

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії – Іван МІРОШНИКОВ, 1978 року народження, громадянин України, освіта – вища: у 2005 році закінчив Національний гірничий університет і отримав повну вищу освіту за спеціальністю «Розробка родовищ корисних копалин», аспірант кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Разова спеціалізована вчена рада утворена рішенням Вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро від « 20 » лютого 2026 року, протокол № 8, наказ від «20» лютого 2026 року № 35 у складі:

Голова разової ради: Бондаренко Володимир Ілліч, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Рецензенти: 1. Ковалевська Ірина Анатоліївна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

2. Мамайкін Олександр Рюрікович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Офіційні опоненти:

1. Гайко Геннадій Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

2. Письменний Сергій Васильович, кандидат технічних наук, доцент кафедри підземної розробки родовищ корисних копалин Криворізького національного університету.

Відомості про членів разової спеціалізованої вченої ради додаються.

На засіданні «26» березня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань з галузі знань 18 «Виробництво та технології» Івану Мірошникову на підставі відкритого публічного захисту дисертації «Обґрунтування технологічних параметрів комплексного видобування молібдену із природних та техногенних родовищ» за спеціальністю 184 «Гірництво»

Дисертацію виконано на кафедрі гірничої інженерії та освіти у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро.

Науковий керівник:

– Дичковський Роман Омелянович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри гірничої інженерії та освіти НТУ «Дніпровська політехніка».

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, українською мовою.

У дисертації вирішено **актуальну наукову задачу**, що полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану рудопородного масиву, гранулометричного складу, магнітної сприйнятливості, фазово-масового стану та концентрації молібдену в природних і техногенних родовищах, на основі чого, на відміну від наявних технологічних рішень, отримано залежності між геомеханічними, технологічними й термодімічними параметрами процесів видобування та переробки молібденовмісної сировини та обґрунтовано раціональні параметри технології комплексного освоєння молібденових родовищ, які забезпечують підвищення повноти вилучення молібдену, супутніх корисних компонентів і техніко-економічної ефективності відпрацювання природних і техногенних мінерально-сировинних об'єктів.

Наукова новизна роботи полягає у розробці науково-методичного підходу до обґрунтування параметрів комплексного освоєння природних і техногенних родовищ молібденових руд на основі коефіцієнта аналогічності як інтегрального критерію відповідності гірничо-геологічних і техніко-технологічних умов; встановлення зміни концентрації молібдену в техногенній сировині після вуглезбагачення залежно від рівня намагніченості відходів вуглезбагачення, описаної квадратичною залежністю другого порядку від вмісту заліза та ступеня термічної обробки сировини; оцінки інтенсивності фазо-масових перетворень молібденовмісної сировини, яка враховує експоненційний характер зміни концентрації молібдену залежно від температурної константи зростання інтервалу фазових перетворень. Це дозволило формалізувати вибір раціональних схем розкриття, підготовки й розробки рудних об'єктів, встановити аналітичну основу прогнозування вмісту молібдену та підвищення економічної доцільності промислового освоєння техногенної сировини.

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджено у виробничу діяльність гірничодобувних підприємств та освітній процес закладів вищої освіти, що підтверджується їх використанням у технологічній проектній документації та матеріалах техніко-економічного обґрунтування розвитку гірничих підприємств, зокрема ПрАТ «Львівська вугільна компанія», а також у навчальному процесі НТУ «Дніпровська політехніка» за спеціальністю 184 «Гірництво». У роботі сформовано науково-методологічні засади комплексного освоєння молібденових родовищ України з урахуванням гірничо-геологічних умов і можливості супутнього вилучення корисних компонентів; розроблено критерії вибору систем розкриття, підготовки та розробки руд на основі коефіцієнта аналогічності, визначеного із застосуванням багатокомпонентних функцій, методів штучного інтелекту та відповідних баз даних; обґрунтовано

