

Комплексний розвиток території передбачає раціональне використання водних ресурсів, їх охорону. У регіонах, де такі ресурси обмежені, а споживання води постійно збільшується, основні заходи повинні спрямовуватися на повне очищенння стічних вод, а розміщення виробництв у таких регіонах повинно відбуватися з врахуванням їх водомісткості.

У багатьох регіонах України надзвичайно важливе збереження наявного лісового фонду та лісовідновлення. Це особливо актуально для лісових районів, де відбувається інтенсивне, нераціональне вирубування лісів, а також у лісостепових та степових регіонах, де спостерігається поступове опустелювання ландшафтів.

Контроль за виконанням програм мають здійснювати органи управління природокористуванням. Такі органи створені в областях – це комітети з охорони природи і відділи управління природними ресурсами. Але ці органи ще не звертають достатньої уваги на реалізацію завдань для переходу території до моделі стійкого розвитку. Це пов'язано, насамперед, з тим, що їх надалі зберігається галузевий підхід до розв'язання проблем в сфері природокористування, недостатня увага звертається на комплексне вивчення всіх (а не тільки мінеральних) ресурсів території як основи для прийняття рішень з управління природокористуванням. Органи управління природокористуванням в сучасних умовах повинні бути націлені у своїй діяльності на кінцевий результат – досягнення стійкого розвитку, а не на запобігання окремим видам забруднення території, як це було до цього часу. Важливо при цьому, щоб не переступати поріг екологічної місткості території, тобто можливість прийняття певною територією додаткового техногенного навантаження без загрози для життя людей та збереження природи.

Для розв'язання завдань управління природокористуванням необхідне створення надійних інформаційних систем, тобто банку даних про стан природного середовища як регіону в цілому, так і його окремих частин. Це дозволило би оцінити стан компонентів природного середовища, виявити результати їх взаємодії, і на цій основі розробити науково обґрунтовані підходи до раціонального використання природних ресурсів, до поліпшення всієї екологічної ситуації в регіоні.

Реалізація завдань із переходу регіонів до стійкого розвитку можлива лише при умові створення ринку екологічних послуг об'єктами екологічної інфраструктури. Це зумовлено тим, що в час екологічної кризи різко зменшуються інвестиційні можливості на заходи з раціонального природокористування і охорону навколошнього середовища, що надаються державними органами управління природокористуванням. Разом з тим, у таких умовах швидко змінюється екологіко-соціально-економічна ситуація, що впливає, в свою чергу, на напрями діяльності територіальних органів управління природокористуванням.

#### **Summary:**

The questions of management of the use of nature in a region are lighted. Basic directions of ecological policy, regional ecological program development are drawn.

УДК 550:681.3:551.4:911.3

Іван КОВАЛЬЧУК, Олександр МКРТЧЯН,  
Андрій МИХНОВИЧ, Юрій АНДРЕЙЧУК,  
Євген ІВАНОВ

(Львівський національний університет імені Івана Франка)

## **ПОТЕНЦІАЛ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРШЕННІ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОГРАФІЧНИХ ПРОБЛЕМ**

Конструктивно-географічними називаємо проблеми, пов'язані з природокористуванням, оптимізацією геоекологічного стану довкілля, збереженням біологічного і ланд-

шафтного різноманіття, захистом угідь, міських і сільських поселень, промислових об'єктів та інженерних комунікацій від руйнування та пошкодження небезпечними морфодинамічними, гідрологічними та іншими природними процесами, а також з територіальним плануванням, охороною природи, створенням екомереж як систем природно-заповідних об'єктів тощо. Вирішення цих проблем вимагає використання спектру методів, підходів та організаційних заходів, включаючи системний та басейновий підходи, дистанційні та аналітичні методи досліджень, математичний аналіз та моделювання, експертні системи, організацію геоекологічного моніторингу, впровадження прогнозно-моделюючих комплексів, розробку та втілення дидактичних зasad географічної освіти і виховання.

Важливе місце у вирішенні конструктивно-географічних проблем займає геоінформаційний підхід. Він пов'язаний із широким впровадженням у практику досліджень сучасних ГІС-технологій. Останнім часом в Україні опубліковано ряд праць, у яких висвітлені загальні аспекти геоінформаційних технологій [2], [17]. Все більше публікується робіт, у яких ГІС активно використовуються при вирішенні тієї чи іншої конкретної географічної проблеми [1], [4], [7], [8], [9], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Проте, існує брак досліджень, присвячених узагальненню та систематизації використання геоінформаційних технологій у конструктивній географії, узгодженню основних положень геоінформатики із теоретичними та методичними здобутками конструктивної географії.

Мета нашого дослідження полягає у аналізі потенціалу сучасних геоінформаційних технологій як інструменту конструктивно-географічних досліджень. Завданням є огляд, короткий аналіз та систематизація актуальних і перспективних напрямків застосування геоінформаційних технологій у практиці конструктивно-географічних досліджень, із більш детальним розглядом окремих прикладів.

В конструктивній географії, як і в інших географічних дисциплінах, провідну роль відіграє картографічний метод досліджень і візуалізації отриманих даних. Аналіз взаємного розміщення на земній поверхні об'єктів, поширення природних і техногенних явищ та процесів має винятково важливе значення для раціональної просторової організації природокористування і планування природоохоронної діяльності.

