мають геосистемну сутність;

– пізнання і пояснення структури ландшафту, його властивостей, динаміки, історії розвитку;

– функціонування, вивчення природних і антропогенних факторів ландшафтогенеза;

– оцінка ступеня антропогенної зміни ландшафтів і господарських навантажень.

Ландшафтні карти відображають закономірності розміщення географічних комплексів і їх просторову структуру. На детальних ландшафтних картах (масштаб 1:10 000 і крупніше) зазвичай зображуються фації. На крупно- і середньомасштабних (1:10 000-1: 1000 000) – урочища і місцевості. На дрібномасштабних (дрібніше 1: 1000 000) – ландшафти. Детальні ландшафтні карти створюються виключно на основі польової зйомки. Крупно- і середньомасштабні ландшафтні карти створюються на основі польових спостережень із залученням аерофотоматеріалів. Дрібномасштабні ландшафтні карти складаються шляхом генералізації середньомасштабних ландшафтних карт і галузевих карт природи.

Залежно від призначення ландшафтних карт легенди до них складаються з різним ступенем деталізації – від короткої вказівки на основні індикаторної компоненти географічних комплексів (рослинність, рельєф) до розгорнутого переліку показників (елементи клімату, умови зволоження ґрунту тощо). Ландшафтні карти часто супроводжуються текстовими характеристиками виділених на них одиниць [6].

На основі загальнонаукових карт створюються різні прикладні (спеціалізовані) ландшафтні карти – меліоративні, медико-географічні, архітектурно-планувальні, інженерно-ландшафтні тощо [3]. На цих картах географічні комплекси групуються залежно від їх господарського або екологічного потенціалу, ступеня придатності для того чи іншого використання.