раціональні технологічні схеми відпрацювання родовищ із забезпеченням підвищення ресурсної ефективності; встановлено параметри зон непружних деформацій для оптимізації підповерхово-камерної системи із закладанням виробленого простору; визначено допустимі концентрації молібденових концентратів з урахуванням їх цільового використання; отримано закономірності фазо-масових перетворень молібденітових формацій у температурному діапазоні до 1500 °С; виконано економічну оцінку запропонованих рішень, що підтверджує їх техніко-економічну доцільність при освоєнні родовищ природного та техногенного походження.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 12 наукових праці, у тому числі 4 статті у фахових наукових виданнях з переліку МОН України, 2 статті у виданнях, що індексуються наукометричною базою даних Scopus, 5 публікацій у матеріалах закордонних і всеукраїнських конференцій та патент на корисну модель.

1. Mirosnykov, I., Cichoń, D., Shyrin, L., Dybrin, S., & Dychkovskyi, R. (2025). Ensuring the environmental sustainability of molybdenum ore mining. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1457(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1457/1/012014>

2. Zberovskyi, V., Vlasenko, V., Bubnova, O., Ahaiev, R., Mirosnykov, I., & Jamiński, M. (2026) Management of Technical and Economic Factors in the Concept of Recovery, Production, and Processing of Hydrocarbons *Inżynieria Mineralna*, 4(2), 249-261. <https://doi.org/10.29227/im-2025-02-04-029>

3. Mirosnykov, I. (2023). Current application directions for the weathering rind of molybdenum deposits of Ukraine. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 75, 18–28. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/75.018>

4. Mirosnykov, I. (2025). Justification of the mining operations on the Verbynske molybdenum ore occurrence with the purpose of production of mineral raw materials of temporary conditions. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 81, 50–63. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.050>

5. Dychkovskyi, R., Mirosnykov, I., & Pererva, A. (2025). Synthesis of potassium humate as an eco-friendly method for coal-preparation waste utilization. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 82, 274–287. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/82.274>

6. Dychkovskyi, R., Mirosnykov, I., & Pererva, A. (2025). Hydrometallurgical recovery of molybdenum and critical raw materials from technogenic deposits of coal preparation waste. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 83, 7–21. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/83.007>

7. Мірошников І.О., Потіп М.М. (2024). Правові проблеми видобутку молібдену в Україні. Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна» 2024. Дніпро, 27-29 березня 2024 року. С. 359-361.

Посилання: <https://ir.nmu.org.ua/server/api/core/bitstreams/55414f75-8777-44ca-a66d-0e7333f3b358/content>

8. Dychkovskiy, R., Miroshnykov, I., Dybrin, S., & Pererva A. (2025). Prospects for by-product molybdenum recovery within integrated development of critical and construction materials from technogenic deposits. XVIII міжнародна науково-практична конференція Української школи гірничої інженерії. Східниця, 29 вересня-04 жовтня 2025 року. С. 47-50. <https://doi.org/10.33271/usme18.047>.

9. Miroshnykov, I. (2025) Promoting Environmental Sustainability in Molybdenum Ore Mining. International Conference Physical and Chemical Geotechnologies. Dnipro-Kraków, 9(1), 091015 . <https://doi.org/10.15407/pcgt.25.15>
Посилання: https://pcgt.in.ua/archives/2025/PCGT_2025_091015.php

10. Pavlychenko A., Lewicka D., Miroshnykov, I., & Dychkovskiy R. (2025). Hybrid Approach of Neural Networks and Analog-Based Methods for Industrial Assessment of Technogenic Deposits. DIM-ESEE Conference. 15th – 17th October 2025, Dubrovnik, Croatia. Paper No. 356. Посилання: <https://hrcak.srce.hr/omp/index.php/rgn-unizg/catalog/view/399/71/7137>

11. Pavlychenko A., Lewicka D., Miroshnykov, I., & Dychkovskiy R. (2025). Integration of Neural Networks into AnalogBased Methods for Assessing Technogenic Deposits for Industrial Exploitation. DIM-ESEE Conference. 15th – 17th October 2025, Dubrovnik, Croatia. MR36.

