



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"
Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

УДК 553.048:004.942

**ОСНОВНІ ЕТАПИ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НА ПРИКЛАДІ
ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА ЛІТІЄВИХ РУД**

Баряцька Н.В.¹, д. геол. н., с. наук. с., BariatskaN@gmail.com,

Гейченко М.В.², к. геол. н., geich@ukr.net,

Сафронова Н.Г.¹, Isanige80@gmail.com,

м. Київ, Україна

Розглянуто ключові аспекти моделювання родовищ твердих корисних копалин з метою використання таких моделей для оцінки ресурсів та геолого-економічної оцінки родовищ (prefeasibility, feasibility study) на прикладі Шевченківського родовища.

**MAIN STAGES OF THE THREE-DIMENSIONAL MODELING ORE
DEPOSITS THROUGH THE EXAMPLE OF SHEVCHENKO DEPOSIT**

Bariatska N.¹, Dr. Sci. (Geol.), senior fellow, BariatskaN@gmail.com,

Geychenko M.², Cand. Sci. (Geol.), geich@ukr.net,

Safronova N.¹, Isanige80@gmail.com,

Kyiv, Ukraine

The key aspects for the solid mineral deposits modeling are considered in order to use such models for resource estimation and economic-geological evaluation of deposits (prefeasibility, feasibility study) through the example of Shevchenkivsky deposit.

Тривимірне моделювання із застосуванням сучасних інформаційних систем і технологій є невід'ємною частиною розвідки і експлуатації рудних родовищ в усьому світі. Зазвичай модель родовища створюється при виконанні геологорозвідувальних робіт і використовується в подальшому для оцінки ресурсів, а також при розробці родовища.

В даному випадку основні етапи і результати моделювання розглядаються на прикладі Шевченківського родовища літієвих руд, яке розташоване в північно-східній частині Приазовського мегаблоку Українського щита в області його зчленування з Дніпрово-Донецькою западиною. Літієве зруденіння представлене сподуменом і петалітом та міститься в рідкіснометалевих пегматитах, які приурочені до потужної гнейсо-кристалосланцевої товщі. Рідкіснометалеві пегматити представлені системою субпаралельних крутопадаючих тіл, що утворюють жильну серію. Основні пегматитові тіла мають протяжність 150–500 м, відносно витриману потужність і простежені на глибину до 600 м. Потужність кори вивітрювання – до 35 м.

Основні етапи моделювання Шевченківського родовища:

- створення бази даних в середовищі Micromine;
- перевірка на критичні помилки, корегування;
- завантаження до проекту додаткової інформації (топографічної поверхні, космознімку);
- переув'язка даних геологічного опису порід і результатів опробування за даними геофізичних досліджень у свердловинах (каротажу);
- оконтурення пегматитових тіл, каркасне моделювання;
- статистичний аналіз розподілу Li₂O в межах пегматитових тіл;
- створення композитів, оконтурення і каркасне моделювання рудних тіл;



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
 ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"**
 Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

- геостатистичні дослідження;
- блокове моделювання і оцінка ресурсів.

База даних Шевченківського родовища складається з 4 файлів, пов'язаних між собою за номером свердловини (рис. 1). Файл COLLAR.DAT містить інформацію про координати і глибину кожної свердловини, файл INCLINATION.DAT – про розташування свердловин у просторі, файл ASSAY.DAT – дані інтервалів опробування і результати лабораторних аналізів, файл GEOLOGY.DAT – опис керну свердловин. Для зручності подальшої роботи в середовищі Micromine всі назви порід були уніфіковані і розділені на 10 літологічних різновидів з відповідним кольорним кодуванням, назви яких наведено англійською мовою. Крім того, в базі даних наведено розширений опис порід українською мовою (рис. 1).