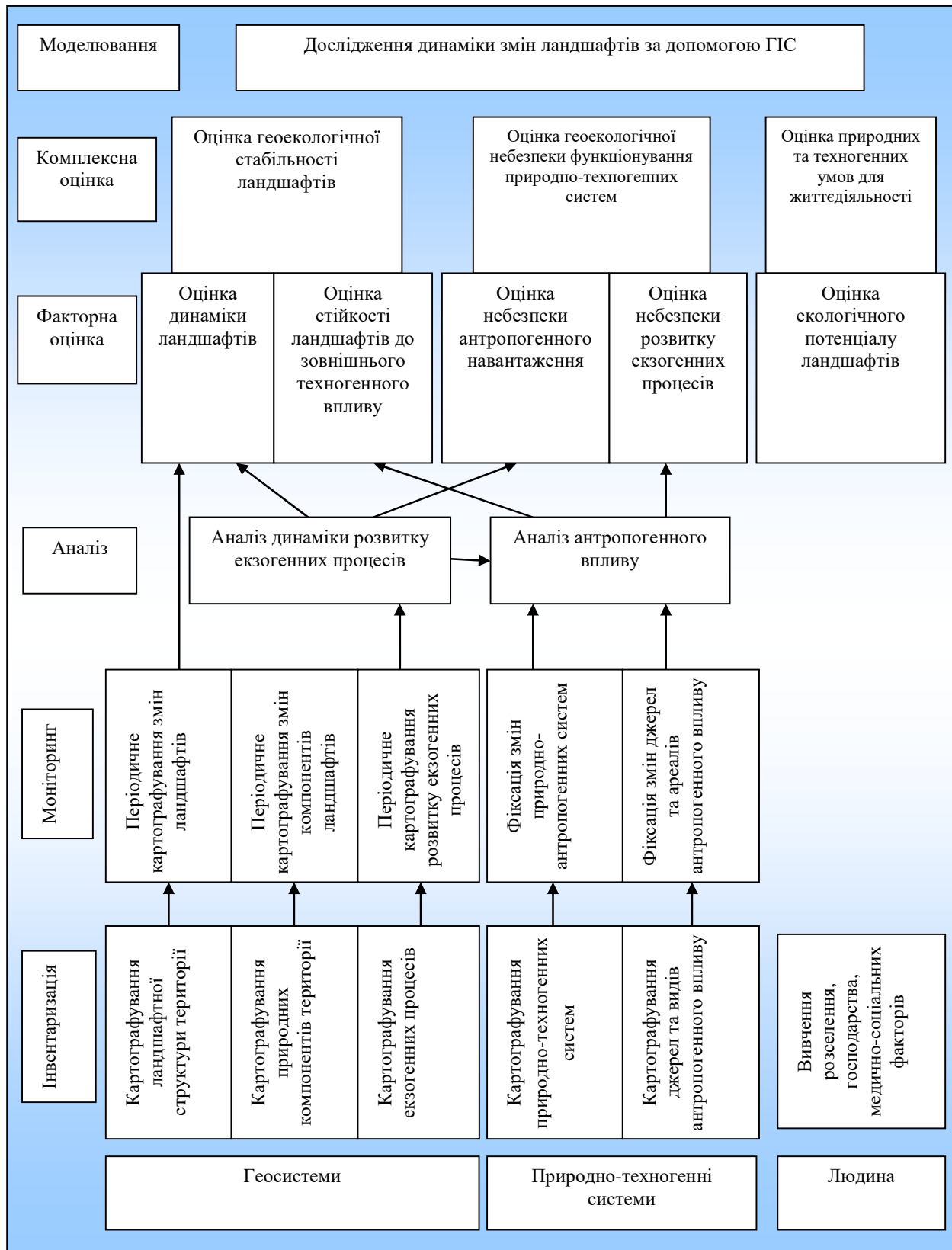


Рисунок 6 - Методика геоєкологічної оцінки територій за допомогою ГІС

При формуванні системи ознак комплексного ландшафтного районування необхідно [1]:

- охоплювати необхідний діапазон характерних просторів геосистем;
- забезпечувати достатню різноманітність своїх

значень;

- забезпечувати співмасштабність вихідної інформації;
- забезпечувати доступність для вимірювання з метою отримання масового дискретного матеріалу.

Ландшафтні карти повинні слугувати основою для складання прогнозних карт, на яких відображаються очікувані зміни ландшафтів у результаті господарської діяльності. При формуванні системи ознак комплексного ландшафтного районування необхідно прагнути, щоб:

- вони охоплювали необхідний діапазон характерних просторів геосистем;
- мали достатню різноманітність своїх значень;
- вихідна інформація за параметрами була співмасштабна;
- були доступні для вимірювання з метою отримання масового дискретного матеріалу [1].

Важливою складовою геоінформаційних ландшафтних досліджень є геоінформаційне моделювання ландшафту. Створені на його основі моделі ландшафту відносяться до класу інформаційних моделей. Окремі аспекти геоінформаційного моделювання ландшафту (картографування, морфометричний аналіз тощо) і використання ГІС в літературі з фізичної географії висвітлені і мають певну апробацію [7]. Тому пропонується вважати основними методичними завданнями геоінформаційного моделювання ландшафту такі положення:

1) розробка і реалізація теоретичної моделі ландшафту у середовищі ГІС (концептуальна ландшафтна модель даних) – мається на увазі набір теоретичних положень моделювання структури, динаміки, міжкомпонентних взаємозв'язків, а також динамічних зв'язків між ландшафтами;

2) формування прикладних ландшафтних моделей даних, які характеризують структурно-динамічну організацію природно-територіальних комплексів для певної мети дослідження;

3) розробка алгоритмів аналізу даних – математичних методів аналізу формалізованого представлення геосистеми;

4) розробка геоінформаційних моделей ландшафтних процесів.