Посилання: <https://dim-ese.eu/wp-content/uploads/1st-DIM-ESEE-Book-of-Abstracts.pdf>

12. Мірошников І.О., Дичковський Р.О., Перерва А.Ю. Спосіб одержання розчину гумату калію: пат. 148329 Україна: МПК E21C 41/32. C05F 11/02.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці.

Рецензент, професор Ірина Ковалевська.

Запитання. Ви зазначили що є спільні та окремі елементи при розробці техногенних та природних родовищ. Поясніть будь-ласка чому на зазначеній схемі окремі елементи подані зеленим кольором та інші білим. Крім цього, на основі якого виду моделювання отримано наведені показники, а також яким чином результати такого моделювання використовуються в подальших дослідженнях?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. На схемі білим кольором відображено специфічні елементи, притаманні окремо природним або техногенним родовищам, тоді як зеленим кольором виділено спільні чи функціонально тотожні стадії комплексної переробки молібденовмісної сировини. Такий підхід використано для візуального розмежування процесів, що залежать від генезису об'єкта дослідження, та процесів, які формують спільну технологічну платформу вилучення молібдену. Схему побудовано на основі структурно-логічного та системного моделювання, що передбачало декомпозицію технологічних ланцюгів розробки природних і техногенних родовищ, виявлення їх спільних та відмінних елементів, а також встановлення функціональних зв'язків між окремими стадіями. Отримані результати використано як методичну основу для подальшого обґрунтування раціональних

технологічних рішень, вибору послідовності процесів збагачення і вилучення молібдену, а також для виконання техніко-економічної та еколого-орієнтованої оцінки ефективності комплексного освоєння таких об'єктів.

Запитання. Ваша структурно-логічна схема є досить обширною. Скажіть будь-ласка у якій частині цієї схеми наведено встановлення зазначеного Вами коефіцієнт аналогічності, крім цього, все ж таки у якій частині Ви зазначаєте встановлення напружено-деформованого стану гірського масиву та геомеханічної ситуації навколо одиночних гірничих виробок, які Ви запропонували при камерно-стовповій системі розробки Вербинського родовища?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Щодо коефіцієнта аналогічності, то його сутність розкрито у блоці структурно- геологічної оцінки, де на основі наявної інформації геологічної інформації формуються принципи аналогічності щодо техніко-технологічного забезпечення процесів видобування руди. Встановлення напружено-деформованого стану гірського масиву та геомеханічної ситуації навколо одиночних гірничих виробок наведено у блоці геомеханічної оцінки. Саме цей блок закінчується вибором ефективних способів управління гірським тиском та вибору засобів кріплення одиночних гірничих виробок.

Запитання. Який програмний продукт у Вас використовується при визначенні зони непружних деформацій, у якій постановці вирішувалася дана задача та який критерій міцності при цьому Ви застосували використовувався.

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Для встановлення зони непружних деформацій використано пакет прикладної інформаційної програми SolidWorks, встановлення напружено деформованого стану гірського масиву провадилося у пружно-пластичній постановці, а як критерій міцності застосовано теорію Кулона-Мора.

Запитання. Чому у Вас для порід висячого та лежачого боків використані однакові вихідні значення, і, чому у Вас у роботі межа міцності на стискання та розтягування однакові?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Під часу аналізу гірничо-геологічної будови Вербинського родовища було встановлено що фактично у висячому та лежачому боках рудного тіла залягають граніти із приблизно однаковими деформаційними характеристиками, а рудне тіло представлено більш слабкими породами. Саме тому для цих порід використані однакові вихідні значення. Щодо межі міцності на стискання та розтягування то ці параметри відрізняються між собою приблизно на порядок, тобто у 10 разів. Тому у роботі, нажаль вкралася помилка – була пропущена кома у межі міцності порід на розтягування для згаданих умов висячого та лежачого боків рудного тіла.