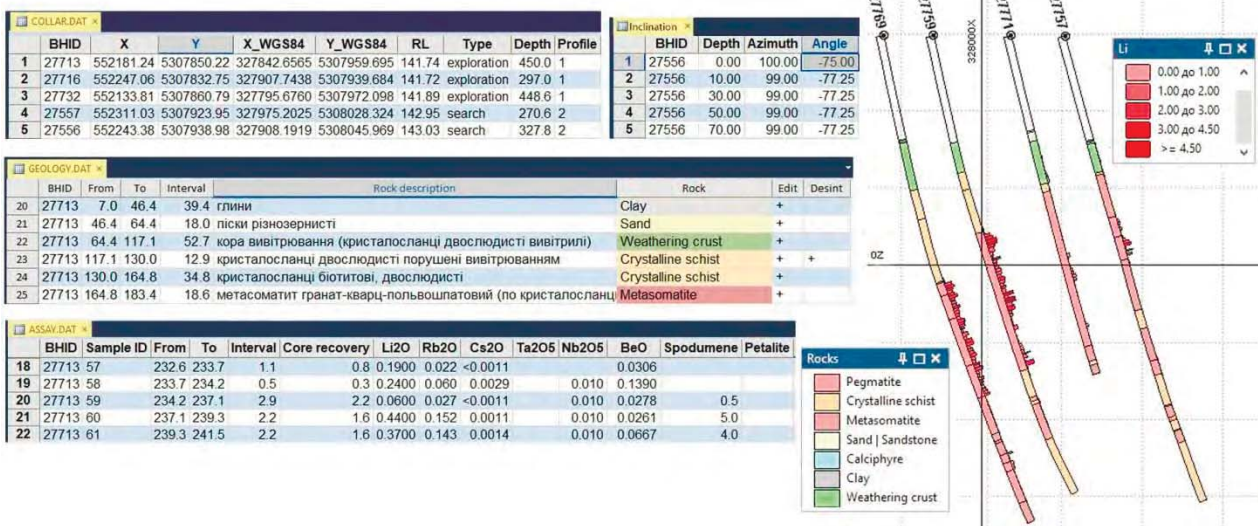


Рис. 1. Структура бази даних Шевченківського родовища

Загалом база даних містить інформацію по 89 свердловинах – 3 956 проб, 1931 інтервал геологічного опису порід.

Після створення і заповнення, база даних перевірялася на наявність критичних помилок функціями Micromine, наприклад: відсутність будь-якої інформації про розташування свердловини (одна з координат, глибина, азимут або кут буріння), перекриття інтервалів опробування або геологічного опису порід, глибина свердловини менше глибини останньої проби або інтервалу порід. При виявленні помилок в базу даних вносилися необхідні корегування.

Проект містить інформацію не лише по «рудних», а й по «безрудних оконтурюючих» свердловинах і профілях для коректного оконтурення рудних тіл.

Враховуючи літологічний контроль зруденіння, на першому етапі моделювання виконувалося оконтурення пегматитових тіл у профілях з використанням літологічних колонок, побудованих вздовж трас свердловин відповідно до розроблених кольорів (рис. 2, а). Для цього з використанням спеціального інструменту було створено комплект розрізів по профілях свердловин з винесеними літологічними колонками (межі перегляду налаштовувалися відповідно відстані між профілями).



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"
Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

