

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.494:004.942

М.Е. Башинська, аспір.

С.І. Башинський, аспір.

С.С. Іськов, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ ЯКІСНИХ ТА КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ  
ЗЛОБИЦЬКОГО РОДОВИЩА ІЛЬМЕНІТУ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЙ

*Проведено обґрунтування використання геоінформаційних систем (ГІС) технологій з метою визначення географічного розміщення розсипних корисних копалин та характеристики їх динаміки в просторі. Виконано обробку геофізичних даних Злобицького родовища з подальшим визначенням концентрації ільменіту в будь-якій частині розвіданого родовища.*

**Вступ.** Одним із шляхів зменшення собівартості продукції і підвищення її якості є багатофакторне планування й автоматизоване керування процесом видобування корисної копалини, що враховує просторовий розподіл його якісних та кількісних властивостей. Для реалізації цього завдання використовують комп'ютерне моделювання родовищ і технології їх розробки. На Україні, з її багатими мінеральними ресурсами, завдання підвищення ефективності гірничого виробництва є надзвичайно необхідним й актуальним.

Рівень ефективності геологорозвідувальних та гірничих робіт визначається, насамперед, рівнем досконалості й впровадження у виробництво новітніх комп'ютерних технологій, здатних комплексно обробляти та здійснювати аналіз великих обсягів геофізичних даних. Серед цих технологій одне з перших місць за важливістю посідають технології об'ємного моделювання родовищ, що дозволяють вирішувати широке коло геологічних та гірничих завдань. Впровадження цих технологій відбувається зростаючими темпами як на Заході, так і в Україні.

Це відбувається з декількох причин: формування об'ємних комп'ютерних геологічних моделей дозволяє значно підвищити ступінь вилучення корисної інформації з наявних даних; тривимірні моделі в геології більше підходять для інтеграції різних типів геоданих і забезпечують краще їх представлення, порівняно з плоскими моделями; об'ємне моделювання дозволяє підвищити ефективність досліджень на всіх етапах геологорозвідувального процесу, а рішення деяких завдань можливо тільки при тривимірному моделюванні; велике значення має зростання графічних можливостей обчислювальної техніки.

**Актуальність питання.** В сучасному світі все більше підприємств, зайнятих у галузі геологічної розвідки та інженерно-геологічних вишукувань, використовують у своїй роботі спеціальні програмні засоби та інформаційні системи. Використання подібних систем дозволяє значно прискорити процес обробки й аналізу інформації. Такі системи дозволяють автоматизувати процеси обробки й інтерпретації даних геологорозвідки, а також використовувати їх для моделювання родовищ і виконання будь-яких розрахунків і оцінок. Злобицьке розсипне родовище ільменітів наразі готується до відпрацювання. Родовище характеризується досить неоднорідним розповсюдженням корисної копалини, про що свідчать дані геологорозвідки. Побудова об'ємних моделей по даному родовищу дозволить будувати розрізи в довільному місці й отримувати якісні характеристики досліджуваної ділянки не зважаючи на неоднорідність вмісту ільменіту.

**Метою** дослідження є вивчення особливостей побудови тривимірних цифрових геологічних моделей для гірничо-геологічної оцінки розсипних родовищ. На дану тематику було проведено значну кількість досліджень. Наприклад, Б.Е. Собком проведено дослідження неоднорідності розповсюдження мінералів по фронту проведення гірничих робіт на кар'єрах по видобутку розсипів [1]. Було виконано розробку теоретичних та алгоритмічних засад комп'ютерної технології об'ємного моделювання рудних покладів С.Л. Нікулінін [2], проф. А.А. Шоломицьким проведено класифікацію об'єктів відкритих розробок, створення структури їх цифрової моделі з використанням об'єктно-орієнтованого проектування [3].

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Ефективність гірничих робіт, особливо на підприємствах, що розробляють розсипні родовища, залежить від повноти виконання геологічних даних про родовище корисних копалин. Основу цих даних складають відомості про масив розкритих порід, просторове розміщення і розподіл корисної копалини в межах кар'єрного поля, гідрогеологічні умови залягання руд, можливості видобування і транспортування на гірничопереробні підприємства. Тільки найбільш повний оперативний аналіз геологічних даних дозволяє досягти максимальної економічної ефективності гірничого виробництва при мінімальних втратах мінеральної сировини. В зв'язку з цим

аналіз особливостей побудови тривимірних цифрових геологічних моделей для оцінки геологічних даних розсіпних родовищ є сучасним й актуальним завданням.

