



ШОСТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"  
Україна, м. Трускавець, 7–11 жовтня 2019 р.

УДК 553.048

**ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ РУДНИХ РОДОВИЩ МЕТОДАМИ БЛОКОВОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ ЯК СУЧАСНА АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦІЙНИМ  
МЕТОДАМ**

*Баряцька Н.В., д. геол. н., BariatskaN@gmail.com,  
Сафронова Н.Г., Isanige80@gmail.com,  
ТОВ «Геологічна сервісна компанія ГСК», м. Київ, Україна*

Наводяться результати порівняння запасів, підрахованих традиційним (полігональним) методом та за допомогою блокового моделювання. Зроблено висновок про те, що запаси, підраховані різними методами добре співпадають, але локальний розподіл параметрів зруденіння (вміст корисного компоненту та ін.) більш точно відображається при блоковому моделюванні родовища.

**RESERVES CALCULATION OF ORE DEPOSITS BY  
BLOCK MODELLING METHODS AS A MODERN ALTERNATIVE  
TO TRADITIONAL METHODS**

*Bariatska N., Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com,  
Safronova N., Isanige80@gmail.com,  
LLC «Geological service company GSC», Kyiv, Ukraine*

The results of the comparison of reserves calculated by the traditional (polygonal) method and using block modelling are given. It is concluded that reserves calculated by different methods are well corresponded, but the local distribution of ore parameters (commercial component grade, etc.) is more accurately reflected in block modelling of deposit.

Традиційні (або так звані полігональні) методи до теперішнього часу досить широко використовуються при підрахунку запасів рудних корисних копалин в Україні. Крім того, більшість відомих рудних родовищ були розвідані у радянські часи, їхні запаси підраховувалися саме такими методами.

Усі традиційні методи підрахунку запасів ґрунтовані на двох основних принципах: перетворення складних за формою тіл корисних копалин в рівновеликі за об'ємом прості фігури, обчислення яких зручно проводити за допомогою формул елементарної геометрії; розповсюдження фактичних даних про параметри підрахунку на прилеглі ділянки [6].

Найбільш широко застосовуються метод геологічних розрізів та метод геологічних блоків. Вибір способу підрахунку запасів для кожного родовища визначається морфологічним типом і потужністю рудних тіл, умовами їхнього залягання, характером розподілу корисного компоненту, а також системою розвідки [5]. Так, у випадку пологих і крутопадаючих потужних рудних тіл, розвіданих похилими свердловинами, розташованими в системі поперечних профілів, найбільш доцільним є застосування підрахунок запасів методом геологічних розрізів (вертикальних перетинів). Підрахункові блоки спираються на розрізи, побудовані по геологорозвідувальних профілях, площа перетинів рудного тіла визначається в розрізах. Для родовищ із горизонтально (полого) залягаючими рудними тілами оптимальним є метод геологічних блоків з проекцією на горизонтальну площину. Блоки виділяються з урахуванням технологічних властивостей руд, потужності, об'ємної маси, ступеня розвіданості, умов залягання, гірничотехнічних і гідрогеологічних умов. Площа підрахункового блоку визначається у плані, потужність обчислюється, як середнє арифметичне, а середній вміст корисного компоненту, як середньозважене в усіх свердловинах блоку. Метод експлуатаційних блоків можна розглядати як варіант методу геологічних блоків.

Сучасною альтернативою традиційним методам підрахунку запасів є методи тривимірного блокового моделювання, що мають ряд безсумнівних переваг.



**ШОСТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"  
Україна, м. Трускавець, 7–11 жовтня 2019 р.**

Блокове моделювання ґрунтується на розділенні рудного тіла (рудного покладу) на елементарні блоки по рівномірній мережі, в які значення параметрів зруденіння, зокрема вмісти корисного компоненту, інтерполюються з вихідних даних [1, 2]. Результатом тривимірного блокового моделювання є створення блокової моделі родовища з підрахунком запасів (оцінкою ресурсів), але не обмежується цим. Моделювання родовищ надає широкі можливості з тривимірної візуалізації, автоматизації технічних процедур, оперативної переоцінки об'єкту та ін.

Результати і якість блокового моделювання визначається багатьма факторами: вибором оптимального методу інтерполяції, видом геостатистичної моделі (моделі варіограми), параметрами геологічної інтерпретації меж родовища при каркасному моделюванні, розмірами блоків моделі, розмірами і орієнтуванням пошукового еліпсоїда, кількістю проб, які враховуються при інтерполяції та ін. [3].