Джерелами даних для створення ЦМР можуть виступати топографічні карти, аерофотознімки, космічні знімки, дані систем супутникового позиціонування, тематичні географічні карти тощо [3]. На основі цих даних можна отримати одну з найбільш поширених геоінформаційних структур для подання поверхонь: GRID, TIN або TGRID. Алгоритми, інтегровані в сучасні геоінформаційні пакети, дають змогу обчислити за ЦМР низку параметрів, а засоби картографічної алгебри – довільно перетворювати та комбінувати ЦМР за певними правилами. Зокрема, застосування відповідних алгоритмів допомагає обчислювати важливі екологічні параметри, пов'язані з морфологією земної поверхні [2].

Обробка ЦМР використовується для одержання похідних морфометричних чи інших даних, включно з обчисленням кутів нахилу й експозиції схилів; аналіз

видимості / невидимості; побудову тривимірних зображень, у тому числі блок-діаграм, профілів поперечного перерізу, оцінку форми схилів через кривизну їх поперечного і поздовжнього перерізу; генерацію мережі тальвегів і вододілів, що утворюють каркасну мережу рельєфу, особливих точок і ліній рельєфу, локальних мінімумів або западин і локальних максимумів, або вершин, сідловин, брівок, ліній обривів і інших порушень «гладкості» поверхні, плоских поверхонь з нульовою крутизною; побудову ізоліній за множиною значень висот; автоматизацію аналітичної відмивки рельєфу шляхом розрахунку відносних освітленостей схилів при вертикальному, бічному або комбінованому освітленні від одного або більше джерел; цифрову ортотрансформацію при цифровій обробці зображень; інші обчислювальні операції і графо-аналітичні побудови [7].

Важливою умовою для систематизації та узагальнення картографічного матеріалу на основі ГІС є застосування новітніх методик до автоматизованих технологій картографування. Враховуючи важливе значення рельєфу як чинника перерозподілу сонячної радіації, вологи та потоків речовини на земній поверхні, було запропоновано виділяти морфотопи – основні територіальні одиниці, яким (в силу особливостей такого перерозподілу) властиві відносно однорідні значення головних екологічних факторів. Такі морфотопи виділялися на основі автоматизованої класифікації ЦМР. У подальшому відбувалося картування індексів, що відповідають кількісним параметрам головних екологічних факторів, та власне класифікація засобами ГІС сукупності растрових геоінформаційних шарів, які відображають ці індекси.

Одною з головних можливостей, яку надають сучасні засоби ГІС, є багатшарова архітектура просторової інформації, можливість формувати її з цілого ряду окремих інформаційних шарів різного інформативного наповнення. Залежно від характеру поставленої задачі та наявних даних, у ролі таких інформаційних шарів можуть виступати растрові картографічні матеріали (топографічні та вхідні тематичні карти), матеріали аерокосмічного знімання, а також створені на їхній основі вихідні тематичні карти, цифрові моделі місцевості та дані GPS-знімання. Комбіноване використання цих матеріалів, разом із комп'ютерною ландшафтною картою та програмно-апаратними засобами ГІС, виводить процес ландшафтного картографування і подальшого комплексного прикладного ландшафтного аналізу на якісно новий рівень.

У разі використання ГІТ у ландшафтному аналізі і картографуванні виникає проблема переведення наявних матеріалів ландшафтних досліджень, зокрема, раніше укладених паперових ландшафтних карт та похідних картографічних матеріалів, у комп'ютерні формати, які підтримуються програмами ГІС.

Для цього застосовують низку операцій попереднього комп'ютерного оброблення: сканування, координатні прив'язки (реєстрація), просторово-геометричні корегування та векторизацію [3].

Територія України надзвичайно різноманітна щодо ландшафту. Але корінні рослинні угруповання, які генетично визначають ландшафт, на більшій частині території зведені, строкатість ґрунтового покриву спрощена їх розоренням, меліорацією тощо. Внаслідок цього природне ландшафтне різноманіття України суттєво змінене. Особливу загрозу природному середовищу становлять викиди та відходи хімічної промисловості, найрізноманітніші за складом. Підприємства цієї галузі – джерела забруднення речовинами першого та другого класу небезпеки.

