

СИСТЕМА ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ РОЗВІДКИ І ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

© Г.І. Рудько¹, В.М. Назаренко², М.В. Назаренко³, С.А. Хоменко³, 2010

¹Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

²Криворізький технічний університет, Кривий Ріг, Україна

³“КРИВБАСАКАДЕМІНВЕСТ”, Кривий Ріг, Україна

The article examines the usage of GIS K-MINE in statistical manipulation, analysis and interpretation of the geological data, 3D modeling of the deposits of different types. The common structure is shown, the sequence is defined and the description of separate processes for the complete scheme of the creating of 3D models of the deposits is made.

Keywords: geoinformation System, GIS, K-MINE, database, 3D geological models, mesh modeling, block modeling, variographic, geostatistic analysis.

У наш час стрімкого зростання потоків інформації дедалі актуальнішим стає питання її прискореної обробки та аналізу. Все більша частина підприємств, які вирішують питання геологічної розвідки, використовує у роботі спеціальні програмні засоби та інформаційні системи. На вітчизняному ринку представлено низку інформаційних систем, які дають змогу автоматизувати процеси обробки та інтерпретації даних геологічної розвідки і на базі цих даних виконувати моделювання родовищ для їх використання в подальшій роботі.

У статті висвітлені питання використання геоінформаційної системи (ГІС) K-MINE саме в задачах обробки та інтерпретації геологічних даних, а також тривимірного моделювання родовищ корисних копалин різного типу.

Для формування тривимірних моделей родовищ корисних копалин використовують різні методи. Із відомих методів побудови геологічної структури родовищ в системі K-MINE реалізовано спосіб просторового моделювання за даними випробування розвідувальних свердловин з можливістю уточнення параметрів розміщення покладів за результатами геофізичних досліджень (сейсмічних, магнітних, електромагнітних тощо) [1, 3]. Існує велика кількість систем для формування геологічних моделей родовищ і підрахунку запасів. Як правило, моделі, які створюють за допомогою таких систем, призначені насамперед для оцінки та підрахунку запасів. Після проведення оцінки зазначені моделі стають непридатними для їх подальшого використання експлуатаційними службами підприємств. Головною відмінною моделей, створених за допомогою ГІС K-MINE, є їх по-

дальше використання та уточнення за результатами відпрацювання родовища.

Процес створення тривимірних моделей достатньо трудомісткий і залежно від специфіки об'єкта моделювання може дещо змінюватися (вид корисної копалини, складність геологічної будови, щільність мережі випробування, характер залягання тощо).

Загальна структура процесу створення тривимірної геологічної моделі з використанням геоінформаційних систем показана на рис. 1.

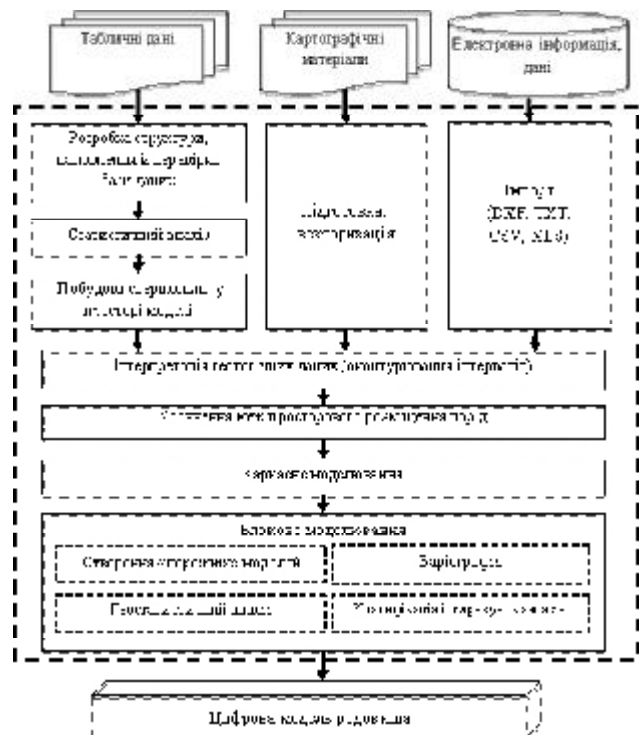


Рис. 1. Схема формування цифрових моделей родовищ з використанням ГІС K-MINE

Як правило, процес створення моделі складається з таких етапів:

