

ТЕХНОЛОГІЇ ЛАНДШАФТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ГІРНИЧОВИДОБУВНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

© Іванов Є., 2003

Рассмотрены вопросы создания ландшафтно-экологической информационной системы горнодобывающих территорий с использованием технологий ландшафтного моделирования.

The questions of creation of landscape-ecological information system of mining territories with use of technologies of landscape modelling are considered.

Постановка проблеми

На протязі останніх десяти років *технології ландшафтного моделювання* – системи комп'ютеризованого вводу, зберігання, обробки, аналізу, синтезу і представлення ландшафтної інформації, яка є просторово (трьохвимірно) координованою на основі топографічної карти, отримали широке застосування в геоекологічних дослідженнях у багатьох країнах світу. Серед них необхідно назвати США, Канаду, Великобританію, Нідерланди, Францію і Німеччину, в яких накопичений значний досвід використання геоінформаційних технологій (ГІС-технологій) саме в ландшафтному моделюванні.

На Україні, в тому числі й у Львові, також йде активна робота щодо створення ландшафтних моделей урбанізованих і природоохоронних територій. Прикладом може служити ландшафтно-екологічна інформаційна система м. Львова, розроблена І. Кругловим у Львівському національному університеті імені Івана Франка [8].

Підвищена зацікавленість технологіями ландшафтного моделювання в часі співпала із зростанням інтересу до прикладних ландшафтно-екологічних досліджень, направлених на оптимізацію проведення гірничих робіт в межах гірничопромислових регіонів України. Ознаками появи цікавості до цих організаційних новачків в гірничовидобувній промисловості є використання в ній ландшафтно-екологічного підходу [2, 9, 14, 15, 16]. Значний інтерес у працівників гірничої сфери викликали також проведені геоекологічні дослідження в межах районів розробки корисних копалин [1, 7, 12] у поєднанні з першими спробами створення геоінформаційних систем гірничопромислових територій.

Проведення ландшафтно-екологічних досліджень в межах гірничопромислових регіонів потребує аналізу значних обсягів екологічної, геологічної і географічної інформації, які через високу їхню динамічність необхідно систематично і швидко оновлювати. З метою автоматизації процесу ландшафтно-екологічного аналізу районів видобутку і збагачення корисних копалин необхідною є розробка універсальної стандартизованої ландшафтно-екологічної інформаційної системи. Орієнтація на роботу з природними і антропогенними географічними комплексами (геокомплексами) в яких природні компоненти взаємодіють з техногенними, забезпечить цьому ГІС-проекту широку область застосування.

Створення ландшафтно-екологічної інформаційної системи гірничопромислових територій

Не будемо зупинятися на організаційних засадах створення геоінформаційних проектів, які детально подані у багатьох монографіях, наприклад [13]. В свою чергу, у ландшафтознавстві є значний досвід використання ГІС-технологій з метою вирішення багатьох прикладних завдань [3, 4, 8, 10, 11].

Розглянемо деякі методичні умови створення ландшафтно-екологічної інформаційної системи з використанням технології ландшафтного моделювання. Метою її організації є інтенсифікація процесу ландшафтно-екологічних досліджень в районах пошуку, видобутку і збагачення різноманітних видів корисних копалин шляхом створення спеціальної картографічної та статистичної бази даних, здійснення комп'ютерного аналізу і як підсумковий результат моделювання ландшафтно-інформації.

Протягом 1997–2002 рр. нами проведені ландшафтно-екологічні дослідження в межах гірничопромислових районів Львівської області: Дрогобицького, Червоноградського і Яворівського [6]. У процесі створення ландшафтно-екологічної інформаційної системи цих гірничопромислових районів вирішувались такі завдання: 1) створювалася первинна картографічна і таблична бази даних; 2) організовувався і систематично оновлювався банк даних щодо інтенсивності гірничовидобувного впливу на геокомплекси; 3) аналізувалися дані з метою оцінки і прогнозу екостану геокомплексів; 4) прогнозувався можливий екологічний сценарій і приймалося рішення щодо заходів з оптимізації стану навколишнього природного середовища.