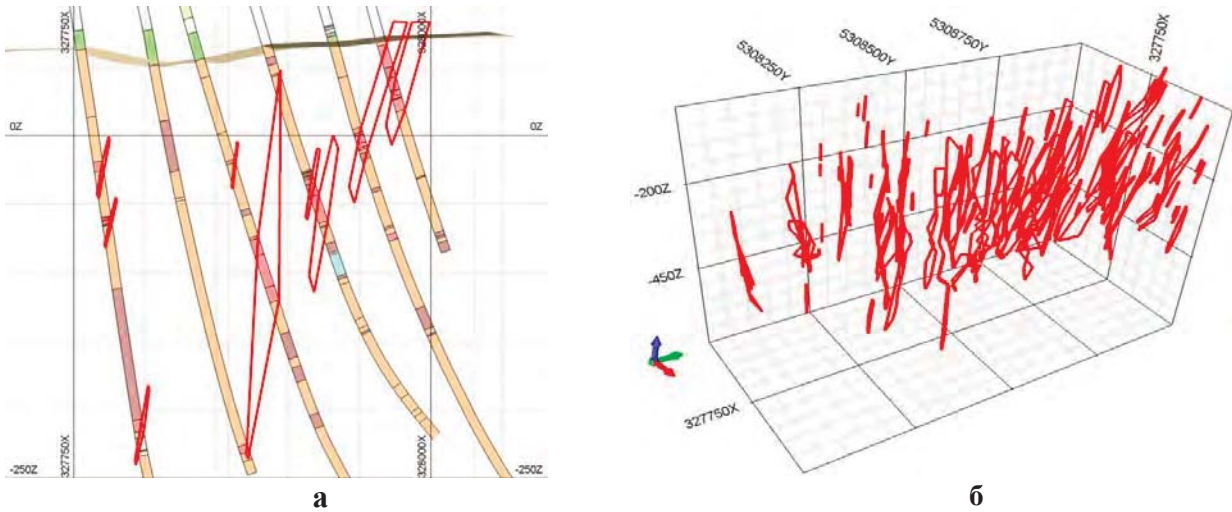


Рис. 2. Оконтурування пегматитових тіл у профілі (а), контури інтерпретації пегматитів у 3D (б).

Виклинювання тіл в розрізі і плані здійснювалося на половину відстані між інтервалом пегматитів і свердловиною (профілем) без пегматитів, а в крайніх свердловинах тіла «підвищувалися» на половину відстані.

Створені контури інтерпретації використовувалися в подальшому для візуалізації загальної геологічної структури родовища і каркасного моделювання (рис. 2, б).

Контури, створені на етапі інтерпретації об'єднувалися у об'ємні замкнуті каркаси пегматитових тіл, що утворюють так званий набір, який містить 52 окремих каркаси різного розміру (рис. 3). Кожен зі створених каркасів перевірявся на наявність незамкнених поверхонь та самоперетинів, при необхідності вносились відповідні правки.

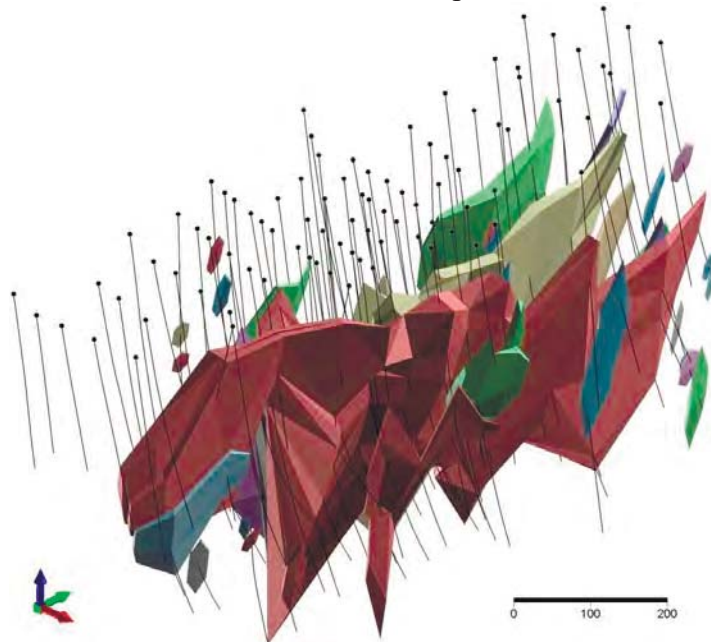


Рис. 3. Каркасная модель пегматитовых тел Шевченковского месторождения



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
 ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"**
 Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

Необхідно відмітити, що в цілому загальна конфігурація пегматитових тіл (параметри залягання, простягання) значно не відрізняються від інтерпретацій попередників.

Надалі для пегматитових тіл виконувався класичний статистичний аналіз для вирішення таких основних задач:

- визначення розподілу вмістів Li_2O у пегматитах;
- отримання відповідних статистичних параметрів;
- оцінка необхідності розділення сукупностей вмістів за наявності більше ніж однієї статистично обґрунтованої сукупності.

