УДК 622.1:553.04:004.9

Досвід застосування K-MINE для звітності за Національною Класифікацією, JORC, NI 43-101 та S-K 1300

Назаренко М.В.[1]*, д. техн. н., FAusIMM, ORCID 0009-0004-1982-4090, mvn@k-mine.com*
Кебал Я.В.[1]*, MAusIMM, ORCID ID 0009-0003-8277-6629, kebal@k-mine.com*
1 – Група компаній KAI , м. Кривий Ріг, Україна

Постановою Кабінету Міністрів України від 25.09.2025 № 1197 національну Класифікацію запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр приведено у відповідність до Рамкової класифікації ресурсів ООН (РКООН/UNFC-2019). Перехід до координат E-F-G знімає бар'єр між українськими та міжнародними стандартами оцінки родовищ. Мета роботи полягає в обґрунтуванні та демонстрації ефективності застосування єдиної цифрової моделі родовища як основи для державної експертизи України та звітності за міжнародними кодексами шаблону CRIRSCO (JORC, NI 43-101, S-K 1300). Дослідження базується на застосуванні гірничо-геологічної інформаційної системи (ГГІС) K-MINE. Описано технологічний ланцюг: валідація даних розвідки (QA/QC), блокове моделювання, взаємна верифікація за геологічними блоками, оптимізація контурів кар'єру, календарне планування та фінансове моделювання. Підхід апробовано на об'єктах із подвійною звітністю: залізорудних кар'єрах і підземному руднику ArcelorMittal Кривий Ріг (S-K 1300 для лістингу NYSE), графітових родовищах в Україні та Канаді (JORC, NI 43-101), каолінових родовищах в Австралії (S-K 1300 та JORC). Доведено, що використання ГГІС K-MINE забезпечує конвертацію даних між національною та міжнародними системами класифікації, мінімізує похибки за рахунок взаємної верифікації та суттєво підвищує інвестиційну привабливість українських надрокористувачів на світових фінансових ринках.

Ключові слова: геолого-економічна оцінка, РКООН-2019, блокова модель, оптимізація контуру кар'єру, K-MINE, шаблон CRIRSCO.

Experience of applying K-MINE to reporting under The National Classification, JORC, NI 43-101 and S-K 1300

Nazarenko Mykhailo[1]*, Dr. Sc. (Eng.), ORCID 0009-0004-1982-4090, mvn@k-mine.com*
Kebal Yaroslav[1]*, ORCID ID 0009-0003-8277-6629, kebal@k-mine.com*
1 – KAI Group of Companies (KAI LLC, K-MINE), Kryvyi Rih, Ukraine

Summary. By Resolution No. 1197 of 25 September 2025 of the Cabinet of Ministers of Ukraine, the national Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Subsoil Fund was aligned with the United Nations Framework Classification for Resources (UNFC-2019). The E–F–G coordinates remove the barrier between Ukrainian and international standards of deposit evaluation. The work substantiates the effectiveness of a unified digital deposit model as the basis both for state expert review in Ukraine and for reporting under the CRIRSCO Template codes (JORC, NI 43-101, S-K 1300). The technological chain implemented in the K-MINE mining and geological information system is described: validation of exploration data (QA/QC), block modelling, mutual verification against the geological-block method, pit limit optimisation, mine scheduling and financial modelling. The approach has been tested on properties with dual reporting: the open pits and underground mine of ArcelorMittal Kryvyi Rih (S-K 1300 for the NYSE listing), graphite deposits in Ukraine and Canada (JORC, NI 43-101) and kaolin deposits in Australia (S-K 1300 and JORC). K-MINE is shown to ensure data conversion between the national and international classification systems, to minimise errors through mutual verification and to increase the investment attractiveness of Ukrainian subsoil users on global financial markets.

Keywords: geological and economic evaluation; UNFC-2019; block model; pit limit optimisation; K-MINE; CRIRSCO Template.

Вступ. Постановою Кабінету Міністрів України від 25.09.2025 № 1197 внесено зміни до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, якими національну систему обліку приведено у відповідність до Рамкової класифікації ресурсів ООН (РКООН/UNFC-2019), що дозволяє зняти бар'єр між українськими і міжнародними стандартами у сфері геолого-економічної оцінки (ГЕО) родовищ.