Особлива увага під час проведення ландшафтно-екологічних досліджень в межах гірничопромислових районів Львівської області приділялася формуванню блоку ландшафтно-інформації, що містив дані про структуру природних комплексів і їхній екопотенціал. До наступного підрозділу входила інформація, яка стосується ступені антропогенної трансформації геокомплексів, їхньої антропогенної модифікованості в умовах впливу гірничовидобувної промисловості. Окремо була сформована ще одна структурна підсистема, яка зачіпає питання техногенного забруднення та його впливу на життєдіяльність здоров'я людини. Останнім створювався постійно оновлюваний блок – моніторинговий, який містить інформацію щодо динаміки і функціонування напівстаціонарних досліджуваних гірничовидобувних антропогенних геокомплексів: відвалів, териконів, кар'єрів, відстійників, хвостів і водосховищ.

Важливим принципом побудови ландшафтно-екологічної інформаційної системи гірничопромислових територій є використання в якості картографічної основи ландшафтно-карти і схеми фізико-географічного районування. Відповідно до основного, ландшафтного блоку повинні входити наступні підблоки: 1) просторово-територіальної інформації, яка включає карти структури і антропогенної модифікації геокомплексів; 2) атрибутивні дані у вигляді опису ландшафтно-структури, кадастрових бланків, таблиць кількісних показників і описів-характеристик.

В якості специфічних функцій, які повинні забезпечувати ГІС-проекти при вирішенні ландшафтно-екологічних проблем гірничопромислових територій, можна виділити наступні: 1) направленість на вирішення конкретних завдань ландшафтно-екологічного аналізу; 2) орієнтація на роботу з об'ємними

трёхвимірними моделями; 3) можливість побудови фізико-географічних карт, планів та розрізів; 4) необхідність співставлення і математичного аналізу природних і техногенних показників. Однак, крім цього, необхідно виконувати і основні, “стандартні” функції геоінформаційних систем: 1) моделювання даних і зображень за тематичними “шарами”, блоками; 2) можливість введення, експорту–імпорту й виводу даних у інші ГІС-паке́ти і на графічну периферію; 3) швидкість опрацювання і простота експлуатації тощо.

На основі перерахованих вимог щодо створення ландшафтно-екологічної інформаційної системи гірничовидобувних регіонів пропонуємо використовувати такі ГІС-паке́ти: *Arc-Info* у комплекті з візуалізатором *ArcView GIS Version 3.2 (ESRI Inc.)* – для проведення ландшафтно-екологічних досліджень локального рівня та *MapInfo Professional 5.0 (MapInfo Corp.)* – при ландшафтно-екологічному аналізі регіонального рівня. Застосування різних ГІС-програм зумовлено різними завданнями, що ставляться перед ландшафтно-екологічними інформаційними системами локального і регіонального рівня.

Основний недолік перерахованих ГІС є слабка реалізація специфічних, властивих тільки гірничовидобувній промисловості, функцій. Перш за все, це неможливість повноцінної реалізації трёхвимірних моделей динамічних, постійно змінних гірничопромислових об’єктів: відвалів, кар’єрів, відстійників, хвостосховищ тощо. Даний недолік лише частково ліквідується засобами мов *AML (Arc-Info)* і *MapBasic (MapInfo)*. Саме тому нарізла необхідність використання інших ГІС-паке́тів: *Minescape*, *CAD Relief*, *Lynx Geosystems* та інших, які зорієнтовані на застосування у ландшафтному моделюванні гірничопромислових територій з метою вирішення їх екологічних проблем.