Статистика розподілу Li_2O показала, що в середині пегматитових тіл існує дві сукупності вмістів, а сам розподіл характеризується, як логнормальний бімодальний (рис. 4). Ці сукупності інтерпретуються як рудні і безрудні пегматити і розділяються значенням 0,3% Li_2O , що відповідає бортовому вмісту згідно із затвердженими кондиціями [2].

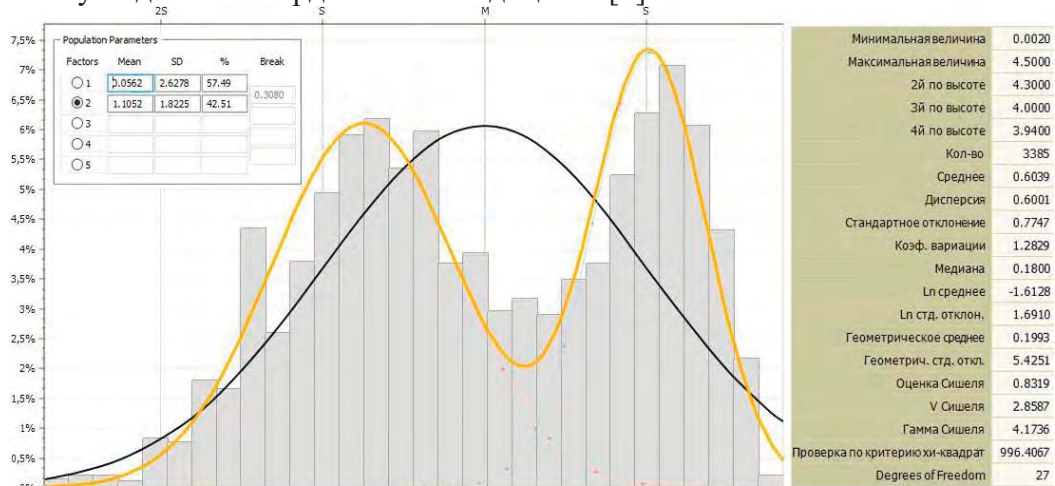


Рис. 4. Гістограма розподілу Li_2O в пегматитах та параметри декомпозиції.

Враховуючи необхідність розділення рудних і безрудних пегматитів, було виконано створення композитних проб з такими параметрами: бортовий вміст Li_2O в пробі – 0,3%; мінімальна потужність рудних інтервалів – 2 м; максимальна потужність пустих порід – 2 м; метропроцент – 0,6; використовувалися лише проби всередині пегматитових тіл.

Принципи і методика оконтурювання рудних тіл аналогічні тим, що використовувалися при оконтуренні пегматитів, але в даному випадку замість інтервалів пегматитів використовувалися композитні проби. В результаті каркасного моделювання було створено набір каркасів, який містить 61 каркас рудних тіл, що знаходяться всередині пегматитових тіл (рис. 5).

Якість оконтурення рудних пегматитів перевірялася виявленням рудних інтервалів, які не потрапили до каркасів рудних тіл, а також безрудних інтервалів, що опинилися всередині каркасів. За необхідності виконувалися необхідні корективи.

Статистичний аналіз даних по рудних тілах виконувався для визначення і пригнічення за необхідності ураганих вмістів Li_2O ; визначення оптимальної довжини композитних проб, що використовуються для інтерполяції вмістів Li_2O в блоковій моделі; оцінки обґрунтованості інтерполяційного процесу (рис. 6).