- розробка структури бази даних для збереження інформації за даними розвідки;
- наповнення бази даних інформацією геологічного опробування;
- статистичний аналіз даних, виправлення помилок, групування інтервалів, перевірка бази;
- побудова свердловин у просторі моделі, групування за профілями;
- виділення й оконтурення рудних і нерудних інтервалів за профілями або групами (інтерпретація геологічних даних);
- уточнення меж просторового розміщення порід, а також тектонічних порушень за даними геофізичних випробувань;
- каркасне моделювання родовищ;
- створення пустих блокових моделей;
- геостатистичний аналіз, варіографія, визначення законів просторової змінюваності геологічних характеристик компонентів у родовищі;
- моделювання вмісту компонентів математичними методами: найближчого сусіда (полігональний метод), зворотних відстаней у ступені (IZW), крайгінгу (з модифікаціями);
- уточнення контурів поширення порід родовища за заданими кондиціями.

Для родовищ, які вже експлуатують, етапність моделювання може дещо змінюватися. Для таких родовищ створений та ведеться набір графічної документації (плани, планшети, розрізи) про контури поширення порід родовища, уточнених за результатами експлуатаційної розвідки та випро-

бування. Тому для уточнення геометрії надр здебільшого використовують уже готові графічні дані. На етапі підготовки даних для моделювання враховують імовірність зміни контурів поширення різновидів на межі між поточним контуром відпрацювання родовища і залишками запасів у контурах підрахунку запасів або кінцевих контурах відпрацювання родовища.

Вивчення методичних аспектів буріння свердловин, методики та якості випробування слід розглядати до початку виконання моделювання родовища та інтерпретації геологічних даних. Похибки під час оцінки родовищ формуються із систематичної помилки під час випробування та неточності прив'язування проб у просторі. На етапі моделювання неможливо виправити неточні дані. Тому перед початком моделювання родовищ необхідно проаналізувати базу даних геологічного випробування: перевірка наявності репрезентативних проб керна; зменшення ефекту систематичної похибки внаслідок використання лінійної регресії та поправкових коефіцієнтів для проб з різним вмістом компонента; даних еталонних аналізів тощо (рис. 2). Виконання подібних заходів дасть змогу підвищити точність створюваних моделей.

Для роботи з даними геологічного випробування передбачено комплекс процедур. Для нагромадження геологічних даних використовують центральну базу (рис. 3). Доступ до даних відбувається за технологією клієнт–сервер. Це дає змогу розподілити роботи зі створення, наповнення та аналізу даних між кількома операторами.