Тривимірна система координат РКООН вимагає для кожного об'єкта підтверджених оцінок за трьома осями – соціально-економічної та екологічної життєздатності (E), обґрунтованості й стадії проєкту освоєння (F) та ступеня геологічної вивченості (G).

Матеріали для оцінки за категорією G виводяться зі звіту геологорозвідки, тоді як матеріали для оцінки за категорією E та F формуються на основі гірничо-технічного проєктування (побудова оптимального контуру відпрацювання, календарне планування та економічний розрахунок). Отже, оцінка запасів за РКООН/UNFC-2019 є результатом спільної

роботи геологів та інженерів-проєктувальників, а єдина цифрова модель родовища стає джерелом даних для кожного етапу геолого-економічної оцінки.

Мета роботи – показати на практичних прикладах, що технологічною основою узгодженої оцінки за національною та міжнародними системами (РКООН-2019, шаблон CRIRSCO, JORC, NI 43-101, S-K 1300) є єдина цифрова модель родовища, з якої формуються різні за формою, але взаємно верифіковані звітні документи. Методичну базу становлять геостатистичне блокове моделювання, алгоритмічна оптимізація кінцевих контурів кар'єру, календарне планування гірничих робіт та аналіз дисконтованих грошових потоків, реалізовані в гірничо-геологічній інформаційній системі K-MINE.

Геолого-економічна оцінка за українськими законодавством та за міжнародними стандартами має ряд суттєвих відмінностей (спосіб підрахунку запасів, визначення бортового вмісту, визначення модифікуючих факторів впливу на інвестиційну привабливість, юридична відповідальність), які є визначальними в процесі формування звітності (таб. 1).

Таблиця 1. Зіставлення підходів національної та міжнародних систем оцінки

Ознака	**Національна система (Класифікація у відповідності до РКООН-2019)**	**Кодекси сімейства CRIRSCO (JORC, NI 43-101, S-K 1300)**
Основа підрахунку	Метод геологічних блоків або розрізів; блокова модель можлива – як додаток	Блокова модель із геостатистичним обґрунтуванням та класифікацією блоків
Кондиції, бортовий вміст	Затверджуються як фіксований параметр	Розрахункова функція ціни, витрат і вилучення. Переглядається на кожній стадії вивчення родовища або при зміні факторів
Перехід до запасів	Балансові запаси за затвердженими кондиціями просуваються по осі E і F за РКООН-2019	*Mineral resources* переходить в *reserves* після застосування модифікуючих чинників
Категорії	Балансові запаси → код: 111/ код: 112	Inferred / Indicated / Measured → Probable / Proved
Економічна оцінка	Коефіцієнт рентабельності, термін окупності	Маркетингове дослідження. Дисконтований грошовий потік, NPV/IRR, аналіз чутливості.
Відповідальність	Колективна відповідальність державного органу	Персональна відповідальність Competent Person / Qualified Person

У вітчизняній практиці запаси підраховують методом геологічних блоків або розрізів із середніми показниками, тоді як міжнародна практика спирається на блокове моделювання з геостатистичним обґрунтуванням: композитування проб, варіограмний аналіз, інтерполяцію (кригінг, метод обернених відстаней), крос-валідацію та класифікацію блоків за похибкою оцінки й щільністю розвідувальної мережі.

Кондиції та бортовий вміст у вітчизняній практиці затверджуються як жорсткий нормативний параметр без урахування коливань ринкових цін, тоді як cut-off grade є розрахунковою функцією ціни, витрат і вилучення та переглядається на кожній стадії вивчення. Ця відмінність прямо впливає на оптимальний контур кар'єру і, як наслідок, на обсяг запасів, залучених до відпрацювання.