Традиційний картографічний аналіз і моделювання, попри значні можливості та здобутки, має ряд фундаментальних і технічних обмежень. Так, графічні обмеження щодо кількості та детальності інформації, поряд із складністю сумісного просторового аналізу різних карт, є суттєвими перешкодами для дослідження просторових поєднань і зв'язків різних явищ та процесів. Статичність картографічних зображень робить неможливим динамічне просторове моделювання та інтерактивний аналіз інформації.

Геоінформаційні технології стали революцією у картографічному методі досліджень, піднісши можливості геопросторового аналізу на принципово новий рівень. Основними взаємопов'язаними сферами застосування цих технологій є управління географічними даними, їх візуалізація та геоінформаційне моделювання. У першій сфері геоінформаційні технології забезпечують швидку інтеграцію різноманітних даних, зокрема даних дистанційного знімання, корекцію та поновлення інформації у процесі моніторингу, контроль логічної узгодженості різних даних, перетворення систем координат, автоматичну генералізацію тощо. В сфері візуалізації сучасні ГІС пропонують широкий спектр можливостей та функцій, націлених на інтерактивний аналіз географічних даних, продуктивну інтеграцію обчислювальних можливостей сучасних комп'ютерів та здатностей людини сприймати й аналізувати цілісні просторові образи, зі зручним та інтуїтивно зрозумілим представлением кінцевої інформації споживачеві.

Найбільш важливою та революційною за своїми можливостями сферою застосування геоінформаційних технологій є геоінформаційне моделювання, яке зводиться до трансформації первинних даних з метою одержання нової інформації. Це може бути інформація про актуальний або майбутній стан геосистем (описове моделювання) або співвіднесення даних про властивості об'єктів та параметри процесів із суб'єктивно заданою

цільовою функцією (оціочне моделювання), включаючи оцінку придатності території для тих чи інших видів господарської діяльності, характеру змін стану об'єктів та ходу процесів за різних сценаріїв техногенних впливів, ступеня екологічних ризиків тощо. Така інформація дозволяє вирішувати задачі нормування та оптимізації природокористування.

Вирішення зазначених завдань на сучасному науковому рівні передбачає широке використання кількісного моделювання та чітко визначених і теоретично обґрунтованіх критеріїв. При цьому ГІС набагато розширили можливості традиційних картографічних методів, значно спростили та збільшили точність ряду картометричних операцій (вимірювання довжин ліній та площ ареалів, визначення крутини схилів) і зробивши простими та доступними операції, які практично неможливо виконати старими картометричними методами (наприклад, кількісне моделювання руху наносів або забруднень по поверхні рельєфу).

Вирішення конструктивно-географічних проблем може потребувати застосування статичних чи динамічних моделей. Перші дозволяють визначати невідомі властивості природних і природно-технічних систем на основі використання емпірично або теоретично визначених залежностей між цими властивостями та їх чинниками, просторовий розподіл яких є задокументованим у формі цифрових шарів. Основними функціями, які реалізують статичні моделі в ГІС, є картографічна алгебра, фокальні оператори, статистичний та геостатистичний аналіз геопросторових даних. Так, визначення кількісних залежностей між врожайністю та її основними чинниками (характеристиками ґрунту, мікроклімату, особливостями агротехніки тощо) дозволяє спрогнозувати значення врожайності в тому чи іншому місці та визначити оптимальну просторову структуру угідь, агротехніку, норми внесення добрив. Сучасні кількісні моделі ерозійних процесів (наприклад, модель RUSLE) дозволяють одержати детальні карти розподілу інтенсивності змиву, використовуючи значення головних чинників еrozії, пов'язаних із властивостями різних геокомпонентів (клімату, рельєфу, ґрунту, рослинного і техногенного покриву), скомбіновані методом картографічної алгебри. Варіюючи значення змінних моделі, можна визначити максимальне ефективне використання землі із мінімальними втратами ґрунту, обґрунтувати доцільність застосування спеціальних ґрунтоохоронних заходів та ґрунтозахисних технологій. Analogічний підхід використовується при оптимізації розміщення промислових, транспортних, рекреаційних та інших об'єктів, особливо таких, що висувають специфічні вимоги до характеристик середовища або суттєво впливають на довкілля.

Останнім часом статичні ймовірнісні моделі широко використовуються для визначення географічного поширення біологічних видів та угруповань. При цьому в основу кладеться широкий спектр статистичних методів, включаючи різні форми множинної регресії, нейронні мережі, загальні аддитивні моделі, ординаційні методи тощо [18]. В основі цих методів є квантифікація зв'язків між видами та характеристиками їх середовища. Одержана інформація сприяє кращій організації заходів з охорони рідкісних та зникаючих видів і збереження біорізноманіття, дозволяє оцінити екологічні наслідки змін у структурі землекористування, антропогенних змін клімату тощо.