Запитання. Ви оперуєте лише переміщеннями порід по контуру виробки, чи встановлювали Ви напруження у масиві?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Так звичайно, що були встановлені напруження причому за принципом Фон Мізеса, на їх основі були встановлені переміщенні порід на контурі виробок. Саме переміщення показують зміну геометричних параметрів контуру виробки і саме тому ми їх показали на цьому слайді. Вони також разом із встановленими напруженнями стали основою для визначення кріплення для цих виробок.

Професор Володимир Бондаренко.

Ірино Анатоліївно, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

Професор Ірина Ковалевська.

Так цілком задоволена.

Рецензент, доцент Олександр Мамайкін.

Запитання. Як було встановлено актуальність Вашого наукового дослідження та визначено наукову задачу, яку ви вирішили у роботі? Як обґрунтовано методи дослідження?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Актуальність дослідження встановлено на основі аналізу сучасного стану розробки природних і техногенних родовищ, потреби у комплексному вилученні цінних компонентів, зниженні екологічного навантаження та ревіталізації порушених територій. Наукову задачу визначено як необхідність обґрунтування закономірностей і параметрів комплексної розробки молібденовмісної сировини з урахуванням технологічних, економічних та екологічних чинників. Методи дослідження обґрунтовано відповідно до мети та завдань роботи і включали системний аналіз, структурно-логічне моделювання, порівняльну оцінку технологічних рішень, а також узагальнення літературних, експериментальних і аналітичних даних.

Запитання. Розкрийте фізичну сутність коефіцієнта аналогічності та поясніть наведений Вами на слайді 8 математичний механізм даного коефіцієнта.

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Фізична сутність коефіцієнта аналогічності полягає у кількісному відображенні ступеня подібності уже наявних технологічних рішень за аналізом гірничо-геологічних умов для природними та техногенними родовищами за сукупністю визначальних ознак, для їх перенесення за допомогою нейронних мереж на нові перспективні родовища корисних копалин. Тобто цей безрозмірний коефіцієнт показує, наскільки планове до розробки рудне родовище за своїми властивостями, складом і технологічною придатністю наближений до уже наявного аналога, який знаходиться у розробці.

Запитання. На слайді 11 представлено графік залежностей. Поясніть будь-ласка, що вони собою представляють та яка достовірність апроксимації?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Це графіки які показують зміну концентрації молібдену залежно від намагніченості. Загальна кількість отриманих залежностей було близько 20-ти, дані залежності наведено у додатках дисертаційної роботи. Причому, отримані залежності, оскільки вони отримані експериментальним шляхом апроксимуються з високим ступенем достовірності

понад 90 %. Відповідно, на графіку наведено мінімальні, максимальні та середні значення даних залежностей. А зона між максимальними та мінімальними значеннями – зона меж збагачення молібденової сировини.

Запитання. Слайд 15. Який екологічний вплив має запропоноване Вами використання лужного та кислотного гідровилуговування? Як Вами взагалі вирішується питання підвищення екологічного навантаження на регіон?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. У роботі запропоноване лужне та кислотне гідровилуговування, яке супроводжується потенційними екологічними ризиками (забруднення вод і ґрунтів), однак їх мінімізовано за рахунок замкнених водообігів, нейтралізації реагентів і очищення стоків. Загальне екологічне навантаження знижується завдяки комплексній переробці сировини, скороченню відходів і локалізації технологічних процесів. Звичайно, що кінцеві заходи із екологічної деактивації буде виконуватися виходячи із узгодженням із Державна екологічна інспекція України, котра здійснює контроль і нагляд за дотриманням екологічних вимог.

Запитання. Який соціальний ефект від впровадження Ваших технологічних рішень?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Якщо коротко, то соціальний ефект полягає у створенні робочих місць, підвищенні рівня безпеки праці, зниженні екологічного навантаження на населення та розвитку інфраструктури регіону.

Професор Володимир Бондаренко.

Олександрє Рюриковичу, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

Доцент Олександр Мамайкін.

Так цілком задоволений.

Офіційний опонент, професор Геннадій Гайко.