Аналіз техногенного впливу на природне середовище – складний процес, зумовлений різноманітними формами впливу людини. При цьому відчуваються неповнота і різна якість вихідної інформації, брак єдиних методик та оцінювання. Хоча в цьому плані накопичено цінний матеріал, але результати досліджень часто неможливо зіставити [1].

Дослідження цієї проблеми передбачає низку етапів з обов'язковим картографуванням. Спочатку виконується інвентаризація всіх можливих для вивчення джерел і факторів техногенного впливу на природне середовище.

Антропогенні трансформації відображаються у змінах структури і динаміки ландшафтів. Ці зміни неоднаково проявляються в геосистемах різного рівня. Так, геосистеми локального рівня (морфологічні одиниці ландшафту) більш чутливі до антропогенних впливів, ніж ландшафт і регіональні системи вищих рангів. Фації і урочища схильні до швидких і радикальних антропогенних трансформацій, тому в реальності вони представлені численними антропогенними модифікаціями. Особливість подібних модифікацій – нестійкість.

Поняття антропогенного навантаження може бути застосовано до геосистем будь-якого рівня (фаціям, урочищам, ландшафтам). Що стосується ландшафтів і регіональних систем вищих рівнів, то вони, як правило, піддаються численним навантаженням одночасно. При цьому виникає проблема оцінки інтегрального навантаження. Її здійснюють за допомогою непрямого показника – щільності населення. Саме від щільності населення залежать рівень освоєння території, інтенсивність господарської діяльності та антропогенного впливу на ландшафти [2].

За допомогою картографічного синтезу карт забрудненості компонентів природного середовища, ландшафтів, а також карти радіаційної забрудненості виділені такі території: слабо перетворені, перетворені, середньо перетворені, сильно перетворені, дуже сильно перетворені.

На побудованій авторами карті, за даними [5] (рис. 7), простежується кілька регіонів техногенної аномалії ландшафтів. Насамперед це Донецький і Придніпровський економічні райони. Автономна Республіка Крим: зона впливу Чорнобильської аварії, а також територія навколо обласних центрів України. У західній і північній частинах країни переважають незначні техногенні аномалії.



Рисунок 7 - Карта антропогенної перетвореності ландшафтів України

Основний внесок у трансформацію ландшафтів робить сільське господарство з надмірним використанням мінеральних добрив і засобів захисту рослин, у результаті чого майже всюди змінюється фізико-хімічний склад ґрунтів і спостерігається деградація земель. Наприклад, унаслідок розораності території України (35-60% на Поліссі, 75-85% – у Лісостепу та 90-95% – у степовій зоні) посилюються площинна і лінійна ерозії, інтенсифікується яружна діяльність, зменшуються родючість земель і площі сільськогосподарських земель. Лише у Поліссі кожного року втрачає гумусного шару становлять майже 5 млн т. У зв'язку з осушенням та зрошенням змінюється природний водний режим; такі процеси зумовлюють або активізують несприятливі фізико-географічні явища (вивітрювання торфовищ, підтоплення та засолення ґрунтів). У зонах впливу промислових підприємств сільськогосподарські землі забруднюються промисловими токсикантами. Особливо несприятливим щодо цього є Донецько-Придніпровський регіон [6].

Один із найголовніших впливів землеробства на ландшафт виявляється в одноаспектній відчуженості поживних речовин зі зібраним врожаєм, що потребує безупинного відшкодування їх у вигляді добрив. Екстенсивне землеробство, внесення середніх і підвищених доз мінеральних добрив сприяють посиленню біологічного збіднення гумусу чорноземних ґрунтів, оскільки надземної маси рослин після збирання врожаю не залишається.