Коректно проведена геолого-економічна оцінка виявлених та перспективних покладів, прогнозних ресурсів, ліцензійних ділянок у цілому на основі об'єктивної вихідної інформації дає можливість вирішити такі питання:

- показати доцільність проведення пошуково-розвідувальних робіт та залучення об'єктів до експлуатації за наявних економічних умов;
- визначити найбільш перспективні напрямки геологорозвідувальних робіт та черговість освоєння об'єктів, що забезпечує максимальні показники кінцевої економічної ефективності;
- визначити орієнтовні обсяги геологорозвідувальних робіт для підготовки об'єктів до розробки, а також обсяги фінансів, що необхідні для освоєння;
- оцінити вартість запасів та ресурсів сировини на кожному з об'єктів, що відображає їхню об'єктивну цінність для підприємства та держави.

Враховуючи великий вплив параметрів, що характеризують стан, будову і склад району родовища, на всі подальші процеси ведення гірничих робіт, починаючи з проектування розкриття і вибору системи розробки, можемо зробити висновок про важливість одержання достовірної попередньої інформації про ці характеристики району та їх відображення на відповідних планах, картах, діаграмах, графіках і таблицях.

Вибір способу розробки родовища, обґрунтування основних технологічних параметрів і встановлення раціональних характеристик технологічного комплексу для видобування ільменітових покладів переважно ґрунтуються на інформації про їх географічне розташування та геологічну будову. Кількісні та якісні показники повинні забезпечувати достовірну інформацію про географічне розміщення корисної копалини та характеризувати її динаміку в просторі родовища, а вибрані методи дослідження за допомогою простих операцій забезпечувати можливість отримання моделі родовища або окремих його технологічних ділянок. Отже одним з поширених та головних завдань, яке необхідно вирішувати при проведенні інженерно-геологічних досліджень і в процесі геометризації родовищ є аналіз їх географічного розташування з урахуванням геометричних характеристик тіл.

Одним з ефективних сучасних інструментів дослідження та геометризації основних параметрів розсіпних родовищ є ГІС (геоінформаційні системи). З погляду ГІС задача аналізу залягання ільменіту – це вивчення закономірностей розподілу точкових об'єктів (їх положення, густина) на площі родовища.

Геоінформаційні системи інтегрують технології роботи з базами даних, процедури математичного аналізу і методи образно-картографічного представлення результатів стосовно задач накопичення, обробки і представлення різноманітної просторово-розподіленої інформації. ГІС є закономірним розширенням баз даних, доповнюючи їх наочним представленням інформації і можливістю вирішувати завдання просторового аналізу.

Найважливішою особливістю ГІС є здатність пов'язувати картографічні об'єкти (тобто об'єкти, що мають форму і місце розташування) з описовою, атрибутивною інформацією, що відноситься до цих об'єктів та описує їх властивості. Тобто, кожному картографічному об'єкту ставиться у відповідність рядок таблиці (запис у базі даних) з атрибутивною інформацією, що і визначає основні функціональні можливості ГІС.

Головна ідея ГІС – дати користувачу максимально ефективний апарат для аналізу і синтезу всіх можливих типів територіально-орієнтованої інформації.

На рівні настільної ГІС, як засобу аналізу просторових даних, може бути використано програмне забезпечення SURFER 8.00.

Для формування тривимірної моделі родовища корисних копалин використовують декілька методів. Одним із найпоширеніших методів побудови геологічної структури родовища є просторове моделювання за даними опробування розвідувальних свердловин з можливістю уточнення параметрів поширення покладів, за результатами геофізичних досліджень (сейсмічні, магнітні, електромагнітні та ін.).

При формуванні тривимірних моделей родовищ використовують різні методи, залежно від структури і виду корисної копалини.