Запитання. Будь-ласка яким чином враховували швидкість розвитку непружних деформацій навколо гірничих виробок, що наведено на слайді 10.

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Швидкість розвитку непружних деформацій враховувалась шляхом аналізу реологічних властивостей масиву з використанням залежностей у системі «напруження-деформація-час» та чисельного моделювання з урахуванням повзучості порід. Саме за таким принципом швидкість закладалася у досліджувану модель.

Запитання. Скажіть, будь ласка, як співвідносяться екологічна та економічна ефективність при розробці природних і техногенних родовищ? Що, на Вашу думку, є пріоритетним на початковому етапі освоєння? Чи вважаєте Ви розробку техногенних родовищ перспективною з економічної точки зору?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Розробка родовищ визначається насамперед їх економічною привабливістю, зокрема величиною доданої вартості кінцевої продукції, тому пріоритет надається об'єктам із максимальним економічним ефектом. Порівняння природних і техногенних родовищ є складним, оскільки вони перебувають на різних стадіях вивченості. Зокрема, природні родовища можуть мати вищий вміст корисних компонентів

(наприклад, молібдену), однак техногенні відходи є більш доступними через відсутність необхідності видобутку та наявність інфраструктури. Тому на початкових етапах більш доцільною є розробка техногенних родовищ, тоді як у довгостроковій перспективі пріоритет визначається сукупністю економічних і екологічних показників.

Професор Володимир Бондаренко.

Геннадію Івановичу, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

Професор Геннадій Гайко.

Так цілком задоволений.

Офіційний опонент, доцент Сергій Письменний.

Запитання. Повертаючись до слайду 10, відомо, що існує багато програмних комплексів (ANSYS, LIRA тощо), чому для моделювання Ви обрали саме SolidWorks?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Дякую за запитання. Дійсно, існує низка програмних комплексів для моделювання, однак вибір SolidWorks був зумовлений наявністю ліцензійного доступу, що забезпечило можливість повноцінного використання його функціоналу в дослідженні.

Запитання. При математичному моделюванні Ви змінювали глибину розташування гірничих виробок. Чи проводили Ви також дослідження впливу зміни параметрів самих виробок і їх кріплення з використанням програмного продукту SolidWorks?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Щодо параметрів кріплення, у дослідженні було обрано анкерне кріплення. Розрахунки показали, що у приповерхневій частині виробки достатньо застосування підсилення незначної інтенсивності, тому анкерне кріплення є достатнім для забезпечення стійкості виробок без необхідності використання більш складних систем.

Запитання. Слайд 9. Чи аналізували Ви інші варіанти камерних систем розробки та альтернативні параметри камер, окрім обраного Вами рішення?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Так, аналіз альтернативних варіантів проводився, однак він мав концептуальний характер. Це пов'язано з тим, що родовище перебуває на ранній стадії вивченості: воно розвідане лише за даними свердловин із розрідженою сіткою, без розкриття гірничими виробками. Відповідно, геометрія та поведінка рудного тіла залишаються недостатньо визначеними. Крім того, родовище наразі не підготовлене до промислової розробки та потребує подальшого геологічного вивчення і підвищення категорії запасів. Тому вибір конкретної системи розробки на даному етапі не є принциповим. Водночас, з урахуванням сучасних підходів, розглядаються найбільш економічно доцільні варіанти, зокрема системи з обваленням, які забезпечують мінімальні витрати при підземному видобутку.

Професор Володимир Бондаренко.

Сергію Васильовичу, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

Доцент Сергій Письменний.

Так цілком задоволений.

Професор Володимир Бондаренко.