Промисловий вплив на природне середовище, хоча і локальний, але відрізняється більшою інтенсивністю і має тенденцію до збільшення. Загальна площа змінених ним ландшафтів в Україні становить у середньому 800 тис. га, у тому числі кар'єрів – понад 122 тис. га, відвалів і териконів – 38,6 тис. га, промислових площадок – 77,3 тис га [6].

Вплив гірничорудної промисловості спричинює утворення нових елементів у ландшафті. Це різні за площею, глибиною та обсягами виробітки, відкриті кар'єри, техногенні просідання, техногенні акумулятивні форми (терикони, відвали, шламосховища тощо). Їхньою властивістю є виведені на поверхню токсичні породи. Рослинний покрив на них розвивається дуже повільно, біоценози збіднілі та нестійкі. Під час повної рекультивациі (усунення токсичних порід, створення ґрунтового покриву, поновлення фітоценозів і, таким чином, природного функціонування компонентів) тут формуються повторні ландшафти [6].

Будівельний вплив на середовище супроводжується зрізанням позитивних і засипанням негативних форм рельєфу, намівом ґрунтів, повною руйнацією рослинного і ґрунтового покривів на будівельних майданчиках. Підрізка схилів у процесі будівництва активізує ерозійні та зсувні процеси, що спричинює необхідність відповідних стабілізуючих захисних заходів. Це, у свою чергу, потребує впровадження в ландшафт нових техногенних елементів.

Сильний перетворювальний вплив на природне середовище має містобудування, що здійснюється шляхом суцільної забудови, планування території, гідронамиву тощо. Характер, сутність та інтенсивність техногенного впливу на природний ландшафт можуть бути відносно постійними або збільшуватися (наприклад, меліорація, містобудування). Компоненти ландшафту і власне ландшафт змінюються відповідно до особливостей технології одного або декількох видів природокористування [6].

Гідроенергетичний вплив зумовлює помітні зміни параметрів аквальних і територіальних комплексів, розміщених поряд. Серед основних негативних наслідків цього впливу вирізняють такі:

- утворення водойм, параметри яких визначаються як висотою гребель, так і ландшафтною структурою долин;
- зміни руслового режиму, створення передумов для розвитку таких процесів, як "цвітіння води", замулення та ін.;
- переформування ландшафтної структури прибережних територій у зв'язку з їх затопленням,

переробленням берегів, утворенням болотних комплексів і підтопленням у смугі гідрогеологічного впливу;

- зміни рослинності заплавної комплексу у нижніх б'єфах водоймищ, пов'язані з тим, що немає режиму долин;
- зміни умов існування та відтворення риб і ведення рибного господарства [6].

Містобудівний вплив відображається на горизонтах підземних вод, що залягають глибоко, та вищих, ніж у сільських і природних ландшафтах, шарах атмосфери. Вертикальний профіль урбанізованого ландшафту визначається глибиною споживаного горизонту підземних вод і висотою промислових викидів в атмосферу. В межах цього вертикального профілю розміщені такі яруси:

- природних і намівних порід, де розташовані фундаменти будинків, промислових підприємств, підземні комунікації;
- ярус наземних малоповерхових будівель, доріг, зелених насаджень, водойм, міських шумів, що характеризуються найбільшою концентрацією, а також викидів автомобільного транспорту й інтенсивного прогрівання поверхні;
- середньо- і високоповерховий яруси, в межах яких вплив зазначених вище чинників зменшується, але істотнішу роль відіграють метеорологічні фактори (вітровий режим тощо) [6].

Для еколого-ландшафтного аналізу використовують показники питомого навантаження (віднесеної до площі).

Види антропогенних навантажень:

- механічні (винос матеріалу при видобутку корисних копалин, ущільнення ґрунту під впливом сільгосптехніки тощо);
- геохімічні (привнесення або вилучення хімічних елементів);
- біотичні (вилучення біологічної продукції, зміна структури і видового складу співтовариств);
- енергетичні (безпосередній викид тепла або непряме порушення теплового балансу).