Так, вибір методу інтерполяції залежить від геологічних особливостей об'єкту (морфології рудних тіл, рівномірності розподілу корисних компонентів та ін.). Для родовищ з відносно простою геологічною будовою та рівномірним розподілом корисних компонентів, з можливістю оконтурити суцільні рудні тіла для інтерполяції використовується звичайний (ординарний) кригінг (ordinary kriging). При нерівномірному розподілі корисних компонентів використовуються методи індикаторного кригінга (indicator kriging), зворотних відстаней (IDW – Inverse Distance Weighting), або найближчої проби. Індикаторний кригінг використовується також при неможливості оконтурити суцільні рудні тіла для підрахунку запасів в межах мінералізованої зони (аналог підрахунку з використанням коефіцієнту рудоносності). Для об'єктів з нез'ясованою генетичною природою мінералізації (просторово накладених структур з численними стадіями мінералізації) застосовується мультиіндикаторний кригінг (Multiple Indicator Kriging).

Основними перевагами блокового моделювання можна вважати спрощену оперативну переоцінку запасів відповідно до змін умов освоєння родовища, а також забезпечення автоматизації процесів планування та управління видобуванням корисних копалин.

Наразі не існує вимог ДКЗ України щодо блокових моделей для оцінки запасів, що суттєво ускладнює державну експертизу запасів, підрахованих із застосуванням методів блокового моделювання.

Традиційні методи підрахунку запасів та методи блокового моделювання мають ряд відмінностей у методологічних підходах. Зокрема, традиційний підрахунок запасів базується на використанні кондицій, у тому числі порогового вмісту корисного компоненту, на основі яких виконуються геологічна інтерпретація (оконтурювання) рудних тіл. При блоковому моделюванні оконтурювання здійснюється на основі виділення рудоносних літологічних різновидів за наявності літологічного контролю або з використанням так званого природнього бортового вмісту, який завідомо є нижчим за економічний. Граничний вміст (cut-off grade) переглядається у залежності від економічної кон'юнктури.

Об'єм підрахункового блоку при традиційному підрахунку запасів зазвичай приймається на рівні річної потужності гірничо-переробного підприємства і складає мільйони м<sup>3</sup>. Для блокової моделі розміри материнських блоків залежить від складності геологічної будови родовища, параметрів розвідувальної мережі і можуть становити від перших тисяч до десятків тисяч м<sup>3</sup>. Це забезпечує, з одного боку, більш точне відтворення морфології рудної товщі, а з іншого – розподілу вмістів корисних компонентів (рис. 1–3).

Не зважаючи на відмінності, при виборі оптимальних параметрів та одних і тих самих вихідних даних, результати підрахунку запасів традиційними методами та за допомогою блокового моделювання відрізняються не суттєво. Різниця основних параметрів зазвичай складає перші відсотки (до 5 %). Порівняння результатів моделювання з підрахунком запасів традиційними



ШОСТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ"  
Україна, м. Трускавець, 7–11 жовтня 2019 р.

методами є досить поширеною практикою не лише в пострадянських країнах (Росія, Казахстан та ін.), а й на заході.