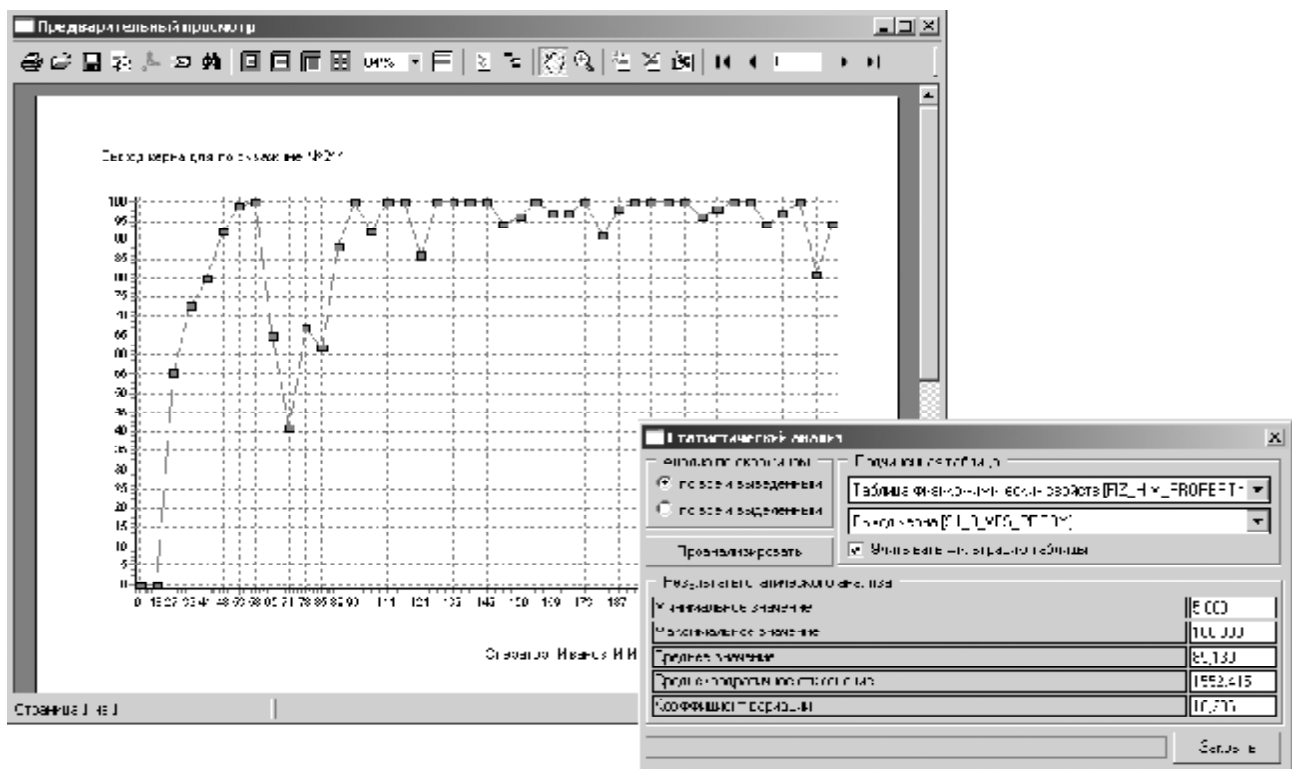


Рис. 2. Аналіз виходу керна свердловини для виявлення репрезентативності проб

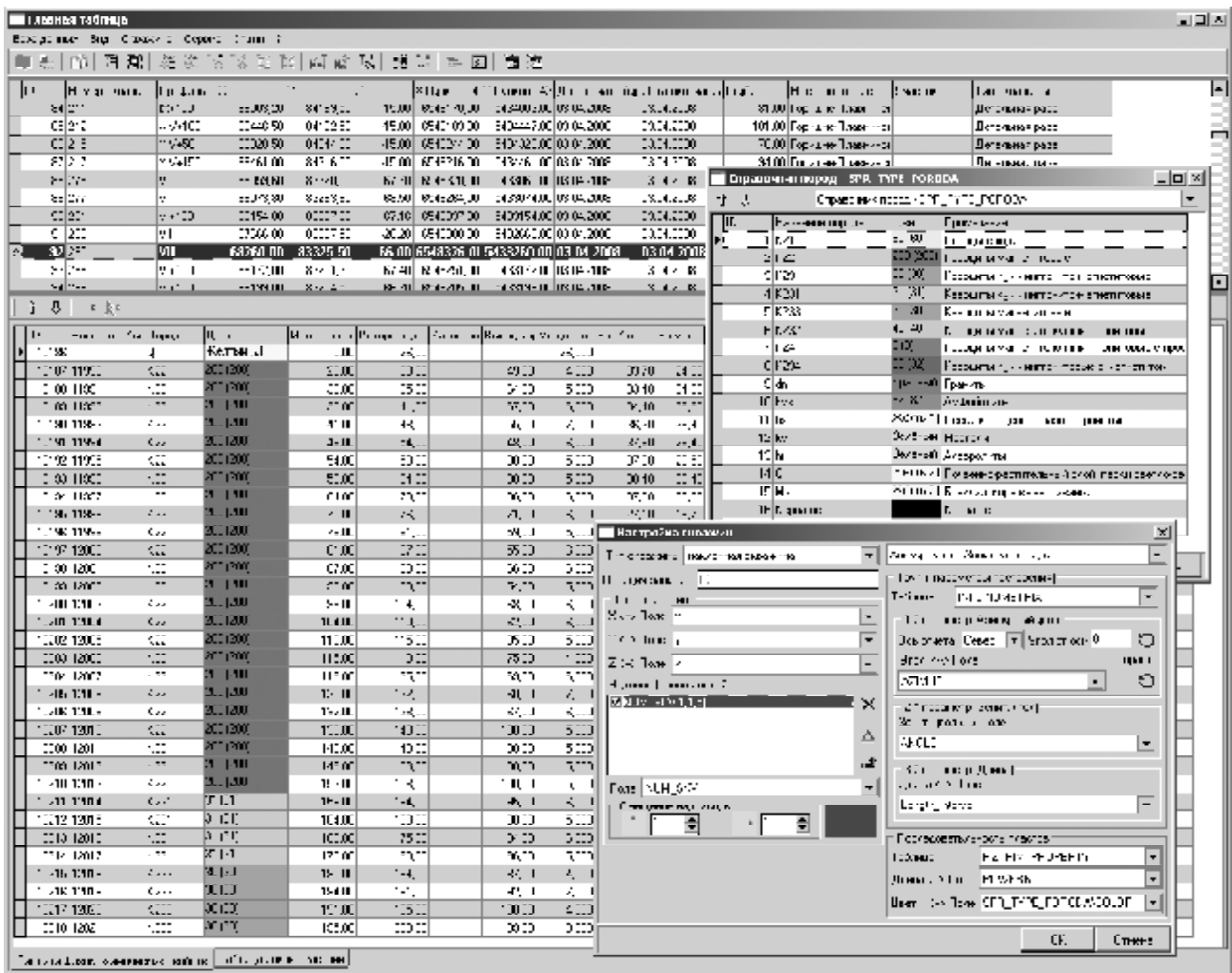


Рис. 3. Центральна база даних геологічного дослідження свердловин

Однією з основних властивостей бази даних є інструментарій для усереднення інтервалів первинного геологічного дослідження (на базі визначених показників кондицій). База даних містить засоби структурної фільтрації, тригерів, обчислювальних полів, статистичного та регресійного аналізів, побудови графіків. За допомогою апарату математичної статистики визначають правильність початкових даних, перевіряють наявність змішаних популяцій вмісту, виявляють ураганні значення, значення бортового вмісту, а також встановлюють закономірності розподілу вмісту для оцінки можливості використання різних методів інтерполяції значень розподілу в просторі.

Для виконання інтерпретації геологічних даних використовують стратиграфічні та літологічні індекси порід, дані випробування. Оконтурювання геологічних формацій виконують за літологічними кодами, а зон мінералізації – за значеннями бортового вмісту. В результаті інтерпретації створюють замкнені контури, що описують мінеральні різновиди та породи (рис. 4).

Аналогічно виконують оконтурювання рудних тіл за усіма геологічними профілями. Після

здійснення інтерпретації її завантажують у тривимірне середовище для перевірки правильності ув'язки (рис. 5).

Наступний етап моделювання родовищ – створення каркасних моделей. Формування каркасів виконують для рудних тіл, а також за потреби для мінеральних різновидів у контурах рудних тіл. Під час моделювання каркасів застосовують різні алгоритми зв'язування граней [2], обмеження поширення каркасів для ділянок з різною конфігурацією. Результатом роботи є сукупність замкнених каркасів (рис. 6). Після створення всі каркаси детально перевіряють, що забезпечує правильність триангуляції та відсутність помилок у моделях.

Якщо класичний статистичний аналіз дає чітко окреслені популяції та закон розподілу близький до нормального або зі зміщенням, для моделювання різних геологічних величин у просторі моделі, обмеженому каркасами, застосовують геостатистичний аналіз.

Система має інструментарій для виконання геостатистичного аналізу, що включає побудову і моделювання варіограм (різно- та односпрямованих). Послідовність дій для створення варіограм