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
 ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ"**
 Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

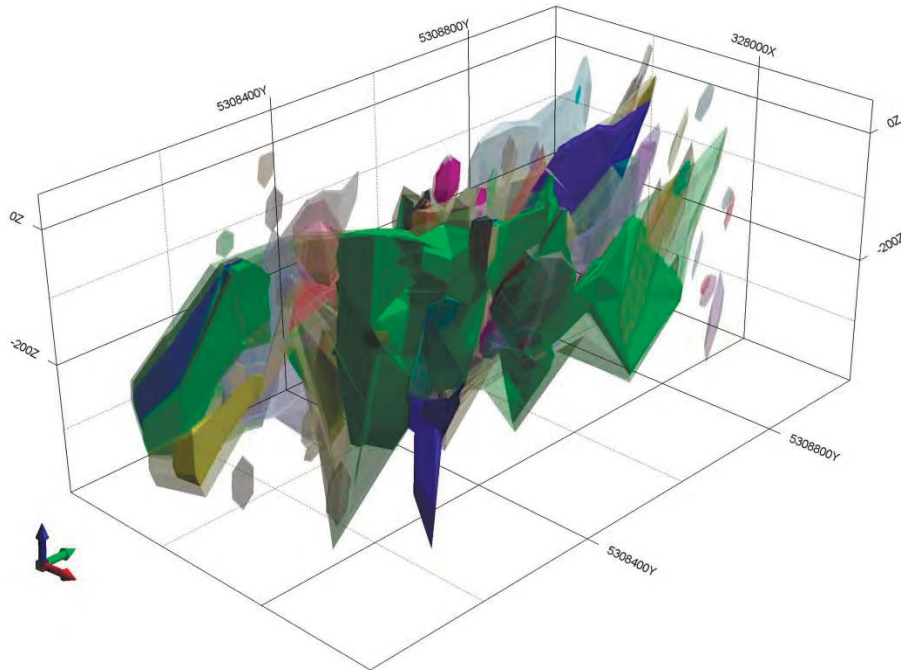


Рис. 5. Каркасна модель рудних тіл, що знаходиться всередині каркасної моделі пегматитів

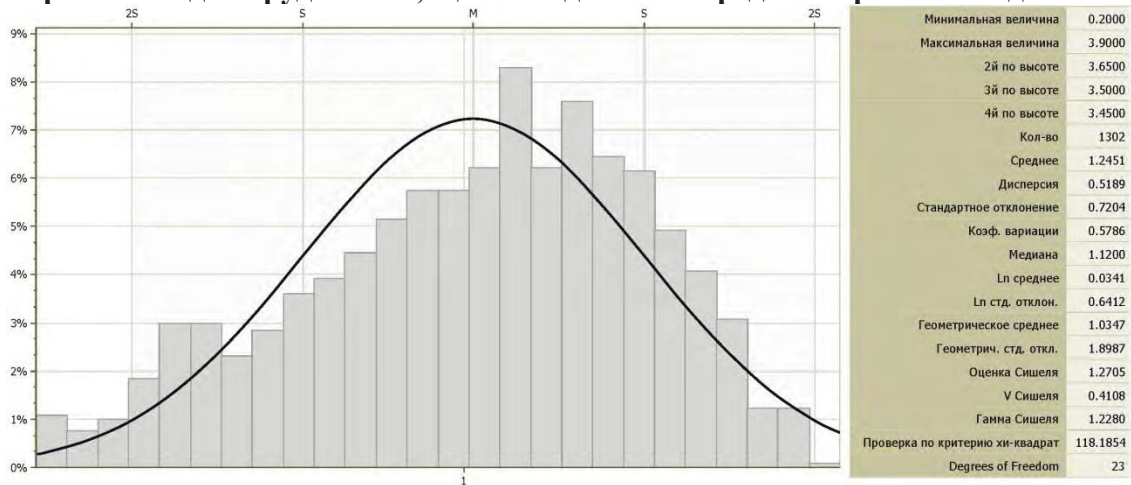


Рис. 6. Гістограма розподілу вмістів Li₂O в рудних пегматитах

Визначення рівня ураганних вмістів виконувалося кількома методами і склало 2,98–3,9 % Li₂O. В подальшому було виконано оцінку ресурсів з використанням кількох рівнів ураганних вмістів, різниця ресурсів Li₂O склала менше 1 %. Було зроблено висновок про те, що для даного родовища ураганні значення не мають суттєвого впливу на результати оцінки ресурсів.