Геоінформаційне моделювання може використовуватись для визначення детального розподілу чинників, які використовуються "на вході" у вищезгаданих моделях прикладного та екологічного спрямування. Значна кількість різних за призначенням моделей використовує в якості індикатора морфометричні характеристики - крутину та експозицію схилів, абсолютну висоту тощо. Основною формою представлення такої інформації у сучасних ГІС є цифрові моделі рельєфу (ЦМР), які можна одержати шляхом інтерполяції за певними алгоритмами оцифрованих шарів топографічних карт та планів [20]. Можливості ГІС дозволяють швидко перетворити ЦМР у шари похідних морфометричних характеристик, обрахувати розподіл ряду гідрографічних параметрів (довжин ліній стоку, площ водозборів тощо). ЦМР використовуються для визначення площ ймовірного затоплення під час паводків різного ступеня забезпеченості. За допомогою ЦМР та спеціальних формул можна

обрахувати величину надходження на земну поверхню прямої сонячної радіації на будь-який момент часу або її інтегральне надходження на будь-який день, місяць чи інший період і скласти відповідну карту. М. Хатчінсон [21] розробив методику інтерполяції даних метеостанцій та створення детальних і точних карт розподілу кількості опадів, використовуючи цифровий шар перевищень та зв'язок між висотою і кількістю опадів. За [18], ЦМР є головним джерелом просторової інформації при детальному моделюванні розподілу рослинності.

Важливим джерелом точної та оперативної інформації є дані дистанційного зондування земної поверхні. Сучасні ГІС та спеціалізовані програмні пакети включають ряд функцій, які дозволяють ефективно використовувати ці дані для різних цілей. Однією з найбільш важливих з них є автоматизовані, керовані та некеровані класифікації зображень, які дають можливість швидко одержувати детальні карти землекористування та рослинного покриву. Застосування функцій картографічної алгебри до шарів мультиспектральних зображень дозволяє обраховувати вегетаційні індекси, які є кількісною мірою розвитку зеленої фітомаси. На основі цієї інформації картографують продуктивність фітоценозів, виявляють місця та визначають обсяги пошкодження лісових деревостанів та культурних рослин шкідниками та хворобами, визначають ступінь забруднення на стан екосистем. Дуже перспективним є використання дистанційного знімання в оперативному моніторингу шкідливих та стихійних природних явищ і техногенних катастроф. Прикладами є визначення зон затоплення під час паводків [9], обсягів буреломів та вітровалів, моніторинг поширення нафтових плям при аваріях танкерів.

Дистанційне знімання є зручним способом поновлення та уточнення ряду тематичних карт. Другим засобом досягти цього є накладання та співставлення у середовищі ГІС різних за змістом, масштабом та актуальністю карт на ту ж саму територію. Так, у [15] запропоновано метод уточнення існуючої ґрунтової карти шляхом її накладання (оверлею) у середовищі ГІС на більш детальну ландшафтну карту. При цьому одержано таблицю відносних частот зустрічності типів ґрунту у межах кожного типу ландшафтних комплексів, яку було прив'язано до ландшафтної карти. На одержаній таким способом карті межі ґрунтових виділів співпадають із межами ландшафтних комплексів, а просторова точність цих меж є значно вищою, ніж на первинній ґрунтовій карті. Загалом, оверлейний аналіз різних просторових шарів дозволяє кількісно оцінювати ступінь та характер зв'язку між різними характеристиками геосистем, сприяючи кращому розумінню їх структури. Використання при цьому методу факторного аналізу дозволяє виявити головні та другорядні чинники розвитку тих або інших явищ.

Потужним методом геопросторового аналізу, який став практично здійсненим лише з появою ГІС, є геостатистична інтерполяція (крігінг). Цей метод базується на математичному аналізі просторової варіації – визначенні та параметризації функції, яка пов'язує різницю між значеннями певної числової характеристики у різних пунктах із віддаллю між цими пунктами. Розширенням даного методу є кокрігінг, за допомогою якого враховують зв'язки між просторовим розподілом кількох характеристик. У [19] цей метод, зокрема, використовується для обчислення поля забруднення ґрунту важкими металами за даними вимірювань в окремих пунктах. Оцінки, одержані методом крігінгу, можна доповнювати результатами застосування інших методів. Так, у [16] для розрахунку розподілу рясності рослин було застосовано крігінг у поєднанні з множинною регресією.

Великим є потенціал геоінформаційних технологій у гідрологічних та гідроекологічних дослідженнях. Так, накладаючи в середовищі ГІС шар розподілу інтенсивності зливу та шари басейнової та річкової мережі, можна оцінити величину надходження наносів у водойми та водотоки. Використання ЦМР та даних про пористість, щільність та водопровідність відкладів дозволяє розрахувати поле швидкості руху ґрунтових вод та моделювати поширення забруднювачів з їх рухом.

Динамічні моделі відбивають розвиток процесів у часі і є, як правило, складнішими

порівняно із статичними моделями. Стан системи в певний проміжок часу розглядається як функція її стану у попередній інтервал та чинників її динаміки. Так, модель WOFOST дозволяє передбачити врожайність культури із врахуванням динаміки таких чинників, як погодні умов, вміст у ґрунті вологи та поживних речовин, розвиток шкідників та бур'янів тощо протягом періоду вегетації. Такий підхід дозволяє спланувати у часі застосування агротехнічних прийомів, внесення добрив тощо. В системній екології поширені моделі динаміки популяцій, які базуються на диференційних рівняннях, що відбивають внутрішньота міжвидову конкуренцію. Ці моделі дозволяють спрогнозувати наслідки антропогенних втручань у структуру біоценозів, зокрема – знищення видів або їх інтродукції.