Подальший перехід від ресурсів до запасів (mineral resources → ore reserves) у кодексах CRIRSCO відбувається при визначенні із застосуванням чітко описаних у звіті модифікуючих факторів (гірничотехнічних, металургійних, інфраструктурних, екологічних, соціальних, правових та економічних обґрунтувань), які безпосередньо впливають на економічну доцільність видобутку корисної копалини та інвестиційну привабливість для інвестора. У вітчизняній звітності модифікуючі фактори мають укрупнений описовий характер і не впливають прямо на економічну доцільність, тоді як у РКООН-2019 перехід від ресурсів до запасів здійснюється саме через оцінку за осями E та F, за результатами якої родовище отримує цифровий код класу.

Відповідальність за оцінку у вітчизняній практиці покладено на ДКЗ, тоді як у міжнародній – на конкретну Competent Person / Qualified Person із підтвердженим членством у професійній організації зі списку ROPO, сформованого CRIRSCO.

Наведені відмінності обґрунтовують доцільність створення єдиної цифрової моделі родовища, яка дозволить отримувати всі необхідні показники для різних форм звітності за українськими (Класифікація у відповідності до РКООН-2019) та міжнародними стандартами (кодекси CRIRSCO) (рис. 1).

Методи дослідження. 3D-моделювання родовищ засобами гірничо-геологічної інформаційної системи K-MINE, що передбачає такий ланцюг робіт:

1. Створення єдиної бази геологорозвідувальних даних з валідацією та QA/QC (контрольні й повторні проби) з протоколюванням процедур, що дає можливість трактувати отримані матеріали як ресурси згідно міжнародних стандартів. Відсутність задокументованих процедур QA/QC у розвідках минулих років унеможливлює визнання запасів за міжнародними кодексами.

2. Каркасне моделювання рудних тіл, композитування, статистичний і варіограмний аналіз, побудова блокової моделі, класифікація за ступенем вивченості та присвоєння коду по осі G згідно РКООН-2019.

3. Підрахунок запасів двома вище описаними методами на одному масиві даних, що дає можливість провести верифікацію та підтвердження отриманих результатів.

4. Визначення оптимальних кінцевих контурів кар'єру, що забезпечує максимальне NPV.

5. Календарне планування гірничих робіт, що дає матеріали для створення фінансово-економічної моделі під український та міжнародний стандарт, а також дозволяє присвоїти код по осі F згідно РКООН-2019.

6. Передача отриманих показників у фінансово-економічну модель (CAPEX/OPEX, DCF, NPV/IRR, аналіз чутливості) із зворотною ітерацією на cut-off і контур. Саме це формує оцінку по міжнародним стандартам CRIRSCO та дає матеріали для присвоєння коду по осі E згідно РКООН-2019.

Результати дослідження. Описаний ланцюг робіт дає можливість сформувати звіти відповідно до вимог стандартів CRIRSCO та державної експертизи з врахуванням класифікації РКООН-2019. Таким чином, геологічна основа, координатна система, каркаси й база опробування залишаються спільними для кожного стандарту, а отже взаємно верифікованими.