Для виключення впливу довжини кожної проби на результати оцінки ресурсів, виконувалося композитування вздовж свердловин з оптимальною довжиною (в даному випадку 2 м). Створені композитні проби в подальшому використовувалися для інтерполяції вмістів Li₂O в блоковій моделі.

Першим етапом блокового моделювання було створення порожньої блокової моделі рудних тіл шляхом заповнення блоками тривимірних каркасів окремих рудних тіл. Для більш точного відображення їх форми використовувався метод субблокування. Розмір материнських блоків



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"
Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

10×10×10 м, субблоків 1×1×1 м. Також було створено порожню блокову модель для безрудної частини пегматитів, в яких вміст Li_2O складає менше 0,3%.

При виконанні геостатистичного аналізу, зокрема, при побудові напівваріограм для визначення осей анізотропії двох структурних доменів, стійких закономірностей мінливості вмісту у пробах від відстані виявлено не було. Це може бути пов'язано з недостатньою вивченістю (мережа спостережень, показність по кожному структурному домену). Тому вміст Li_2O було проінтерпольовано в порожні блокові моделі методом IDW (Inverse distance weighting – метод зворотних відстаней) [3]. Урагані вмісти не пригнічувалися.

Для кожного рудного тіла інтерполяція виконувалася на основі композитних проб з різними значеннями радіусу пошуку до тих пір, поки всі комірки не було заповнено (рис. 7). Для категоризації ресурсів застосовувалася класифікація, що відповідає кодексу JORC (шаблону CRIRSCO) [1]. Тут було виділено дві категорії ресурсів (Indicated і Inferred), для категорії Indicated радіус еліпсу інтерполяції складав 50 м, мінімальна кількість свердловин – 2, мінімальна кількість проб – 3; для категорії Inferred – >50 м, 1 свердловина, 1 проба.

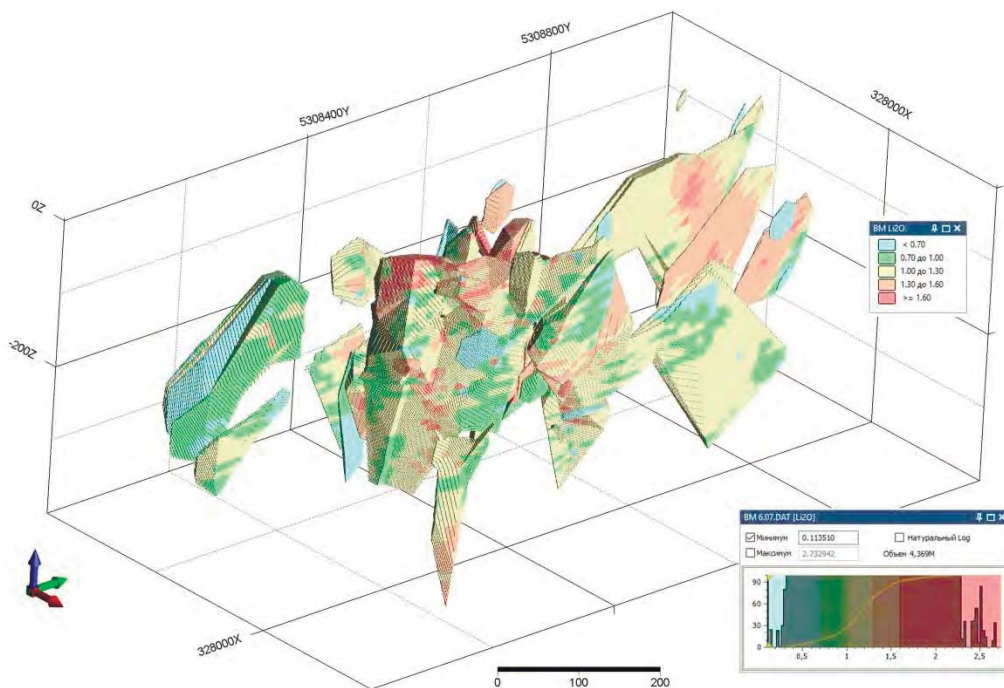


Рис. 7. Блокова модель Шевченківського родовища із вмістами Li_2O

Завірення блокової моделі виконувалася на локальному і глобальному рівнях. Для локальної перевірки виконувалося візуальне порівняння блокової моделі із значеннями Li_2O в пробах (рис. 8). Спостерігається близька кореляція між вмістами реальних проб і інтерпольованими значеннями.