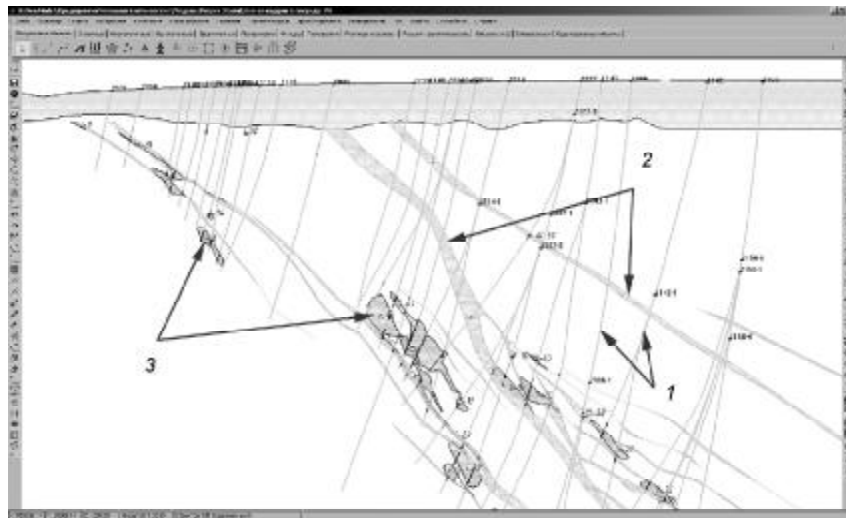


Рис. 4. Інтерпретація рудних тіл за даними детальної розвідки: 1 – свердловини детальної розвідки; 2 – тектонічні порушення; 3 – контури рудних тіл