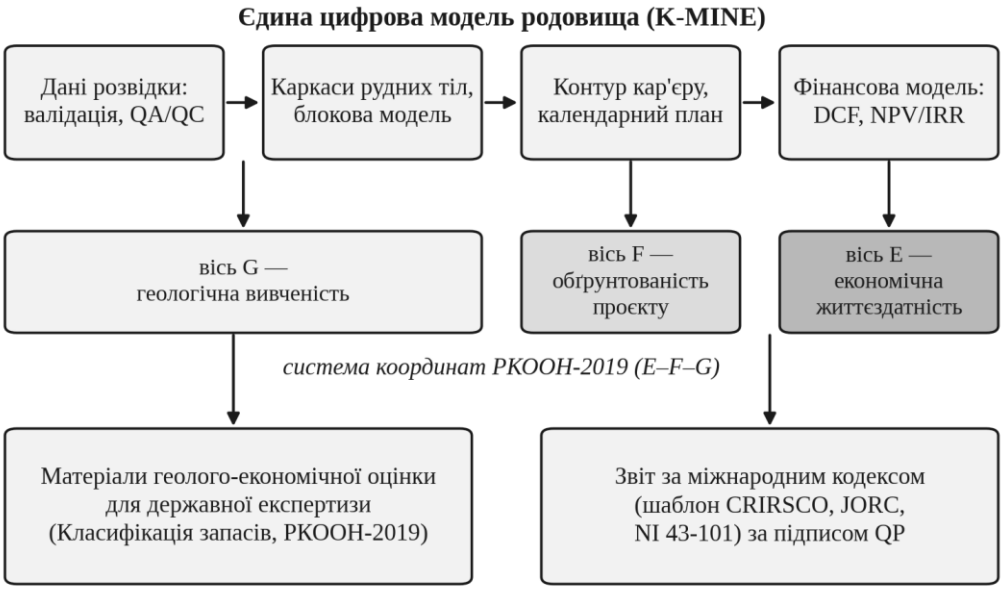

Рис. 1. Формування осей E, F, G на єдиній цифровій моделі родовища та розділення на дві форми звітності

В якості підтвердження життєздатності даного підходу до формування звітностей з геолого-економічної оцінки за різними стандартами є успішно виконані звіти компанією KAI.

Компанія KAI виконала геолого-економічні оцінки та техніко-економічні обґрунтування кондицій для залізної руди, каоліну, вогнетривких і тугоплавких глин, графіту, титанових руд (циркон, рутил, ільменіт, ставроліт, дистен-силіманіт) та берилієвих руд, а звітність готувалася за чотирма стандартами (національна Класифікація, S-K 1300, NI 43-101, JORC) залежно від вимог Замовника (табл. 2). Частина робіт наразі триває, зокрема, Pre-Feasibility Study по каолінових родовищах Австралії.

Таблиця 2. Об'єкти, за якими звітність готувалася за міжнародними системами

Об'єкт	Корисна копалина	Система звітності	Період і стан
Кар'єри № 3 і № 2-біс, ArcelorMittal Кривий Ріг	залізна руда	S-K 1300 (лістинг NYSE)	2021-2025, виконано
Підземний рудник, ArcelorMittal Кривий Ріг	залізна руда	S-K 1300 (лістинг NYSE)	2021-2025, виконано
Kearney Graphite Mine, Онтаріо, Канада	графіт	NI 43-101, Preliminary Economic Assessment	2023, виконано
Родовище Turk-Parida, Таджикистан	сурма	історична оцінка ресурсів, проєкт ГРР	2024, виконано
Clydesdale, Квінсленд, Австралія	каолін	S-K 1300, Initial Assessment TRS	2025, виконано
Clydesdale і Surprise, Квінсленд, Австралія	каолін	JORC, Pre-Feasibility Study	виконується

Це доводить, що єдина цифрова модель родовища дає змогу готувати звіти відповідно до вимог як українських, так і міжнародних стандартів. Фахівці компанії KAI є кваліфікованими особами, які підписують міжнародні звіти за напрямами оцінки ресурсів і запасів, проєктування та оптимізації гірничих робіт і геотехніки та здатні проводити оцінки родовищ по кільком стандартам.

Практика виконання цих робіт виявила питання ширше за класифікацію запасів: відмінності між національною та міжнародною системами оцінки поширюються і на стадійність вивчення родовища. Стадії, які у вітчизняній практиці вважають еквівалентними міжнародним, збігаються за деталізацією проробки, але не за змістом (табл. 3).

Таблиця 3. Відповідність стадій освоєння родовища та точність оцінки капітальних витрат

Міжнародна практика	Україна	Проробка проєкту, %	Точність оцінки витрат за AACE 47R-11
MRE – оцінка мінеральних ресурсів	Підрахунок запасів, тимчасові кондиції (ДКЗ)	–	–
PEA / Scoping	Передпроєктні розробки	0-2	клас 5: −20…−50 / +30…+100 %
PFS – попереднє ТЕО	ТЕО кондицій, постійні кондиції	1-15	клас 4: −15…−30 / +20…+50 %
FS – рішення банку про фінансування	Проєкт (стадія «П») – держекспертиза, дозвіл на будівництво	10-40	клас 3: −10…−20 / +10…+30 %
Detailed design	Робоча документація (стадія «Р»)	30-75	клас 2: −5…−15 / +5…+20 %