Висновки

Підсумовуючи наведене, можна стверджувати, що класична методика ландшафтних досліджень та картографування може бути модернізована за рахунок заміни польових досліджень у репрезентативних точках та виділення ландшафтних меж вручну – на використання алгоритмів аналізу ландшафтної структури засобами ГІТ. Необхідними умовами ефективності такого методу є обов'язкова наявність детальних, якісних та сучасних вихідних матеріалів про компоненти ландшафту.

Активне використання сучасних ГІТ в ландшафтознавстві збагачує глибину прикладних та регіональних досліджень. За їх допомогою ми маємо змогу швидко проаналізувати та наочно представити географічну інформацію для різних категорій користувачів.

Застосування методів ГІС дозволяє автоматизувати розв'язання значної кількості завдань, починаючи з обчислення відстаней і площ, і закінчуючи побудовою моделей складних геосистем

та процесів з метою управління та прогнозування майбутніх станів.

У результаті досліджено антропогенну перетвореність ландшафтів України, а також доведено можливість і ефективність напівавтоматичного картографування ландшафтів засобами ГІС. Цей алгоритм є універсальним для укладання карт ландшафтів різних масштабів та різних територій.

Список літератури

1. Міллер Г.П. Ландшафтознавство: теорія і практика: / Г.П. Міллер, В.М. Петлін, А.В. Мельник: Навч. посіб. – Львів: Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. – 172 с.
2. Жарінов В.І. Агроекологія: термінологічний та довідковий матеріал: Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 328 с.
3. Зацерковний В. І. Геоінформаційні системи в науках про Землю / В.І. Зацерковний, І.В.Тішаєв, І.В. Віришло, В.К.Демидов. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. – 510 с.
4. Зацерковний В. І. Аналіз стану топографічно-картографічного забезпечення як джерела даних для ГІС Чернігівської області // Вісник Чернігівського державного технологічного університету: зб. наук. праць. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – №1 (55). – С. 186-193.
5. Ландшафтна карта України. [Електронний ресурс] – <http://geomap.land.kiev.ua/landscape.html>
6. Рибалова О.В. Ландшафтна екологія. Х.: НУЦЗУ, 2015. – 256 с.
7. Бурачек В.Г. Геоінформаційний аналіз просторових даних / В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, В.І. Зацерковний. – Ніжин: ТОВ Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. – 440 с.
8. Зацерковний В.І. Аналіз підходів щодо створення цифрових моделей рельєфу / В.І. Зацерковний, Н.В. Руль, Л.В. Плічко, С.В. Кривоберець // Технічні науки та технології: наук. журнал. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – №1 (7). – С. 87-97

Стаття надійшла до редколегії 16.04.2018

Рецензент: д-р геол. наук, проф. О.М. Карпенко, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ.

Зацерковний Віталій Іванович

Доктор технічних наук, доцент, заведуючий кафедрою геоінформатики, orcid.org/0000-0003-2346-9496
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

Оберемок Наталія Васильевна

Кандидат технічних наук, докторант, orcid.org/0000-0002-7230-8149
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

Кун Юлия Викторовна

Студентка кафедри аерокосмічної геодезії, orcid.org/0000-0001-5429-0902
Національний авіаційний університет, Київ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ЛАНДШАФТОВ

Аннотация. Рассмотрен опыт и возможности применения компьютерной техники, геоинформационных систем и технологий для задач исследования ландшафтной структуры территории и оценки антропогенного преобразования ландшафтов. Приведены методы обработки информации, используемые при ландшафтном картографировании с использованием ГИС. Сформулированы основные задачи геоинформационно-картографического обеспечения ландшафтно-экологического мониторинга. Сформулированы принципы исследования и картографирования динамики изменений ландшафтов с помощью ГИС. Представлена функциональная схема ГИС для проведения геоэкологического мониторинга ландшафтов. Приведена методика геоэкологической оценки территорий с помощью ГИС. Показано, что активное использование современных геоинформационных технологий в ландшафтоведении повышает глубину прикладных и региональных исследований.