Моделювання може виконуватись за допомогою різноманітних моделей даних: каркасна, блочна і сіткова. Каркасна модель передбачає, що тривимірний об'єкт задається його межами. Межа тіла є багатогранником (суцільним або замкненим каркасом), що складається з вершин, ребер і граней.

Побудова сіткової функції – це процес визначення значень інтерполяційної функції в точках регуляторної сітки за значенням хаотично розташованих експериментальних точок даних (спостережень). Інтерполяційні схеми, що реалізовані в програмі, оцінюють значення досліджуваної поверхні в точках, де відсутні експериментальні дані, на основі наявної множини вихідних точок. Побудовану сіткову функцію використовують для генерації карт ізоліній і графіків поверхонь.

Для побудови тривимірної геологічної моделі Злобиського розсіпного родовища ільменітів були опрацьовані результати вимірювань і описано більше ніж 750 розвідувальних свердловин, що

знаходяться в межах рудного покладу і утворюють 38 розвідувальних ліній. Загальна база числових даних склала більше 8 тис. значень. Об'ємне тривимірне моделювання дозволяє наочно зобразити рудний поклад, що, в свою чергу, сприяє найбільш повному представленню геологічної будови рудного тіла.



Рис. 1. Графік коливання вмісту ільменіту в рудному покладі за даними розвідувальних свердловин (розвідувальна лінія № 84)



Рис. 2. Графік коливання вмісту ільменіту в рудному покладі за даними розвідувальних свердловин (розвідувальна лінія № 81)

Дані дослідження показали досить велику мінливість вмісту по площі, що потребує отримання інформації про розподіл мінералу по фронті гірничих робіт. Ці значення дозволяють проводити гірничі роботи з можливістю усереднення, з метою подачі на збагачувальну фабрику руди необхідної якості. За результатами графоаналітичного опрацювання геологічних моделей Злобицького родовища побудовано графіки вмісту ільменіту вздовж всіх геологорозвідувальних ліній. Наприклад, дані по 81 і 84 лініях представлено на рисунках 1 і 2.

Аналіз діаграм дозволяє зробити висновки про нерівномірність розподілу вмісту ільменіту по фронті гірничих робіт. Значні коливання цієї величини дозволяють визначити зони підвищеної мінералізації корисної копалини. Виявлені закономірності в поширенні ільменіту можуть бути використані для типізації ділянок розсіпів при техніко-економічній оцінці якості рудної сировини.

За допомогою програми SURFER 8.00 створюємо карти ізоліній і графіки поверхонь за значеннями даних у вузлах сітки на основі постійного сіткового масиву значень, який створюється в результаті інтерполяції вихідних даних.

На рисунку 3 представлено зведений план потужності пласта та вмісту ільменіту за даними розвідувальних ліній по Злобицькому родовищу. За даними ізоліній ми можемо визначити концентрацію ільменіту в будь-якій частині розвіданого родовища.