Для конструктивної географії найактуальнішими є моделі просторової динаміки процесів. Моделювання виносу, перенесення та відкладання речовини схилами і русловими потоками дозволяєся досягнути закономірності розвитку та самоорганізації схилів, дренажної мережі, руслових систем та флювіальних ландшафтів у цілому [8], [12]. Гіdraulічні моделі руху паводкової хвилі є корисними при проектуванні гідротехнічних споруд. Моделювання руху води та розчинених у ній солей сприяє раціональному проектуванню зрошувальних та осушувальних систем. У біоекології при аналізі динаміки структури деревостанів набув поширення метод геп-аналізу, а при аналізі просторової динаміки біоценозів – метод коміркових автоматів. Менш розвинутим є моделювання динаміки ландшафтів як цілісних полікомпонентних систем; перешкодою для цього є великий відмінності у характерних часах різних геокомпонентів та пов’язаних з ними процесів.

Значне збільшення протягом останніх років обсягів конструктивно-географічних досліджень із застосуванням геоінформаційних технологій не в останню чергу пов’язане із поширенням сучасних програмних пакетів ГІС, в яких потужні та різноманітні аналітичні функції поєднуються із зручним графічним інтерфейсом. Ще недавно комп’ютерне моделювання з метою вирішення теоретичних та прикладних проблем географії вимагало створення окремих вузькофункціональних програм для вирішення кожної конкретної задачі. Це потребувало великих затрат часу, глибокого володіння складним математичним апаратом та низькорівневими мовами програмування. Натомість сучасні програмні пакети ГІС, такі, як ArcInfo, ArcView або Erdas Imagine, поряд із зручним графічним інтерфейсом та можливостями прозорого перетворення форматів даних, містять вбудовані аналітичні функції, які дозволяють вирішувати широке коло завдань, пов’язаних із аналізом растрових та векторних даних. Також наявні гнучкі можливості розширення базових функцій ГІС. З цією метою розроблено макромови (AML, Avenue, EML), які дозволяють створювати макропрограми (макроси) – визначені користувачем комбінації функцій та команд, орієнтовані на вирішення конкретного завдання у середовищі базової ГІС. Так, у [14] описане створення макропрограми мовою AML для моделювання методом Монте Карло похибки обчислення морфометричних характеристик рельєфу. Другою функцією макромов є створення специфічних графічних інтерфейсів користувача – фактично, окремих програм вузького цільового призначення, які використовують можливості базової ГІС. Нарешті, використання відкритого середовища програмування ODE або Java ODE дає змогу створювати програми, які утилізують можливості базової ГІС (ArcInfo) у будь-якому середовищі розробки, яке підтримує елементи управління ActiveX, зокрема Visual Basic, Delphi, Visual C++. Ці поширені мови програмування також можна використовувати для створення надбудов до програмних пакетів ArcInfo 8+ та ArcView 8+, завдяки використанню у цих продуктах нової розробницької платформи ArcObjects, яка базується на компонентно-об’єктній моделі COM. Інтеграція комерційної ГІС із спеціальними програмними засобами із може здійснюватись на базі спільних форматів даних, коли перша використовується для візуалізації результатів моделювання та для базових операцій із даними.

Співробітниками кафедри конструктивної географії та картографії Львівського національного університету ГІС активно використовуються у вивченні річкових і басейнових систем, гірничо-промислових ландшафтів, небезпечних морфодинамічних і гідрологічних

процесів (повені, паводки, схилова ерозія), антропогенного морфогенезу та урбоекології. Зупинимось детальніше на характеристиці деяких результатів, отриманих за цими напрямками досліджень.

Важливою конструктивно-географічною проблемою є оцінка масштабів, тенденцій та інтенсивності змін стану і режиму функціонування річкових систем, впливу цих змін на ризик небезпечних природних процесів та обґрутування комплексу заходів для мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля і людину. Зокрема, актуальними є наступні завдання:

- 1) обґрутування схеми та алгоритмів використання можливостей ГІС у дослідженнях річкових систем, розробка відповідної структури ГІС типу "Сточище";
- 2) аналіз чинників функціонування річкових систем, їх впливу на стік води, розвиток ерозійно-акумулятивних процесів у руслах, деградацію річок, ризик прояву небезпечних процесів;
- 3) аналіз структури річкових систем, горизонтальних і вертикальних деформацій русел, визначення тенденцій, масштабів та інтенсивності цих процесів;
- 4) геоінформаційний аналіз багаторічної динаміки стоку води і наносів, масштабів і тенденцій їх змін, визначення причин цих змін та оцінка їхніх екологічно-географічних наслідків;
- 5) обґрутування заходів з оптимізації екологічного стану геосистем, попередження і регулювання розвитку небезпечних процесів.

Такі дослідження з використанням геоінформаційних технологій базуються на ідеях басейнової концепції в екологічно-географічному аналізі, обґрутованих у працях українських [5], [6] та закордонних [10] вчених, положеннях Водної директиви ЄС (Директива 2000/60/ЄС), а також теоретико-методичних і практичних засадах створення ГІС і реалізуються нами для сточища верхньої частини Дністра.