Ландшафтна структура гірничовидобувних геокомплексів

Масмо всі підстави вважати, що інтенсивний розвиток гірничовидобувної промисловості створює передумови для виникнення нових антропогенних геокомплексів – гірничовидобувних, які формуються на базі териконів, відвалів, кар’єрів, хвосто- і водосховищ, гідровідвалів і відстійників. Дані геокомплекси утворилися відносно недавно. Сьогодні, вони в своїй більшості й надалі активно використовуються людиною. Хоча їхня поява була викликана господарською діяльністю, вони все ж таки є природними територіальними системами, які розвиваються за природними законами. Людина лише створила передумови, дала поштовх їх формуванню.

Гірничовидобувними антропогенними геокомплексами доцільно вважати територіальні “блоки”, що виникли в результаті господарського, перш за все, гірничовидобувного використання гірничопромислових територій. Їх, власне, доцільно називати географічними комплексами, а не природними територіальними комплексами (ПТК), тому що вони часто є неповними, а саме в них відсутні деякі природні компоненти, наприклад рослинний покрив, ґрунти тощо. Основна відмінність їх від антропогенно трансформованих ПТК, які є лише зміненими людиною, полягає у механізмі виникнення [6]. Суть його – у знищенні існуючих до втручання людини ПТК шляхом складування в їхніх межах мас гірських порід, які є основною передумовою ландшафтоутворення. Це призводить до формування на місці старого ПТК – нового гірничовидобувного антропогенного геокомплексу, який відрізняється також структурою, набором і властивостями геокомпонентів, тісністю їхньої взаємодії, характеризується дуже слабкими вертикальними зв’язками тощо.

Відповідно, гірничовидобувними антропогенними геокомплексами є, як правило, тільки географічні територіальні об’єкти, геолого-геоморфологічний фундамент (геологічна будова і рельєф) яких створений людиною. Однак, для формування антропогенних геокомплексів достатньо й незначних змін у рельєфі, якщо вони тягнуть за собою значні зміни у гідрологічному режимі. Якщо ж людина змінила лише один “відомий” компонент (наприклад, рослинність або ґрунти), формуються антропогенні модифікації ПТК. В результаті гірничих розробок різноманітних видів корисних копалин виникають невеликі антропогенні ландшафтні комплекси, частіше за все рангу фації і урочища, набагато рідше – місцевості і ландшафту.

Ландшафтне моделювання гірничовидобувних комплексів.

Розглянемо лише основні особливості технології ландшафтного моделювання гірничовидобувних комплексів. Складність ландшафтної структури цих геокомплексів потребує особливого підходу до створення ландшафтної моделі. Більшість загально відомих геоінформаційних систем не дозволяють повноцінно відтворювати ані форми рельєфу, ані інші природні і антропогенні компоненти гірничовидобувного геокомплексу. В першу чергу, це пов’язано з високою активністю природних і техногенних процесів в їхніх межах.

Зміни в ландшафтній структурі гірничовидобувних комплексів відбуваються практично щодня, тому вся картографічна інформація, яка зібрана під час останньої геодезичної зйомки старіє дуже швидко і вже через

рік є непридатною для використання. Недосконалість картографічних планів різних гірничовидобувних об'єктів потребує проведення спеціальних польових ландшафтно-екологічних досліджень в їхніх межах. Такі дослідження повинні супроводжуватися окомірною і теодолітною зйомкою. Тільки після проведення детальних ландшафтно-екологічних досліджень можливо створення ландшафтної моделі.

Алгоритми ландшафтного моделювання реалізовані в багатьох геоінформаційних системах: *Arc-Info*, *ArcView*, *ArcGIS* (ESRI Inc.); *MapInfo* (MapInfo Corp.); *Idrisi* (Clark Labs); *MicroStation* (Bentley Systems Inc.) та ін. Для оцінки якості побудованої в цих ГІС-пакетах ландшафтної моделі може бути використано, по-перше, візуальне її співставлення, в тому числі порівняння з створеним спеціалістами-геодезистами планом, і, по-друге, аналіз поширення помилок між реальними даними власної окомірної зйомки, прийнятими для обробки, та розрахованим за ними ґридом. При зведенні до відповідних розмірів і форм, достатньо насичених координованими точками, більшість поширених методів моделювання дають практично однаковий результат. Про це свідчить подібність рисунку горизонталей і співпадіння абсолютних висотних відміток.