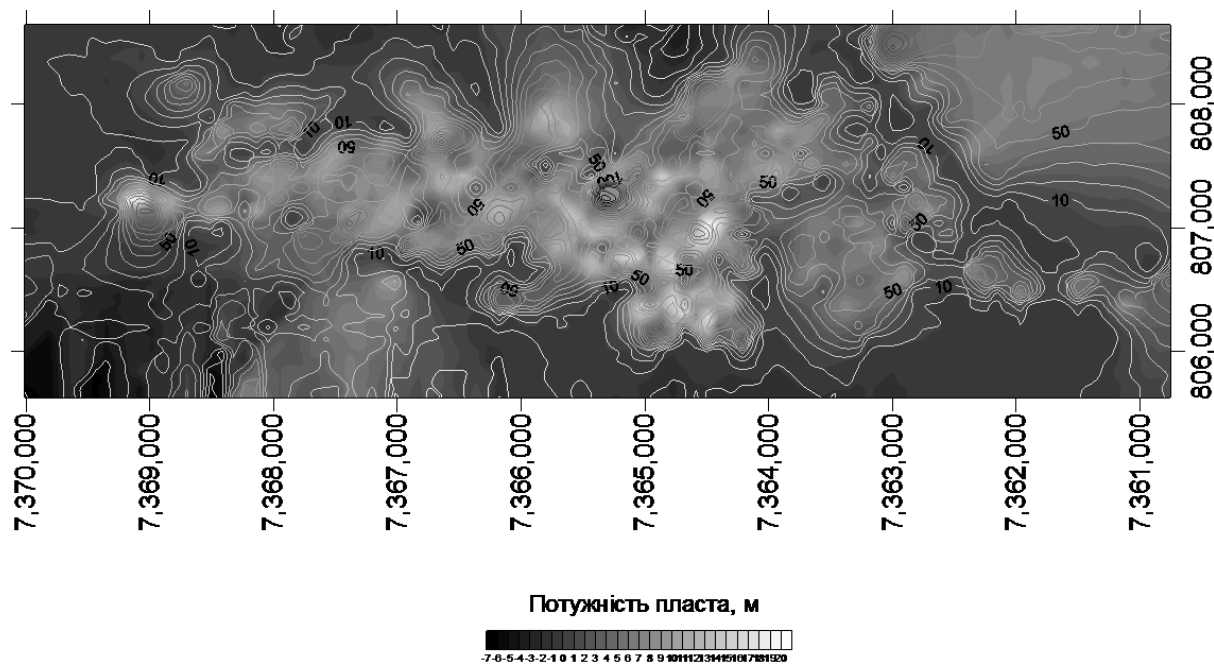


Рис. 3. Зведений план потужності пласта та вмісту ільменіту

Використовуючи дані розвідувальних свердловин будуємо сіткову функцію за методом ступеня оберненої відстані (Inverse Distance to a Power). Цей метод базується на визначенні коефіцієнтів, за допомогою яких визначаємо вагомість значень в точках спостереження при побудові інтерполяційної функції. Вага, присвоєна окремій точці при визначенні вузла сітки, пропорційна заданому ступеню оберненої відстані від точки спостереження до вузла сітки. При визначенні інтерполяційної функції в будь-якому вузлі сітки сума всіх присвоєних значень рівна одиниці, а ваговий коефіцієнт кожної експериментальної точки є часткою цієї одиничної ваги. Якщо точка спостереження співпадає з вузлом сітки, то ваговий коефіцієнт цієї точки визначається рівним одиниці, а всім іншим спостережним точкам присвоюється нульова вага. Іншими словами, в цьому випадку, вузлу сітки надається значення відповідного спостереження і, внаслідок цього, даний метод працює як точний інтерполятор.

Маючи значення потужності пласта та вмісту ільменіту по розвідувальним свердловинам визначимо добуток цих двох величин по кожній розвідувальній свердловині по фронту робіт. Виконавши інтерполяцію отриманих значень за допомогою програмного продукту SURFER 8.00 отримуємо об'ємну модель цієї величини (рис. 4).