Запитання. Ви зазначили, що природні та техногенні родовища відрізняються. Чи могли б Ви уточнити, як саме вони відрізняються за вмістом молібдену (зокрема, у г/т або кг/т) для Вербинського родовища та відходів збагачення?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Дякую за запитання. Що стосується вмісту молібдену, у відходах збагачення він становить приблизно 3 г/т, тобто в середньому в 3 рази більше за кларк, тоді як у Вербинському родовищі – близько 3 кг/т, тобто приблизно в 1000 разів більше. Варто зазначити, що схеми вилучення металу відрізняються: у одному випадку застосовується класичне збагачення, тоді як іншому – гідрометалургія. Що стосується комплексності розробки, вона полягає у сучасному підході до видобутку кольорових і рідкісних металів, коли одночасно отримують основний і супутній продукти (наприклад, мідь, срібло, золото, вольфрам). Такий підхід забезпечує максимальну економічну ефективність і повну реалізацію потенціалу родовища.

Запитання. У чому полягає комплексність видобутку у вашому прикладі? Чи комплексність означає, що окрім основного продукту Ви пропонуєте також видобувати інші компоненти? Ви згадували, що мінерали молібдену та сірки мають споріднене співвідношення приблизно 60:40. Чи саме в цьому полягає комплексність – у одночасному видобутку молібдену та сірки?

Відповідь здобувача Івана Мірошникова. Щодо комплексності видобутку: основним продуктом є молібден, проте одночасно отримуються й інші корисні сполуки та промислові товари. За масовою часткою найбільше видобувається, наприклад, кремнезем, проте економічно значущими є й інші компоненти. Завдяки такому підходу можливо максимально використовувати потенціал родовища, зменшити відходи та підвищити загальну ефективність виробництва. Крім того, комплексне використання дозволяє отримати додаткові продукти, які можуть бути використані в різних галузях промисловості, що робить технологію більш рентабельною та екологічно обґрунтованою.

Професор Володимир Бондаренко.

Я цілком задоволений Вашими відповідями.

Зауваження рецензента проф. Ірини Ковалевської за результатами вивчення дисертації.

1. При формуванні роботи слід було більш чітко позиціонувати гідрометалургійні перетворення як складову комплексного освоєння родовищ і завершальний етап технологічного ланцюга, що доповнює гірничі процеси.

2. Розділу 1 є за великим і міг би бути скороченим без шкоди для загального розуміння роботи.

3. У розділі 2 необхідно було б детальніше навести використані методи моделювання, принципи та механізми, які використовувалися при проведенні досліджень.

4. Зона непружних деформацій визначена для одиничних виробок з

урахуванням зміни параметрів з глибиною. Водночас, з огляду на практику застосування систем розробки рудних родовищ, доцільно також враховувати гірничо-геологічний стан масиву та просторове розташування виробок щодо самого молібденового покладу.

5. Доцільно детальніше розширити аналіз практичної економічної оцінки, доповнивши його даними про діяльність інших підприємств, зокрема про підземний видобуток руди на Вербинському молібденовому рудопрояві.

6. Не зовсім зрозуміло, яким чином результати дисертаційної роботи були використані при розробці теплоізоляційних матеріалів, що відображено в рекомендаціях щодо утеплення житлових об'єктів ОСББ «Гідропаркова 9» м. Дніпра.

Відповіді здобувача Івана Мірошникова на зауваження рецензента проф. Ірини Ковалевської.

Із першим, другим та третім зауваженням – погоджуюсь. З четвертим зауваженням частково погоджуюсь. Проте, у нас не до кінця розвідане родовище, що приводить до браку геомеханічної інформації для проведення даних досліджень. Також варто відзначити, що родовище досить неоднорідне і не має можливості провести докладну оцінку н.д.с. масиву за просторовим розташуванням виробок.

П'яте зауваження – частково погоджуюсь. Проте, як було зазначено вище, із-за відсутності інформації, економічну оцінку щодо відпрацювання Вербинського молібденового рудопрояву виконати на нинішньому етапі не можливо. Щодо шостого зауваження, зазначаю, що під час відпрацювання відходів вуглезбагачення при вилученні молібдену, отримано достатню кількість супутньої сировини, зокрема алюмосилікатів, які використано як теплоізоляційний матеріал. Автор дисертації є також співавтором даних досліджень, цей документ також вказує на комплексність вилучення молібдену разом із іншими корисними компонентами.