Зіставлення показує, що стадія «Проєкт» деталізованіша за FS у частині креслень, проте не містить і не вимагає більшості того, що міжнародний звіт вважає обов'язковим: запасів за CIM з підписом кваліфікованої особи, задокументованих процедур QA/QC, бортового вмісту, розрахованого з фінансової моделі та оптимізації контуру кар'єру, геомеханічної класифікації масиву (RMR/Q/GSI) з оцінкою ймовірності руйнування укосів, оцінки хвостосховища за

класифікацією наслідків, маркетингового дослідження та DCF-моделі. Кошторис, складений за національною Настановою з визначення вартості будівництва, не є оцінкою CAPEX класу 3 за AACE 47R-11: він охоплює лише період капітального будівництва, тоді як фінансова модель міжнародного звіту прораховує кожен рік роботи підприємства до його закриття. Тому жоден із цих документів не перетворюється на інший переоформленням, а перехід в обидва боки потребує нових досліджень і розрахунків.

Досвід виконаних робіт показує, що визначальним обмеженням є не програмне забезпечення, а стан вихідних даних. Найчастіше бракує не геології, а інженерних вишукувань: задокументованих процедур QA/QC для розвідок минулих років, орієнтованого буріння та визначення тріщинуватості й RQD по керну для геомеханічних розрахунків, актуальних гідрогеологічних спостережень (у низці випадків єдиним джерелом залишаються звіти 1990-х років), технологічних і маркетингових досліджень. Саме на цих позиціях кваліфікована особа не підписує відповідні розділи звіту, і саме вони, а не обсяг геологорозвідки, визначають досяжну категорію за осями E і F. Єдина цифрова модель, побудована засобами K-MINE, дає змогу виявити такі прогалини на ранній стадії та сформувати обґрунтовану програму довивчення з прив'язкою кожної позиції до конкретної осі РКООН-2019.

Новизна дослідження. Запропонований підхід полягає у трактуванні цифрової моделі родовища не як засобу візуалізації, а як єдиного джерела даних для двох систем класифікації, із вбудованою процедурою взаємної верифікації результатів блокового моделювання та традиційного підрахунку запасів за геологічними блоками. Питання зіставності національної класифікації з РКООН досліджувалося й раніше: показано, що вітчизняна система від початку побудована на трьох ознаках, аналогічних осям РКООН, і що практично всі національні категорії мають відповідники у РКООН (Рудько & Михайлів, 2017), а для критичної мінеральної сировини запропоновано методичні підходи до узгодження державного балансу з інтегрованим обліком за РКООН (Литвинюк & Баряцька, 2024). Отже, формальна таблиця відповідності категорій не є головною перешкодою переходу. Результати цієї роботи показують, що проблема лежить в іншій площині: осі E і F неможливо вивести зі звіту з геологорозвідки – вони є наслідком гірничо-технічного проєктування та економічного моделювання, а тому потребують іншого складу вихідних даних та іншого інструментарію.

Висновки. 1. Гармонізація національної Класифікації з РКООН-2019 знімає бар'єр між українськими і міжнародними стандартами геолого-економічної оцінки, але вимагає, щоб геологічна, гірничо-технічна та економічна оцінка родовища виконувалися в межах одного звіту. За таких умов цифрова модель родовища перестає бути допоміжним інструментом і стає єдиною основою класифікації: одна верифікована модель здатна живити і національну, і міжнародну форми звітності.

2. Відповідність вітчизняних і міжнародних стадій вивчення родовища існує лише за рівнем проробки, а не за змістом. Стадія «Проєкт» не містить того, що міжнародний звіт вимагає щодо ресурсів, бортового вмісту, геотехніки, екології та економіки, а кошторис за національною Настановою не є оцінкою CAPEX класу 3 за AACE 47R-11. Тому обидва документи доцільно виконувати паралельно на спільній технічній базі, а не намагатися отримати один із одного.

3. Визначальним обмеженням переходу є не програмне забезпечення, а стан вихідних даних: відсутність задокументованих процедур QA/QC, орієнтованого буріння та геомеханічних визначень по керну, актуальної гідрогеології, технологічних і маркетингових досліджень. Саме ці позиції, а не обсяг геологорозвідки, визначають досяжну категорію за осями E і F.