Але гостро повстає питання про критерії оцінки результатів ландшафтного моделювання гірничовидобувних комплексів. Першим способом оцінки якості такої моделі вважається співставлення реальних та автоматично вирахованих поверхонь при певній виборці точок. Іншим прийомом є порівняння морфометричних параметрів (об'єму, площі, периметру, протяжності тощо), які отримані згідно різних алгоритмів ГІС-програм. Нарешті, критерієм якості моделі може стати адекватність графічного представлення природних і техногенних елементів гірничовидобувного комплексу. Однак, жодна з існуючих геоінформаційних систем не витримує поставлених критеріїв оцінки якості. А якщо до них додати високу динамічність ландшафтної структури гірничовидобувних геоконструкцій, то найпоширеніші ГІС-пакети стають практично непридатними. Всі вони потребують чіткої топографічної основи з ізолініями і відмітками абсолютних висот, а це неможливо в даному випадку.

В сучасній практиці створення ГІС-проектів, ландшафтне моделювання завершується, як правило, побудовою ізоліній та об'ємної трьохвимірної демонстративної моделі. Однак, для вирішення завдань ландшафтно-екологічного картографування цього недостатньо, і в першу чергу тому, що невизначені питання відображення ландшафтної структури. Структурні лінії трьохвимірної проекції служать реальними межами гірничовидобувних геоконструкцій і їхніх компонентів. Виділення лінійних і точкових елементів дискретної ландшафтної моделі є важливою вимогою створення ландшафтно-екологічної інформаційної системи. Разом з тим, підбору ефективних алгоритмів пошуку згинів та пікових точок для опису трьохвимірної моделі недостатньо. Перед усім тому, що крутизна та експозиція схилів (уступів, поверхонь) є середовищеутворювальними факторами.

На сьогодні нам не вдалося ознайомитися зі спеціальними програмами ландшафтного моделювання в гірничовидобувній промисловості, такими як *Minescape*, *CAD Relief*, *Lynx Geosystems*. Однак, вивчаючи технології ландшафтного моделювання гірничовидобувних геоконструкцій була звернута увага на графічну програму *Corel Bryce 5* (Corel Inc.) – оригінальний редактор ландшафтів. Інтерфейс програми є простим, зручним і доступним неосвідченому з ГІС-технологіями користувачу. Цей графічний редактор має можливості анімації любого об'єкту, його структури і змістовного насичення. Перевагою Corel Bryce є зручний механізм створення рельєфу поверхні гірничовидобувного геоконструкції без використання чіткої топографічної основи. Одночасно існує можливість компанування та змішування декількох текстур (геологічних відкладів, ґрунтових і рослинних покривів), що дуже зручно для відображення компонентів ландшафтної структури гірничовидобувних геоконструкцій.

На основі створеної таким чином цифрової моделі рельєфу можливо виконання розрахунків багатьох ландшафтних характеристик. Наприклад, проста в експлуатації триангуляційна модель з успіхом може бути використана для розрахунку кількості прямої та розсіяної сонячної радіації на вегетативний період в межах конкретних гірничовидобувних геоконструкцій. Поєднання морфологічних та інсоляційних параметрів дозволяє моделювати важливі енергетичні властивості геоконструкцій, які є визначальними для оцінки гідрохімічних і біотичних процесів. Побудована модель рельєфу збагачується не тільки межами елементарних геоконструкцій, але й енергетичними параметрами, що дозволяє вирішувати широке коло ландшафтно-екологічних завдань.

Зрозуміло такий графічний редактор як Corel Bryce не зможе замінити потужні геоінформаційні системи типу Arc-Info чи MapInfo, але відтворення і постійне поновлення цифрової моделі рельєфу гірничовидобувного геоконструкції, моделювання різноманітних динамічних процесів (наприклад, ерозійних) йому доступно.