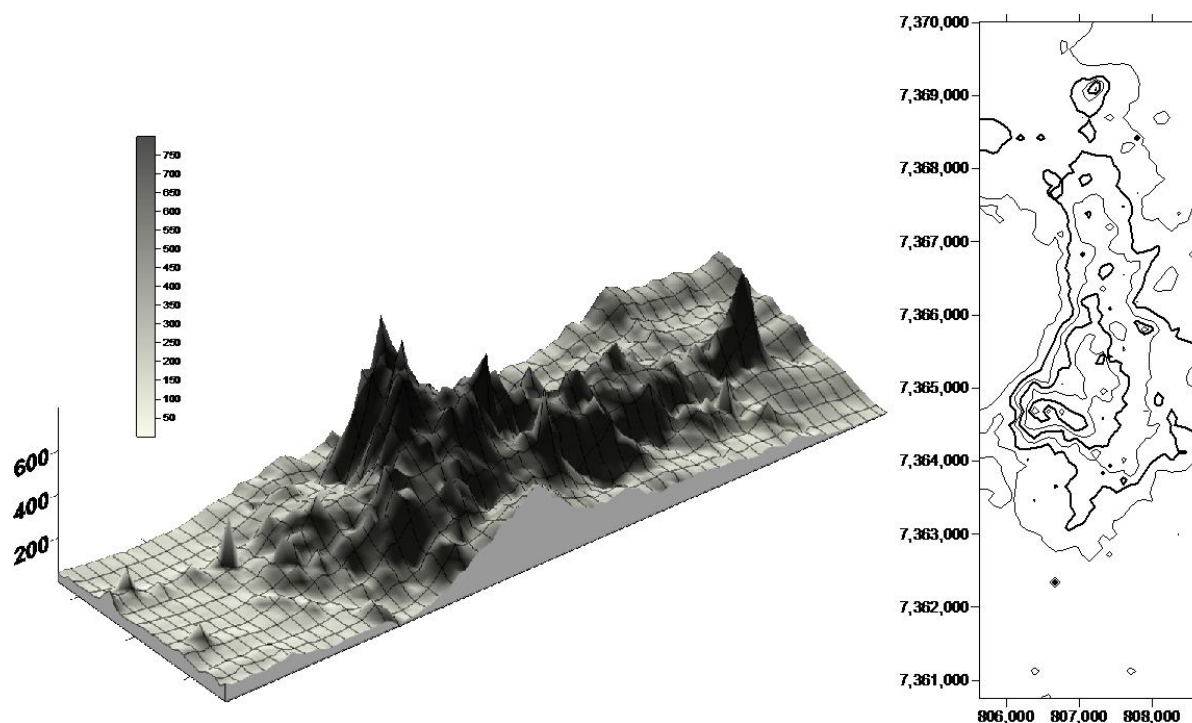


Рис. 4. Об'ємна модель добутку потужності пласта на вміст ільменіту

Поверхню, отриману множенням потужності пласта на вміст ільменіту, можна використовувати для вибору оптимальної схеми відпрацювання даного родовища. За допомогою побудованої тривимірної моделі можна визначити концентрацію ільменіту на  $1 \text{ м}^2$  в будь-якій частині родовища і визначити ділянки з найбільшою та найменшою концентрацією корисної копалини, а отже і забезпечити усереднення руди з метою подачі на збагачувальну фабрику руди необхідної якості.

**Висновки.** Підвищення ефективності роботи гірничовидобувних підприємств в умовах ринкової економіки, підвищення виробничої і фінансової діяльності вимагає розробки, освоєння і впровадження сучасних інформаційних технологій, що дозволяють комплексно представити гірничо-геологічну інформацію на основі геологічних моделей родовища і цифрових планів рельєфу місцевості, автоматизувати підрахунок запасів і календарне планування гірничих робіт. Моделювання родовищ за допомогою ГІС, прогнозування розміщення показників на сусідніх ділянках слугують основою для оптимального розв'язку задач комплексного дослідження й освоєння надр з урахуванням геологічних, технологічних і економічних факторів. Виконавши обробку даних по Злобицькому родовищу і побудувавши об'ємну модель можемо досягти максимальної економічної ефективності гірничого виробництва при мінімальних втратах мінеральної сировини.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Собко Б.Е. Исследование горизонтальной и вертикальной неоднородности распространения минералов россыпей по фронту ведения горных работ на карьерах / Б.Е. Собко // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 3.
2. Нікулін С.Л. Об'ємне комп'ютерне моделювання складних рудних покладів за комплексом геолого-геофізичних даних : автореф. дис. ... канд. геол. наук : спец. 04.00.22 «Геофізика»/ С.Л. Нікулін. – Дніпропетровськ, 2002. – 23 с.
3. Шоломицький А.А. Наукові основи об'ємного моделювання і маркшейдерського інформаційного забезпечення відкритих гірничих робіт : автореф. дис. ... докт. техн. наук : спец. 05.15.01 «Маркшейдерія» / А.А. Шоломицький. – Донецьк, 2006. – 35 с.
4. Метод степени обратного расстояния (Inverse Distance to a Power) [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <http://helpsite.narod.ru/gis/winsurfhelp/26.htm>.

БАШИНЬСКА Марія Едуардівна – аспірант кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- гірництво.

БАШИНСЬКИЙ Сергій Іванович – аспірант кафедри геотехнологій ім. М.Т. Бакка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- каменевидобування;
- фізичні процеси в гірництві;
- комп’ютерні технології.

ІСЬКОВ Сергій Станіславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- розвідка та оцінка родовищ природного каменю;
- маркшейдерія.

Подано 21.10.2011