Головним результатом досліджень за цим напрямком є створення ГІС "Сточище" [12]. Організаційна структура такої ГІС включає наступні блоки: збір, систематизацію, редактування даних, моделювання ретроспективного і сучасного стану геосистем та їх змін, синтез результатів, прогнозування екологічного стану басейнових систем, обґрутування пропозицій з його оптимізації. Головними тематичними блоками виступають: "система моніторингу екологічного стану басейнових систем", "умови і чинники функціонування басейнових систем", "структурі і функціонування річкових і басейнових систем".

Нами опрацьований алгоритм досліджень басейнових систем з використанням ГІС-технологій, який включає наступні етапи: оцінку наявності і придатності інформації про стан і функціонування геосистем; збір, систематизацію даних і формування баз даних; моделювання і оцінку чинників функціонування басейнових геосистем; аналіз і моделювання режиму функціонування річкових систем і розвитку морфодинамічних процесів; аналіз змін режиму функціонування геосистем; оцінка потенціалу розвитку небезпечних процесів, а також ризику його реалізації; районування сточища та обґрутування комплексу оптимізаційних, процесорегулюючих і захисних заходів.

З використанням створеної ГІС "Сточище" проаналізовані чинники функціонування річкових систем і розвитку небезпечних процесів у їх басейнах. В результаті геоінформаційного моделювання виявлені причинно-наслідкові зв'язки між явищами, оцінений вплив різних явищ і процесів на екологічно-географічну ситуацію тощо. За результатами досліджень створюється геоінформаційна модель потенціалу розвитку небезпечних процесів у верхній частині сточища Дністра з можливістю інтерактивної актуалізації вхідних даних.

Здійснюється геоінформаційне моделювання структури річкових систем. Зокрема створена низка геоінформаційних моделей, які відображають сучасні і ретроспективні параметри структури, тенденції та масштаби їхніх змін за останні 120 років, причини

трансформаційних процесів; прогноз змін у структурі річкових систем і можливих впливів на еколого-географічний стан басейну та розвиток господарства у ньому).

На основі опрацьованих відповідним чином даних нівелювання поперечних і поздовжніх профілів русел, різночасових кривих витрат, різночасових топографічних карт, даних аеро- і космознімання, матеріалів Львівдіпроводгоспу та Облводгоспу оцінені тенденції, масштаби та інтенсивність вертикальних і горизонтальних деформацій русел. За результатами розрахунків створена серія ГІС-карт.

Використовуючи створену нами базу даних про щоденні витрати води для 18-ти репрезентативних гідропостів, а також про щомісячний і щорічний стік води і наносів для решти гідропостів у сточищі за період з 1945 - 1950 років (для окремих постів з 1880-х) до 2000-го, а також статистичну, архівну, фондову, літературну інформації про антропогенне навантаження на річкові системи, а також методи геоінформаційного аналізу, виявлені тенденції, масштаби та інтенсивність багаторічних і внутрішньосезонних змін гідрологічного режиму досліджуваних річкових систем.

На основі узагальнень та синтезу отриманих результатів і створених ГІС-карт здійснене районування сточища Дністра за ступенем трансформованості режиму функціонування річок.

Наклавши геоінформаційну модель сумарної трансформованості стану і функціонування річкових систем на створену раніше модель потенціалу прояву небезпечних процесів, методом бальних оцінок, створена геоінформаційна модель ризику прояву небезпечних процесів, яка відображає небезпеку реалізації певного процесоформуючого потенціалу.

Іншим важливим напрямком конструктивно-географічних досліджень з використанням геоінформаційних технологій було моделювання паводків у верхній частині долини Дністра.

Алгоритм аналізу та моделювання екстремальних паводків включає побудову серії гідрографів найбільших паводків і графіків характерних рівнів води, оцінку особливостей проходження паводків, формування бази даних про морфометрію русла і стан протипаводкових об'єктів, створення гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу, оглядової ГІС-моделі, яка визначає межі зон ризику підтоплення при заданих рівнях води, побудову детальніших (великомасштабних) моделей ризику затоплення паводками для ключових ділянок річкової долини.

Для моделювання використовується ГІС-сумісна програма для гідрологічного моделювання HEC-RAS, надана нашими партнерами з Центру Досліджень Агроландшафтів і Землекористування (Німеччина). Її застосування дозволяє визначати висоту рівня води, витрати потоку, швидкість течії на різноманітних відрізках річища при заданих параметрах стоку, морфометрії русла і долини, стану дамб, розміщення і параметрів комунікаційних і господарських об'єктів (мостів, шлюзів, насосних станцій, залізниць, автомобільних магістралей тощо).

В результаті, спільно з нашими колегами (др. Й. Штайдль, др. Ф. Елерт) створена великомасштабна динамічна картографічна модель ризику прориву дамб при екстремальному паводку 1% забезпечення, а також динамічна модель затоплення заплави з врахуванням можливих проривів дамб обвалування русел.

Ця модель затоплення використовується для оцінки можливих матеріальних збитків від затоплення шляхом накладання її на ГІС-карти землекористування у долині Дністра.