Ключевые слова: ландшафт; ландшафтные исследования; геоинформационные системы (ГИС); геоинформационные технологии (ГИТ); антропогенное преобразование ландшафтов; цифровые модели рельефа (ЦМР)

Zatserkovnyi VitaliiDSc (Eng.), Head of the Department of geoinformatics, *orcid.org/0000-0003-2346-9496**Taras Shevchenko national University of Kyiv, Kyiv***Oberemok Nataliia**Ph.D. (Eng.), postdoctoral student, *orcid.org/0000-0002-7230-8149**Taras Shevchenko national University of Kyiv, Kyiv***Kun Yulia**Student, The Department of aerospace geoinformatics, *orcid.org/0000-0001-5429-0902**National Aviation University of Kyiv, Kyiv***PARAMETERS CITATION OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN SCIENTOMETRIC DATABASES**

Abstract. *The article examines the experience and possibilities of using computer technology, geo-information systems and technologies for research of the landscape structure of the territory and evaluation of anthropogenic transformation of landscapes. The methods of information processing used for landscape mapping with the help of GIS are given in the article. The main tasks of geo-information and cartographic support of landscape-ecological monitoring are formulated. The principles of research and mapping of dynamics of landscape changes with the help of GIS are formulated. A functional GIS scheme for geo-ecological monitoring of landscapes is presented. The method of geo-ecological evaluation of territories with the help of GIS is given. It is shown that the active use of modern geo-information technologies in landscape science raises the depth of applied and regional studies.*

Keywords: *Landscape; landscape researches; geo-information systems (GIS); geo-information technologies (GIT); anthropogenic transformation of landscapes; digital terrain models (DTM)*

References

1. Miller, G., Petlin, V. & Melnyk, A. (2002). *Landscape Science: Theory and Practice. Teach manua Lviv: Published. Center of LNU them. Ivan Franko, 172.*
2. Zharinov, V. (2008). *Agroecology: terminological and referencematerial. Tutorial. Vinnitsa: New Book, 328.*
3. Zatserkovnyi, V., Tishayev, I., Virshylo, I. & Demydov, V. (2016). *Geoinformation Systems in the Sciences of the Earth. Nizhyn: NDU them. M. Gogol, 510.*
4. Zatserkovnyi, V. (2012). *Analysis of the status of topographic and cartographic provision as a data source for GIS of Chernihiv region. Bulletin of the Chernihiv State Technological University: Sb. sciences works. Chernigov: ChTTU, 1 (55), 186-193.*
5. *Landscape map of Ukraine. [Electronic resource] – <http://geomap.land.kiev.ua/landscape.html>*
6. Rybalova, O. (2015). *Landscape ecology. Kh. NUTZU, 256.*
7. Burachek, V., Zheleznyak, O., Zatserkovnyi, V. (2011). *Geoinformation analysis of spatial data. Nizhyn: LLC Aspect-Polygraph Publishing House, 440.*
8. Zatserkovnyi, V., Rull, N., Plichko, L. & Krivoberts, S. (2017). *Analysis of the approaches to the creation of digital relief models. Technical sciences and technologies: sciences. Magazine. -Chernigov: CSTU, 1 (7), 87-97.*

Посилання на публікацію

- APA Zatserkovnyi, Vitalii, Oberemok, Nataliia, & Kun, Yulia. (2018). *Parameters citation of scientific publications in scientometric databases. Management of Development of Complex Systems, 34, 92 – 103.*
- ДСТУ Зацерковний, В.І. Застосування геоінформаційних систем та геоінформаційних технологій у дослідженні ландшафтів [Текст] / В.І. Зацерковний, Н.В. Оберемок, Ю.В. Кун // Управління розвитком складних систем. – 2018. – № 34. – С. 92 – 103.