4. Доцільно розглянути на рівні ДКЗ визнання цифрової моделі родовища обов'язковим складником матеріалів геолого-економічної оцінки, розробити узгоджені правила переведення раніше затверджених балансових і позабалансових запасів у координати РКООН-2019, а також вимоги до цифрового подання матеріалів – формати передачі моделей і баз даних, склад метаданих, відтворюваність результату, доступні для перевірки в процесі державної експертизи. Інструментарій і компетенції для цього в Україні вже сформовані: наведені в

роботі об’єкти підготовлено за різними системами звітності на одній технологічній платформі – ГГІС K-MINE.

Список використаних джерел

Кабінет Міністрів України. (2025). *Про внесення змін до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр* (Постанова № 1197 від 25.09.2025).

Литвинюк, С., & Баряцька, Н. (2024). Методичні підходи визначення та оцінки ресурсного потенціалу критичної мінеральної сировини України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 1*(104), 77–85. https://doi.org/10.17721/1728-2713.104.10

Рудько, Г. І., & Михайлів, І. Р. (2017). РКООН-2009 як інструмент адаптації класифікації запасів і ресурсів корисних копалин України до світових стандартів звітності. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 4*(65), 7–18.

AACE International. (2020). *Cost estimate classification system – as applied in engineering, procurement, and construction for the mining and mineral processing industries* (Recommended Practice No. 47R-11). AACE International.

Australasian Joint Ore Reserves Committee. (2012). *Australasian code for reporting of exploration results, mineral resources and ore reserves (the JORC Code)* (2012 ed.). AusIMM, AIG & MCA. https://www.jorc.org

Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. (2014). *CIM definition standards for mineral resources and mineral reserves*. CIM. https://mrmr.cim.org

Canadian Securities Administrators. (2011). *National Instrument 43-101: Standards of disclosure for mineral projects*. CSA.

Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards. (2019). *CRIRSCO international reporting template*. CRIRSCO. https://www.crirsco.com

United Nations Economic Commission for Europe. (2020). *United Nations Framework Classification for Resources: Update 2019* (ECE Energy Series No. 61). United Nations. https://unece.org/sustainable-energy/unfc-and-sustainable-resource-management

U.S. Securities and Exchange Commission. (2018). *Modernization of property disclosures for mining registrants* (Release No. 33-10570; 17 CFR § 229.1300). SEC. https://www.sec.gov

References

AACE International. (2020). *Cost estimate classification system – as applied in engineering, procurement, and construction for the mining and mineral processing industries* (Recommended Practice No. 47R-11). AACE International.

Australasian Joint Ore Reserves Committee. (2012). *Australasian code for reporting of exploration results, mineral resources and ore reserves (the JORC Code)* (2012 ed.). AusIMM, AIG & MCA. https://www.jorc.org

Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025). *On amendments to the Classification of reserves and resources of minerals of the state subsoil fund* (Resolution No. 1197 of 25.09.2025).

Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. (2014). *CIM definition standards for mineral resources and mineral reserves*. CIM. https://mrmr.cim.org

Canadian Securities Administrators. (2011). *National Instrument 43-101: Standards of disclosure for mineral projects*. CSA.

Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards. (2019). *CRIRSCO international reporting template*. CRIRSCO. https://www.crirsco.com

Lytvyniuk, S., & Bariatska, N. (2024). Methodological approaches for determination and assessing the resource potential of critical raw materials in Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*, *1*(104), 77–85. https://doi.org/10.17721/1728-2713.104.10 [in Ukrainian].

Rudko, H. I., & Mykhailiv, I. R. (2017). UNFC-2009 as a tool for adapting the classification of mineral reserves and resources of Ukraine to world reporting standards. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, *4*(65), 7–18. [in Ukrainian].

United Nations Economic Commission for Europe. (2020). *United Nations Framework Classification for Resources: Update 2019* (ECE Energy Series No. 61). United Nations. https://unece.org/sustainable-energy/unfc-and-sustainable-resource-management

U.S. Securities and Exchange Commission. (2018). *Modernization of property disclosures for mining registrants* (Release No. 33-10570; 17 CFR § 229.1300). SEC. https://www.sec.gov