Для глобальної перевірки моделі гістограма вмістів Li_2O у блоковій моделі порівнювалася з такою ж гістограмою для композитних проб – вони виявилися схожими і мають подібні параметри. Також співставлення ресурсів по блоковій і каркасній моделях показало гарні результати – різниця об'єму руди 0,15%, ресурсів Li_2O – 1,3%.

Як можна бачити на наведеному прикладі, за допомогою сучасних ефективних інструментів можливе створення детальної багатофункціональної моделі родовища. Яка є основою оцінки



П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ"
Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

ресурсів, а відтак – геолого-економічної оцінки родовища (або prefeasibility, feasibility study). Зручність використання саме технологій тривимірного моделювання полягає в тому, що існує можливість оперативно вносити нову (додаткову) інформацію, яка може виникати під час дорозвідки або експлуатаційної розвідки родовища. Крім того, модель є основою для гірничого проекту розробки родовища (варіантів розкриття), а також використовуватися при експлуатації для календарного планування видобування та руху запасів при видобуванні.

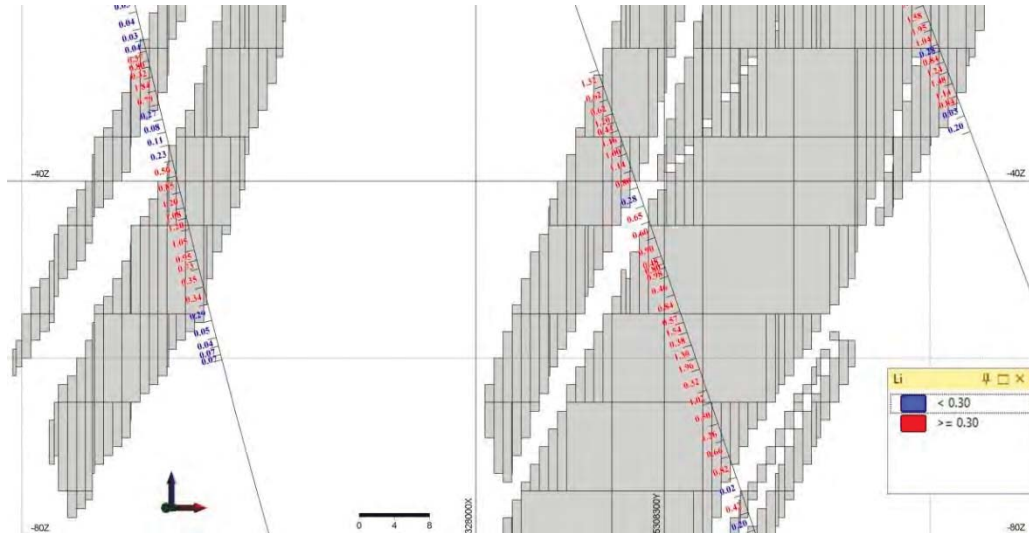


Рис. 8 Порівняння блокової моделі із даними опробування

Література

1. Australian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. – Joint Ore Reserves Committee, 2012. – 44 p.
2. Вовкотруб Н., Козар М., Данілов О. та ін. Звіт про геологічне вивчення надр «Геолого-економічна переоцінка запасів та ресурсів Шевченківського родовища літію». Звіт в 3 книгах. – Дніпро: КП «Південукргеологія», 2017.
3. Капугин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. – Санкт-Петербург: Недра. – 2002. – 424 с.