Другим прикладом конструктивно-географічних досліджень з використанням ГІС є створення геоінформаційної моделі басейнової системи річки Коропець – лівої подільської притоки Дністра [1]. До структури моделі були включені такі блоки: 1) природничий; 2) соціально-економічний (антропогенний). До природничого блоку належать тематичні шари з інформацією про природні складові навколошнього середовища, умови протікання та розповсюдження процесів і явищ, характер їх впливу на господарську діяльність людини. Соціально-економічний блок включає в себе дані про мережу населених пунктів,

транспортну інфраструктуру регіону, характер загospодарювання території тощо.

Основою методики збору та систематизації інформації є обробка картографічного матеріалу шляхом векторизації. При складанні бази даних враховувались характерні особливості природних об'єктів та їх взаємодія. Прикладом такої бази даних є тематичний блок "грунтовий покрив басейну р. Коропець".

Ще однією методикою отримання інформації, що використовувалася нами при побудові моделей басейнової системи, було опрацювання даних дистанційного зондування Землі, яке дозволило скласти карту землекористування досліджуваного басейну. Враховуючи важливе значення даних дистанційного зондування для визначення ступеня антропогенного впливу на довкілля, нами були використані різночасові космознімки таких джерел, як „Салют”, „SPOT” та „Landsat”.

Окремою складовою в цій геоінформаційній моделі виступає аналітичний блок. До нього входять тематичні шари, які представляють собою результати аналізу окремих складових довкілля або геосистем. Яскравим прикладом можуть служити карти пропонованого розміщення водоохоронних зон і прибережних смуг навколо об'єктів гідрографічної мережі басейнової системи р. Коропець. При побудові цієї карти враховувалися морфометричні параметри рельєфу, віддаленість від гідрографічної мережі, наявність соціально-економічної інфраструктури, характер загospодарювання дотичних до зовнішньої межі водоохоронної зони земель. Результатуючою є карта пропозицій з оптимізації землекористування у водоохоронних зонах.

Ще одним напрямком конструктивно-географічних досліджень є еколого-ландшафтний аналіз гірничопромислових регіонів, суть якого полягає у ландшафтному вивченні екологічних проблем, пов'язаних з гірничовидобувним використанням територій і спрямоване на їх вирішення, що ґрунтуються на теоретико-методичних положеннях ландшафтознавства, екологічної географії, ландшафтної екології, геоекології і здійснюються за відповідною програмою та методикою [3]. Проведені еколого-ландшафтні дослідження в межах гірничопромислових районів Львівської області дають підстави розглядати гірничовидобувні об'єкти (кар'єри, терикони, хвостосховища, відстійники) як особливий тип антропогенних геокомплексів – гірничопромислових фаций, урочищ і місцевостей.

Еколого-ландшафтний аналіз гірничопромислових територій у методичному плані ґрунтуються на використанні системи методів і методичних підходів – картографічного, ландшафтно-динамічного, ландшафтно-геохімічного, медико-географічного та інших. Особлива роль належить картографічному методу, зокрема великокаскадному еколого-ландшафтному картографуванню з використанням (для фіксації польових матеріалів) спеціально розроблених бланків-програм дослідження гірничопромислових геокомплексів (форма №1 – "Відвали", форма №2 – "Кар'єри" і форма №3 – "Хвостосховища"). Головним питанням такого картографування є оцінка стану ландшафтних комплексів, ступеня їхньої антропогенної модифікованості, а також екологічних умов. Досягнення мети стало можливим на основі розробки оціночних класифікацій і бальних шкал та побудови ландшафтно-екологічної геоінформаційної системи гірничопромислових територій [4].

В результаті детальних еколого-ландшафтних досліджень в межах Червоноградського, Яворівського і Дрогобицького гірничопромислових районів Львівської області з'ясована їх ландшафтна структура, виявлені екологічні проблеми, що виникли в районах розробки кам'яного вугілля, сірки, солей, нафти, газу і будівельних матеріалів. Встановлено, що особливу екологічну небезпеку для людини становлять гірничопромислові геокомплекси, сформовані на базі кар'єрів, відвалів, хвостосховищ тощо. Вони є головними джерелами антропогенного забруднення довкілля.

Ефективна рекультивація гірничопромислових геокомплексів можлива на основі врахування закономірностей їх ландшафтної будови, результатів детального велико-масштабного вивчення структури, динаміки і тенденцій розвитку геосистем. Важливою умовою для рекультивації та створення культурних ландшафтних комплексів вважаємо

ландшафтно-екологічне проектування. У процесі проектування та експлуатації гірничо-промислових геокомплексів необхідно реалізувати комплекс заходів, які сприяють уміру швидкій стабілізації природно-антропогенних процесів, послабленню рівнів хімічного і радіоактивного забруднення, активізації процесів відновлення ґрутового і рослинного покриву.

Отже, використання геоінформаційних технологій відкриває для конструктивної географії широке коло нових можливостей. Проте слід зазначити і деякі проблеми та небезпеки, пов'язані з їх використанням. Так, сучасні ГІС-програми володіють потужним обчислювальним потенціалом, дозволяючи "одним натисненням клавіші" виконувати складні розрахунки та перетворення даних. Це, поряд із перевагами, містить і загрози, адже кожна модель має свої недоліки та обмеження, які не завжди є очевидними для необізнаного із тонкощами формул та алгоритмів користувача ГІС. Додаткова небезпека криється у засобах візуалізації ГІС: створені за допомогою сучасних програм бездоганні за дизайном карти та ілюстрації здатні створити ілюзію абсолютної точності та надійності даних у людей, не знайомих із методами їх одержання. Важливою проблемою є географічна інтерпретація моделей та алгоритмів, які реалізуються в ГІС, адже існує спокуса обрахунку за допомогою ГІС різноманітних показників та індексів, які не містять географічного змісту.