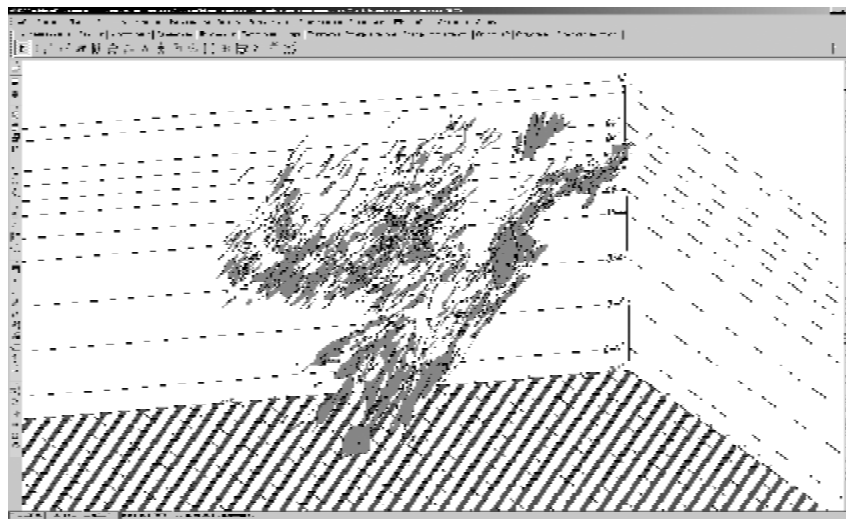


Рис. 5. Інтерпретація рудних тіл за профільними лініями

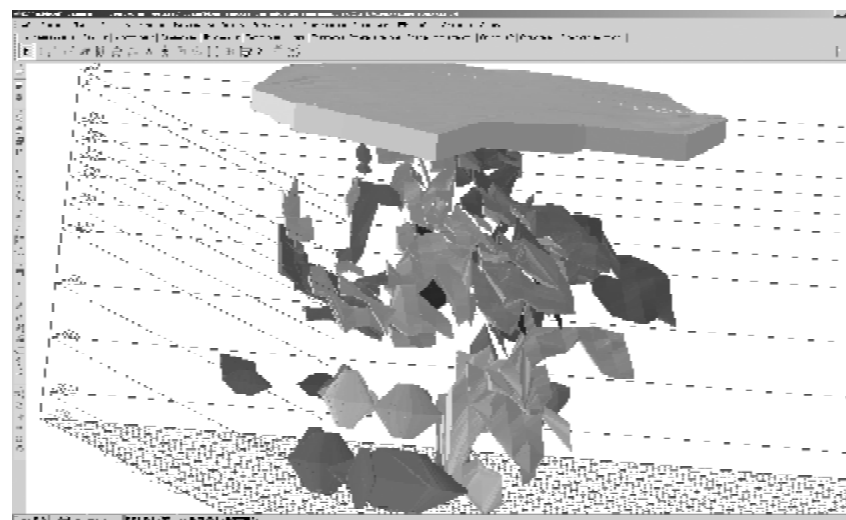


Рис. 6. Результат каркасного моделювання родовища

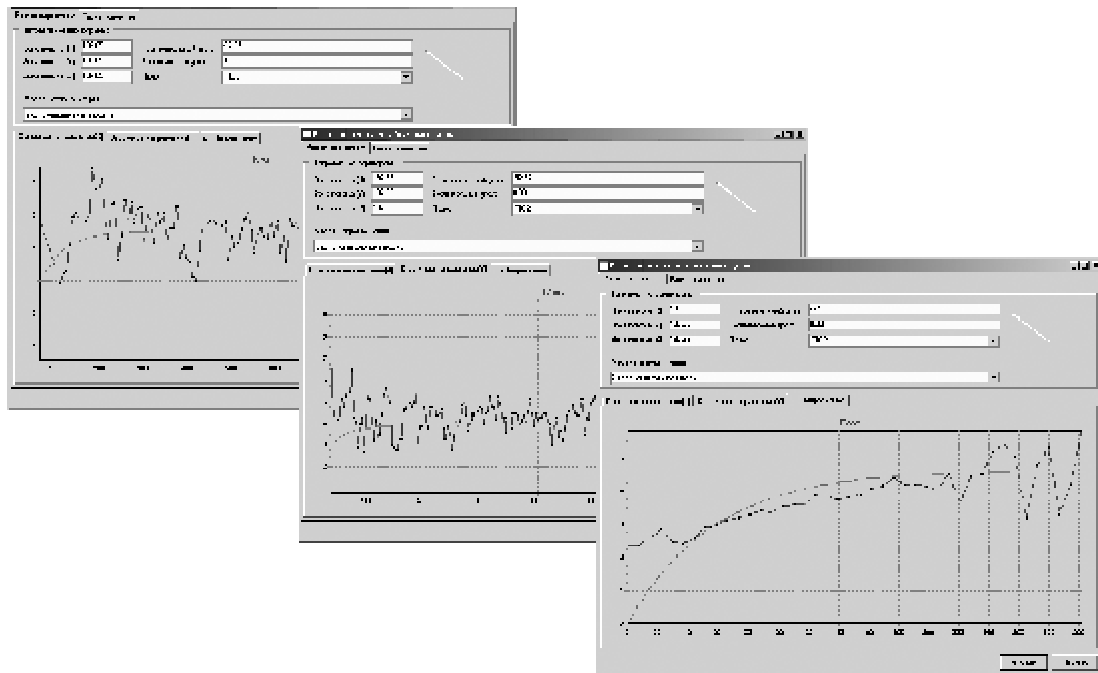


Рис. 7. Побудова варіограм для визначення просторової анізотропії мінералізації

класична. Спочатку будують різноспрямовану варіограму. На її базі будують розу односпрямованих варіограм, з якої, в свою чергу, визначають напрямок максимальної безперервності. Будують розу вертикальних варіограм у площині максимальної безперервності для визначення кута її падіння. Після цього визначають кути та азимуту падіння основних осей просторової анізотропії мінералізації (рис. 7).

За даними варіограм для кожного напрямку за визначеною моделлю (лінійна, експоненційна, логарифмічна або сферична) формують відповідні моделі інтерполяції (ефект самородків, пороги та інтервали впливу для кожної структури).

Останнім кроком для створення моделей родовищ корисних копалин є блокове моделювання. Цей процес полягає у створенні пустих блокових моделей, обмежених каркасами, інтерполяції

значень вмісту компонентів на базі визначеного закону розподілу та уточненні контурів порід за визначеними кондиціями.

Для моделювання розподілу враховують велику кількість факторів: змінність геологічних характеристик, структуру та морфологію родовища, щільність та рівномірність розвідувальної мережі. Відповідно до цього, використовують різні методи: полігональний, зворотних відстаней в ступені або крайгінгу (звичайний, індикативний, полііндикативний). Після формування блокової структури коригують його каркасну модель виключенням зон з некондиційними породами (рис. 8).