Зрозуміло, такий графічний редактор як Corel Bryce не зможе замінити потужні геоінформаційні системи типу Arc-Info чи MapInfo, але відтворення і постійне поновлення цифрової моделі рельєфу гірничовидобувного геокomплексу, моделювання різноманітних динамічних процесів (наприклад, ерозійних) йому доступно.

Висновки

Загалом, в прикладному плані, геоінформаційний підхід до ландшафтного картографування і моделювання районів розробки корисних копалин слід використовувати з метою розв'язання проблем оптимізації природокористування і охорони навколишнього природного середовища. Використання технологій ландшафтного моделювання дозволяє відкрити нові горизонти в ландшафтно-екологічних дослідженнях гірничопромислових регіонів, у вирішенні складних картографічних і обчислювальних робіт, довести результати науковців широкому загалу людей на Україні.

Застосування технологій ландшафтного моделювання в гірничовидобувній промисловості потребує створення ландшафтно-екологічної інформаційної системи цілого району розробки корисних копалин з прив'язкою до неї ландшафтних моделей конкретних гірничовидобувних геокomплексів. З метою ландшафтного моделювання гірничовидобувних геокomплексів можливе використання таких геоінформаційних програм як *Minescape*, *CAD Relief*, *Lynx Geosystems* та інших трьохвимірних графічних редакторів, наприклад *Corel Bryce*. Однак, залишається доцільним застосування поширених геоінформаційних систем *Arc-Info*, *ArcView*, *MapInfo*, *Idrisi*, *MicroStation* тощо. Кожна з цих програм має свої переваги і недоліки, тому в багатьох випадках важливим є використання декількох різних геоінформаційних програм з метою створення дієвої ландшафтно-екологічної інформаційної системи конкретного гірничопромислового регіону України.

Література

1. Адаменко О.М., Рудько Г.И. Основы экологической геологии (на примере экзодинамических процессов Карпатского региона Украины). – К., 1995. – 211 с.
2. Гродзинський М.Д. Основы ландшафтной экологии. – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
3. Давыдчук В.С. Создание геоинформационных систем для решения ландшафтных задач // Современные проблемы физической географии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – С. 73–83.
4. Давыдчук В.С., Линник В.Г. Ландшафтный подход к организации геоинформационных систем // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтоведения: Тез. докл. – Л., 1988. – С. 53–54.
5. Давыдчук В.С., Линник В.Г. Ландшафтный блок геоинформационной системы // Весн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 1989. – №5. – С. 25–32.
6. Іванов Є.А. Еколого-ландшафтознавчий аналіз гірничопромислових територій (на прикладі Львівської області). – Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Львів: В-во Львів. у-ту, 2001. – 20 с.
7. Ковальчук І.П., Рудько Г.І. Геоекологічний аналіз гірничопромислових систем Західноукраїнського пограниччя // Географ. проблеми західного пограниччя України / Вісн. Львів. ун-ту. – 1997. – Вип.20. – С. 8–16.
8. Круглов І.С. Міська ландшафтно-екологічна інформаційна система // Укр. геогр. журнал. – 1997. – №3. – С. 41–47.
9. Ласточкин А.Н. Геоэкология ландшафта. – СПб: Изд-во СПбГУ, 1995. – 277 с.
10. Линник В.Г. Построение геоинформационных систем в физической географии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 80 с.
11. Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження. – Львів, 1999. – 286 с.
12. Рудько Г.І. Геоекологічний аналіз гірничо-промислових природно-техногенних систем Західної України та проблеми їх оптимізації // Геоекологічні дослідження екосистем України. – К.: Манускрипт, 1996. – 124 с.
13. Светличный А.А., Андерсон В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.
14. Forman R.T.T., Gordon M. Landscape Ecology. – New York, 1986. – 619 p.
15. Navel E., Lieberman A.S. Landscape Ecology. Theory and Application. – New York–Berlin–Heidelberg–Tokyo, 1984. – 356 p.