ГІС привчають географів до точності у формулюванні цілей дослідження, концептуальних моделей об'єктів та процесів, сприяючи тим самими формалізації теорій та методів географії, наближення їх до стандартів точних наук. Цей процес, проте, значно сповільнюється недоліками географічної освіти, адже фахівці у галузі географічних наук часто не здатні повною мірою використовувати можливості сучасних ГІС через брак відповідних технічних знань, тоді як фахівці у галузі геоінформатики погано обізнані із теоретичними здобутками географічних наук. Розв'язанням даної проблеми є широке використання геоінформаційних технологій у процесі здобуття географічної освіти. Мова тут йде не лише про викладання відповідних спеціалізованих курсів (як це практикується тепер), але й про використання ГІС у викладанні різних фізико- та соціо-економіко-географічних дисциплін. Окрім ефективної візуалізації навчальних даних, перспективи застосування ГІС тут зумовлені можливостями їх використання як середовища розгортання статичних та динамічних моделей, що ілюструють різноманітні природні та соціоекономічні процеси і функціональні зв'язки. Інтерактивні зміни параметрів моделей роблять можливими евристичні експерименти з моделями, активну взаємодію студентів із віртуальною географічною реальністю, що дозволить глибше проникнути у суть явищ та зв'язків. У [11] показано важливість розвитку у студентів-географів конструктивного мислення, вміння аналізувати та впопрядковувати дані, робити на їх основі корисні висновки та приймати ефективні та відповідальні рішення. Отже, існує надія, що з нашими зусиллями наступні покоління географів та екологів сприйматимуть ГІС як звичний інструмент та невід'ємний атрибут ефективних конструктивно-географічних досліджень.

#### Література:

1. Андрейчук Ю., Ковальчук І. Застосування ГІС для аналізу рельєфу басейнових систем (на прикладі р. Коропець) // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2003 – №63 – С.183 – 188.
2. Де Мерс М. Н. Географические информационные системы. Основы.: Пер. с англ. – Москва: Дата+, 1999.
3. Іванов Є. А. Екологічно-ландшафтознавчий аналіз гірничопромислових територій (на прикладі Львівської області) / Рукопис дис. ... канд. геогр. наук. – Львів, 2001. – 383 с.
4. Іванов Є. А. Технології ландшафтного моделювання в гірничовидобувній промисловості // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2003 – №63 – С. 215–220.
5. Ковальчук І. Концепція екологічно-географічних досліджень річкових систем та їх басейнів.

- // Екологічні дослідження річкових басейнів Лівобережної України. Збірник наукових праць (за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Суми, 14-16 листопада 2002 року). – Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2002. – С. 19–27.
6. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. – Львів: Інститут українознавства, 1997. – 440 с.
  7. Ковальчук І., Михнович А. Географічна інформаційна система “Аналіз стану мережі моніторингу екологічної ситуації Львівської області” // Kataster, fotogrametria, geoinformatyka - nowoczesne technologie i perspektywy rozwoju. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. Vol. 11. Materiały Trzeciej Międzynarodowej Konferencji zorganizowanej w dniach 26-28 września 2001 w Krakowie i Osieczanach. – Kraków, 2001. – S. 43-49.
  8. Ковальчук І., Михнович А. Геоінформаційні системи в еколого-географічних дослідженнях басейнів // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 58. Матеріали першої міжнародної науково-практичної конференції “Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та перспективи розвитку”, Львів: ДУ “Львівська політехніка”, 1997, с. 139–142
  9. Ковальчук І., Михнович А. Особливості геоінформаційного моделювання катастрофічних паводків у басейні Дністра // Екологія довкілля та безпека життедіяльності. Науково-технічний журнал. № 3, 2001. – С. 24–29.
  10. Корытный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – 163 с.
  11. Круглов І., Mkrtchyan O. Конструктивістський підхід до викладання географії на основі ГІС-технологій // Мат-ли XII Міжнар. наук.-методичн. семінару «Модернізація реформування середньої, вищої і післядипломної географічної та картографічної освіти в країнах СНД: досвід, проблеми, перспективи». – Хар., 2003. – С. 101–104.
  12. Михнович А. Еколого-геоморфологічний аналіз верхньої частини сточища Дністра : використанням ГІС-технологій. – Дисертація на здобуття наук. ступ. Канд. геогр. наук. Львів, 2003. – 247 с.
  13. Mkrtchyan O. Інтерполяція точкових даних для районів пересіченого рельєфу методами ГІС на прикладі весняних ефемероїдів // Мат-ли Міжнар. наук.-практичної конф. “Гори люди”. –Рахів, 2002. – С. 417–421.
  14. Mkrtchyan O. Оцінка точності цифрової моделі рельєфу та її використання в моделюванні // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. –2002. – №62. –С. 125–130.
  15. Mkrtchyan O. Питання інтеграції якісної інформації у базу даних ГІС // Вісн. Львівсь. ун-т. Серія геогр. – 2003. –Вип. 29, ч-на 1. – С.43–52.
  16. Mkrtchyan O. С. Підходи та методи просторової інтерполяції точкових даних щод рясності рослин // Тези Міжнар. конф. “Природні ліси в помірній зоні Європи – ціннос та використання”. – Бірменсдорф – Рахів, 2003. –С. 102–103.
  17. Светличный А. А., Андерсон В. Н., Плотницкий С. В. Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.
  18. Guisan A., Zimmermann N. Predictive habitat distribution models in ecology // Ecologic Modelling. –2000. – №135. – P. 147 –186.
  19. Heuvelink G. B. M. Error Propagation in Environment Modelling with GIS. –Taylor & Fanc 1998. – 127 p.
  20. Hutchinson M. F. Development of a continent-wide DEM with applications to terrain a climate analysis // M. F. Goodchild et al (eds), Environmental Modeling with GIS. –New Yo: Oxford University Press, 1993 – p. 392-399.
  21. Hutchinson M. F. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines // Internatio Journal of Geographic Information Systems. –1995. –Vol. 9 (4). – p. 385-403.