Зауваження рецензента доц. Олександра Мамайкіна за результатами вивчення дисертації.

1. В схемі інтегрованої нейронної моделі не зрозуміло яким чином коефіцієнт аналогічності дозволяє кількісно оцінити доцільність застосування існуючих техніко-технологічних рішень до перспективних ділянок розробки родовищ.

2. При застосуванні методу групового урахування аргументів, доцільно привести математичну модель визначення обраних критеріїв сукупністю параметрів.

3. При обґрунтуванні і розробці багатокритеріальної оптимізаційної моделі не визначено граничні параметри за критеріями.

4. У третьому розділі здобувачем було проведено цифровий аналіз фазових перетворень. Незрозуміло як він корелюється з інтерпретацією температурних інтервалів.

5. В дисертаційній роботі при розробці економічної оцінки, чітко не виокремлені витратні складові.

Відповіді здобувача Івана Мірошникова на зауваження рецензента доц. Олександра Мамайкіна.

Щодо першого зауваження – констатую, що коефіцієнт аналогічності використовується як узагальнений показник подібності між параметрами перспективної ділянки та умовами, для яких техніко-технологічні рішення вже були апробовані. Його значення, визначене інтегрованою нейронною моделлю на основі сукупності гірничо-геологічних і технологічних параметрів, дозволяє кількісно оцінити ступінь придатності застосування існуючих рішень до нових умов розробки родовища. Тобто цей коефіцієнт на основі інформації щодо практики наявних розробок дозволяє переносити технологічні рішення на нові родовища. Щодо другого зауваження – повідомляю, що відповідна математична модель формується у вигляді багатопараметричної регресійної залежності, структура якої визначається алгоритмом МГУА на основі поетапного відбору найбільш інформативних аргументів та їх оптимальних комбінацій. Її наукову основу наведено у розділі 3, а приклади практичної реалізації у додатках.

Частково погоджуюся із третім зауваженням. Констатую, що для кожного етапу дослідження приведено свої граничні межі достовірності моделі, а прикладовий розрахунок багатокритеріальної оптимізаційної моделі наведено у додатку Б.7. З п'ятим та шостим зауваженням погоджуюся.

Зауваження офіційного опонента, проф. Геннадія Гайка за результатами вивчення дисертації.

1. Структурно-логічна схема проведення досліджень у дисертації досить розгалужена і потребує більш чіткої організації та послідовності для легшого сприйняття.

2. При формуванні принципів аналогічності на основі існуючих технологічних рішень (п. 2.2 дисертації) було б доцільним навести метод проектування підземних споруд за аналогами, розроблений на базі теорії статистичної подібності гірничо-геологічних параметрів, який можна вважати певним попередником запропонованого методу формування коефіцієнта аналогічності.

3. Методика проведення досліджень потребує більш детального і зрозумілого опису та послідовного поєднання з отриманими результатами, щоб можна було відтворити й оцінити коректність отриманих даних. Наприклад п. 2.5 дисертації «Методи та інструментарій лабораторного дослідження складу молібденових руд» віддалений від безпосереднього опису проведення лабораторних досліджень і отриманих результатів, наведених у п. 3.1 і 3.2; не зрозуміло, які дані були фактично отримані за допомогою електронного просвітлювального мікроскопу.

4. У частині, присвяченій фазо-масовим перетворенням молібденітових формацій за температур до 1500 °С, доцільно більш чітко окреслити енергетичні

витрати процесу та їх вплив на загальний техніко-економічний баланс технології, оскільки саме енергоємність може суттєво впливати на конкурентоспроможність кінцевого продукту.

5. Прийнятий для чисельного моделювання напружено-деформованого стану масиву навколо виробки гірський тиск (відповідно до гіпотези гідростатичного розподілу, формула 4.2) є для зазначених фізико-механічних властивостей порід (табл. 4.1) певною ідеалізацією і потребує експериментальної перевірки.

Відповіді здобувача Івана Мірошникова на зауваження офіційного опонента проф. Геннадія Гайка.