Тривимірна модель родовища надалі може бути використана для підрахунку запасів родовища або його ділянки, геолого-економічної оцінки родовища, завдань календарного планування та

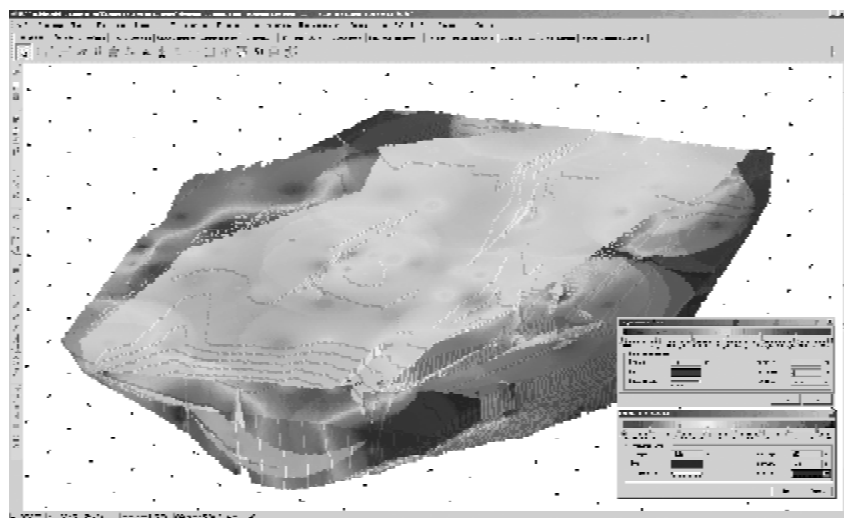


Рис. 8. Блокова якісна модель родовища для різних видів корисного компонента

визначення економічно доцільних контурів відпрацювання (кар'єрів, шахтних полів тощо).

Застосування ГІС у задачах обробки та аналізу даних геологічної розвідки і створення на їх базі цифрових моделей родовищ дає змогу значно прискорити процеси моделювання, зменшити інформаційне навантаження на працівників, підвищити точність і якість виконання робіт за допомогою сучасних математичних методів. ГІС K-MINE апробована і впроваджена на великій кількості підприємств гірничого профілю, що використовують для своєї роботи комп'ютерні моделі.

Перспективними напрямками подальшого розвитку ГІС K-MINE є удосконалення апарату каркасного моделювання для рудних тіл і мінеральних різновидів, обробка та інтерпретація даних

геофізичних випробувань, обробка даних дистанційного зондування, пошук і моделювання аномалій, а також інтеграція в систему модуля вирішення стаціонарних і нестаціонарних фільтраційних та міграційних задач у динамічному середовищі.

1. *Давид М.* Геостатистические методы при оценке запасов руд: Пер. с англ. — Л.: Недра, 1980. — 360 с.
2. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р.* Алгоритмы: Построение и анализ. — М.: МЦНМО, 2001. — 960 с.
3. *Groshong R.H., Jr.* 3D structural geology: a practical guide to surface and subsurface map interpretation. — Berlin: Springer-Verlag, 1999. — 324 p.

Надійшла до редакції 05.03.2009 р.

Г.І. Рудько, В.М. Назаренко, М.В. Назаренко, С.А. Хоменко

СИСТЕМА ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ РОЗВІДКИ І ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Розглянуто питання використання геоінформаційної системи K-MINE у задачах статистичної обробки, аналізу та інтерпретації геологічних даних, моделювання родовищ різного генетичного типу. Наведено загальну структуру, визначено послідовність та описано окремі процеси для повної схеми створення тривимірних моделей родовищ корисних копалин.

Ключові слова: геоінформаційна система, ГІС, K-MINE, база даних, тривимірні геологічні моделі, каркасне моделювання, блокове моделювання, варіографія, геостатистичний аналіз.

Г.И. Рудько, В.М. Назаренко, М.В. Назаренко, С.А. Хоменко

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рассмотрены вопросы использования геоинформационной системы K-MINE в задачах статистической обработки, анализа и интерпретации геологических данных, моделирование месторождений различного генетического типа. Приведена общая структура, определена последовательность и выполнено описание отдельных процессов для полной схемы создания трехмерных моделей месторождений полезных ископаемых.

Ключевые слова: геоинформационная система, ГИС, K-MINE, база данных, трехмерные геологические модели, каркасное моделирование, блочное моделирование, вариография, геостатистический анализ.