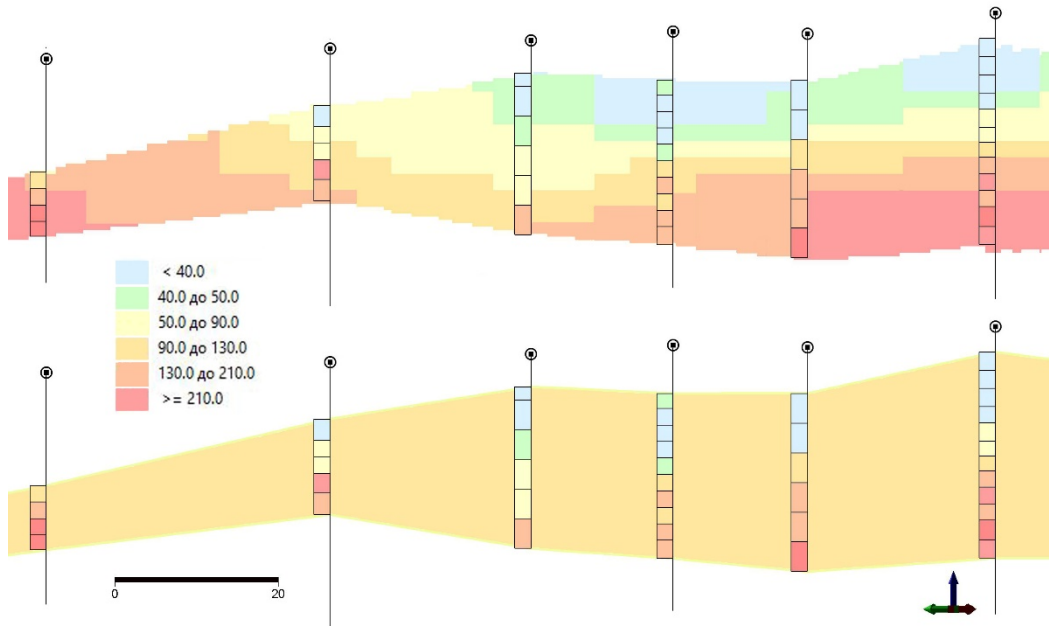


Рис. 1. Розподіл корисного компоненту в розрізі у блоковій моделі (верхнє зображення) та відповідному підрахунковому полігональному блоці (нижнє зображення)

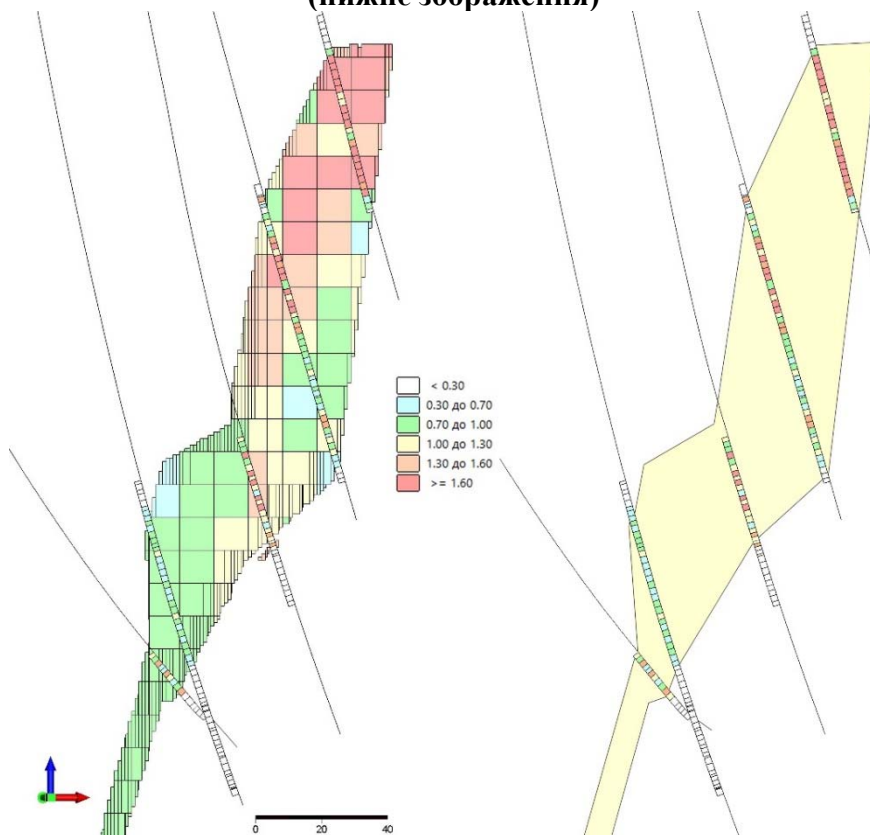
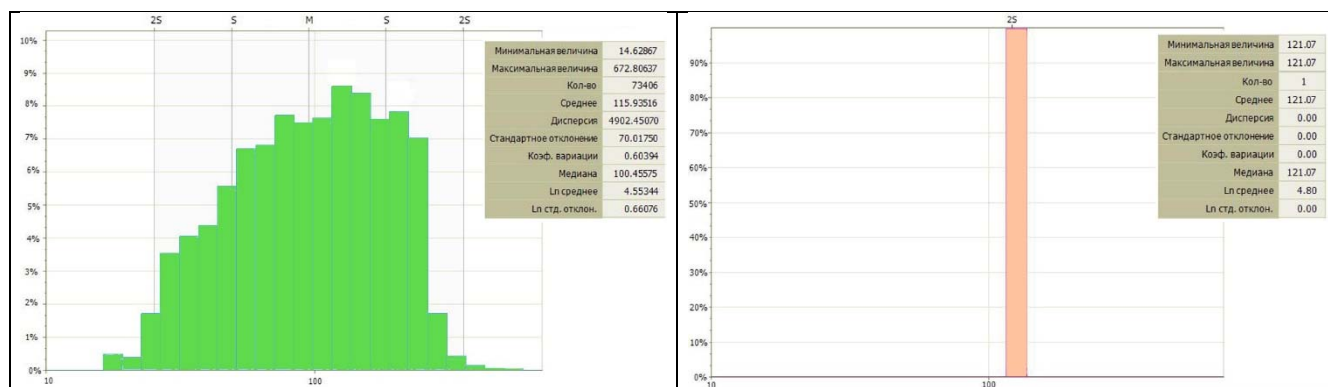