З першим та другим зауваженнями – погоджуюсь.

З третім зауваженням частково погоджуюсь. Щодо досліджень за допомогою електронного мікроскопа ПЕУ-У то, за допомогою даного пристрою було розкладено хімічний склад досліджуваного матеріалу за трьома групами: сильномагнітною, магнітною та немагнітною, і як опонент резонно зауважив, саме на цій основі проведено дослідження, наведені у п. 3.1 і 3.2.

На четверте зауваження, зазначаю, що температура в діапазоні 750 - 1500⁰С є температурами уже поза межами вилучення молібдену. Дані дослідження наведено для встановлення меж руйнування кристалічної решітки молібдену. Хоча, опонент слушно зауважив що у процесі підвищення концентрації молібдену енергетичні витрати є значною складовою, що впливає на собівартість кінцевої продукції

З п'ятим зауваженням повністю погоджуюсь, хоча мушу додати, що брак інформації не дав можливості провести більш конкретне моделювання напружено-деформованого стану масиву навколо виробки.

Зауваження офіційного опонента, доц. Сергія Письменного за результатами вивчення дисертації.

1. У роботі недостатньо чітко ідентифіковано мінералогічну форму перебування молібдену в межах техногенного родовища. Потребує уточнення, яким саме мінералом (молібденіт, вторинні оксидні сполуки чи інші фази) представлений молібден, а також які аналітичні методи підтверджують це - результати рентгенофазового аналіз

2. У роботі недостатньо деталізовано методику визначення інтегрального коефіцієнта аналогічності: не повною мірою розкрито структуру багатокомпонентної функції, вагові коефіцієнти окремих параметрів та процедуру валідації моделей на навчальній і тестовій вибірках. Це ускладнює оцінку відтворюваності результатів та можливості практичного застосування розробленого інструментарію на інших родовищах.

3. Питання екологічної безпеки гідрометалургійного вилуговування, зокрема поводження з відпрацьованими розчинами та твердими залишками, висвітлено узагальнено. Робота виграла б від детальнішого аналізу потенційних

ризиків вторинного забруднення та пропозицій щодо замкнених циклів використання реагентів і води.

4. При встановленні ефективності запропонованих техніко-технологічних рішень доцільно конкретизувати економічні показники, замінивши узагальнені терміни «ефективність» та «річний економічний ефект» на однозначні фінансово-економічні критерії з чіткою методикою їх розрахунку. Крім цього, наведені вихідні економічні параметри (потужність переробки, обсяг реалізації, ціна MoO_3) формують показники виробництва та вилучення молібдену, що суттєво перевищують результати дисертації, що потребує додаткового узгодження розрахунків.

5. У роботі та висновках розділу варто врахувати те, що рівень вивчення техногенного родовища відповідає початковій стадії; подальші дослідження слід спрямувати на отримання кондиційного товарного продукту (ймовірно, оксиду молібдену, що відповідає стандартам якості) та на комплексне вилучення супутніх корисних компонентів, оскільки ізольоване видобування молібдену може виявитися економічно недостатньо обґрунтованим.

Відповіді здобувача Івана Мірошникова на зауваження офіційного опонента доц. Сергія Письменного.

З першим, третім та четвертим зауваженням – погоджуюся. З другим зауваженням частково погоджуюсь. Наукову основу коефіцієнта аналогічності наведено у розділі 3, а приклади практичної реалізації у додатку Б.7. З п'ятим зауваженням я також погоджуюсь, проте хочу зазначити, що саме тому, у роботі розглядається комплексне вилучення молібдену із іншими супутніми корисними копалинами

У цілому вказані зауваження не знижують наукової та практичної цінності отриманих результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку проведеного дисертаційного дослідження.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Мірошникову Івану Олександровичу ступінь доктора філософії з галузі знань 18 – «Виробництво та технології» за спеціальністю 184 – «Гірництво».

Голова разової спеціалізованої
вченої ради



Володимир БОНДАРЕНКО