**Summary:**

Kovalchuk I., Mkrtchian A., Mychnovych A., Andreychuk Yu., Ivanov Ye. THE POTENTIAL OF THE GIS TECHNOLOGY IN THE SOLUTION OF THE TASKS OF APPLIED GEOGRAPHY.

The paper contains the review of the basic directions of the application of modern GIS technologies in the applied geographic researches. The GIS was considered as a powerful extension of the traditional cartographic methods. The actual and prospect uses of GIS in applied researches were systematized, and its advantages as well as limitations were considered, with references to some recent works by authors.

Urszula MYGA-PIĄTEK

(*Faculty of Earth Science, University of Silesia, Poland*)

## **KOMPLEKSOWE BADANIA KRAJOBRAZOWE NA PRZYKŁADZIE WYŻYNY KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ**

### **Wprowadzenie**

Krajobraz znajduje się w polu badawczym coraz większej ilości dyscyplin naukowych. Obok ujęć klasycznych, traktujących krajobraz w kategoriach fizjonomicznych, istnieją ujęcia systemowe, analityczno-ilościowe o wyrafinowanej metodzie opisu. Dochodzi także do próby scalania obu ujęć w genetyczno-historycznym i strukturalno-dynamicznym podejściu, które proponuje w geografii kierunek krajobrazów kulturowych. Prowadzone studia teoretyczne nad pojęciem krajobrazu przekonują nas o tym, iż krajobraz nie jest pojęciem, którym posługują się wyłącznie geografowie (tab.1). Jest to termin pogranicza naukowego i tym samym obciążony jest wieloznacznością. Jednocześnie występująca wielość ujęć daje szansę podejmowania kompleksowych opracowań, które mogą leżeć u podstaw syntez o charakterze aplikacyjnym. Jakość i kondycja krajobrazu mają bowiem coraz większe znaczenie w procesach planowania przestrzennego – tworzenia podstaw ładu urbanistycznego oraz zarządzania ochroną obszarów przyrodniczo i kulturowo cennych.

Współcześnie obserwuje się narastającą tendencję do analiz krajobrazu w kategoriach systemowych i matematycznych (Forman i Godron, 1986; Richling, Solon, 1994; Kondracki Richling, 1983; Ostaszewska, 2002). Dają one zawężony obraz stosowny do założonych cech parametrycznych. Dyscypliny korzystające z analizy systemowej i matematycznych metod opisu, stanowią mogą podstawę dla kompleksowych badań krajobrazowych. Istotnym jest aby w odniesieniu do krajobrazu kulturowego były one uzupełniane o koncepcje historyczno-genetyczne badań przestrzenni (Dobrowolska, 1948; Dobrowolski, 1952; Myga-Piątek 2001 a). Badania ilościowe należałyby zatem potraktować jako wstępne do opracowań interdyscyplinarnych, z zastosowaniem ujęć proponowanych przez geografię humanistyczną. (Jędrzejczyk, 2001; Y-Fu Tuan, 1976). Zgodnie z powyższym autorka przyjmuje iż: „*krajobraz kulturowy to historycznie ukształtowany fragment przestrzeni geograficznej, powstały w wyniku przenikania się wzajemnych oddziaływań środowiskowych i kulturowych, tworzących specyficzną strukturę, objawiającą się regionalną odrębnością, postrzeganą jako swoista fizjonomia*” (Myga-Piątek, 2001b).

### **Cele opracowania i obszar badań**

Powyższe kompleksowe podejście do badania krajobrazu kulturowego będzie rozpatrzone na przykładzie obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, której stan środowiska przyrodniczego i kulturowego jest stosunkowo dobrze rozpoznany. Udokumentowane badania naukowe w tym terenie trwają nieprzerwanie od 150 lat. Za początek naukowej eksploracji Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej przyjmuje się wyprawę naukową warszawskich naturalistów: K. Stronczyńskiego, A. Wagi, S. Taczanowskiego, w 1846 r. której poznawcze rezultaty można uznać za pierwsze kompleksowe badania ekofizjograficzne. Wyżyna Krakowsko-Częstochowska stanowi obszar