Рис. 2. Розподіл корисного компоненту в розрізі у блоковій моделі (зліва) та відповідному підрахунковому полігональному блоці (справа)



**ШОСТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"  
Україна, м. Трускавець, 7–11 жовтня 2019 р.**



**Рис. 3. Гістограми розподілу вмістів ільменіту на прикладі одного з підрахункових блоків при традиційному підрахунку (зліва) та блоковому моделюванні (справа)**

Переважає більшість корисних компонентів має логнормальний розподіл вмістів. Математичне сподівання дорівнює середньому значенню вибірки лише у випадку нормального гаусівського розподілу, при логнормальному розподілі математичне сподівання близьке до медіани вибірки. Використання середніх значень при логнормальному розподілі параметрів призводить до завищення середнього вмісту [4]. Це доводиться порівнянням запасів, підрахованих традиційними методами, з результатами видобування по окремих підрахункових блоках.

Точність відображення розподілу вмістів корисного компоненту та інших параметрів зруденіння визначається зокрема ступенем вивченості родовища. Він повинен бути достатнім для виконання конкретних задач: складання оптимальної бурової програми для подальшого геолого-економічного вивчення родовища, підрахунку запасів (оцінки ресурсів) або планування видобувних робіт.

Результати підрахунку запасів традиційними полігональними методами та методами блокового моделювання зазвичай співпадають у межах усього родовища або його окремих частин (рудних тіл, підрахункових блоків та ін.). При цьому локальний розподіл вмістів корисних компонентів при підрахунку традиційними методами практично не відображається на відміну від блокової тривимірної моделі родовища. Це стає надзвичайно актуальним на етапі розробки об'єкту, коли необхідні найбільш точні параметри зруденіння для планування видобувних робіт.

Зважаючи на це та враховуючи широке використання методів блокового моделювання провідними сервісними та видобувними компаніями у всьому світі, необхідним є створення усіх умов для використання найбільш сучасних методів для підрахунку запасів (оцінки ресурсів) родовищ корисних копалин в Україні, зокрема забезпечення можливості експертизи (аудиту) запасів, підрахованих методами блокового моделювання, що сприятиме підвищенню інвестиційної привабливості, як окремих родовищ, так і сфери надрокористування України в цілому.

### Література

1. Armstrong M. Basic Linear Geostatistics. 1998th Edition. Springer-Verlag Berlin Heidenberg, 1998. 155 p.
2. Coombes J. The art and science of resource estimation. A Practical Guide for Geologists and Engineers. Perth: Coombes Capability, 2008. 232 p.
3. Баряцкая Н.В., Сафронова Н.Г. Поэтапная заверка при трёхмерном моделировании и оценке ресурсов рудных месторождений. *Геоинформатика*. № 1(69). 2019. С. 47–57.
4. Жарников А.Н., Кокушев В.И. Подгонка ресурсного моделирования под требования ГКЗ РФ как попытка изменить реальность? Электронный ресурс. Режим доступа:



**ШОСТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"  
Україна, м. Трускавець, 7–11 жовтня 2019 р.**

[https://www.micromine.ru/wp-content/uploads/2017/10/Жарников-А.Н.-Кокушев-В.И.\\_Подгонка-ресурсного-моделирования-под-требования-ГКЗ-РФ-как-попытка-изменить-реальность.pdf](https://www.micromine.ru/wp-content/uploads/2017/10/Жарников-А.Н.-Кокушев-В.И._Подгонка-ресурсного-моделирования-под-требования-ГКЗ-РФ-как-попытка-изменить-реальность.pdf)

5. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра, 1974. 304 с.

6. Смирнов В.И., Прокофьев В.М., Борзунов А.П. и др. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1960. 672 с.