

Nazwa w języku polskim: Eksploatacja pierwiastków ziem rzadkich i krytycznych

Nazwa w jęz. angielskim: Exploitation of rare earth and critical elements

Dane dotyczące zajęć:

Information on course:

Jednostka oferująca: Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej // dr inż. Krzysztof Tomiczek

Course offered by: Faculty of Mining, Safety Engineering and Industrial Automation // PhD Krzysztof Tomiczek

Język wykładowy:
polski / angielski
Language:
Polish / English
Strona WWW: Course homepage:
-
Skrócony opis:
Przedmiot ma na celu zapoznanie studentów z najnowszymi osiągnięciami w dziedzinie poszukiwania, wydobywania i przetwarzania pierwiastków ziem rzadkich (Rare Earth Elements - REE, RAW Materials) oraz surowców krytycznych (Critical Earth Materials - CEM) w kontekście współczesnych wyzwań technologicznych, geomechanicznych i gospodarczych. Przedmiotem zajęć są: charakterystyki występowania pierwiastków ziem rzadkich i metali krytycznych w górotworze, specyfika metod ich eksploatacji z uwzględnieniem uwarunkowań geologicznych oraz mechaniki mas skalnych, technologiczne aspekty obróbki, wzbogacania oraz rafinacji rud, zarządzanie ryzykiem w zakresie stateczności górotworu oraz bezpieczeństwa eksploatacji, analiza oddziaływań środowiskowych i monitorowania zagrożeń wynikających z pozyskiwania pierwiastków krytycznych, uwarunkowania ekonomiczne, prawne oraz geopolityczne związane z dostępnością i dystrybucją pierwiastków istotnych dla przemysłu.
Short description:
The subject is designed to teach students about the latest developments in the field of exploration, extraction and processing of rare earth elements (Rare Earth Elements - REE, RAW Materials) and critical raw materials (Critical Earth Materials - CEM) in the context of modern technological, geomechanical and economic challenges. The subject of the course includes: the characteristics of the occurrence of rare earth elements and critical metals in the rock formation, the specifics of their exploitation methods taking into account geological conditions and the mechanics of rock masses, technological aspects of processing, enrichment and refining of ores, risk management in terms of rock mass stability and safety of exploitation, analysis of environmental impacts and monitoring of risks resulting from the extraction of critical elements, economic, legal and geopolitical conditions related to the availability and distribution of elements important for industry.
Opis:
Treści programowe Wykład 1. Wprowadzenie do tematyki surowców krytycznych i pierwiastków ziem rzadkich. (2h) Definicje i kryteria <i>krytyczności</i> surowców. Historia i znaczenie REE, RAW i CEM. Omówienie głównych zastosowań technologicznych i gospodarczych. Charakterystyka geologiczna złóż pierwiastków ziem rzadkich i metali krytycznych. 2. Podział pierwiastków ziem rzadkich (lekkie i ciężkie). (2h) Procesy geologiczne formujące złoża REE / RAW / CEM i surowców krytycznych, m.in.: lit, kobalt, wolfram i platynowce. 3. Metody poszukiwania i oceny jakości złóż w kontekście geomechanicznym. (2h) Analiza właściwości górotworu. Geofizyka i wiercenia poszukiwawcze. Metody oceny zasobów oraz analiza stabilności górotworu. 4. Geomechanika złożowa - modele górotworu i ich zastosowanie. (2h) Modele wytrzymałości i odkształceń mas skalnych (Mohr-Coulomb, Hoek-Brown). Projektowanie wyrobisk w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych. 5. Metody eksploatacji odkrywkowej złóż pierwiastków krytycznych. (2h) Charakterystyka odkrywkowych systemów wydobywczych. Ocena warunków geotechnicznych

i parametry kątów nachylenia- oraz własności skarp. Przykłady największych kopalń odkrywkowych REE, RAW i CEM, np.: Bayan Obo w Chinach, Mount Weld w Australii.

6. Metody eksploatacji podziemnej oraz zagrożenia bezpieczeństwa. (2h)

Specyfika głębinowej eksploatacji pierwiastków i metali krytycznych. Kontrola deformacji górotworu, monitoring sejsmiczny i geotechniczny. Systemy wentylacji i bezpieczeństwa pracy.

7. Technologie wzbogacania i rafinacji rud ziem rzadkich. (2h)

Flotacja, separacja grawitacyjna, separacja magnetyczna. Ekstrakcja rozpuszczalnikowa, wymiana jonowa. Aspekty hydrometalurgiczne i pirometalurgiczne.

8. Aspekty środowiskowe i zarządzanie odpadami. (2h)

Odpady zawierające pierwiastki promieniotwórcze, np.: tor i uran. Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych. Monitorowanie jakości wód i powietrza w rejonie zakładów wydobywczych.

9. Geopolityka i rynek surowców krytycznych. (2h)

Dystrybucja zasobów, główni producenci i odbiorcy. Polityka surowcowa państw i strategie dywersyfikacji dostaw. Przykłady kryzysów surowcowych (embarga, ograniczenia eksportu).

10. Geomechanika a projektowanie nowych systemów wydobywczych. (2h)

Modelowanie numeryczne (MES, DEM) w projektowaniu systemów wydobywczych. Analiza stateczności i ryzyka skalnego podczas eksploatacji. Wpływ naprężeń szczątkowych i dyslokacji tektonicznych na proces wydobywczy.

11. Recykling i odzysk pierwiastków krytycznych. (2h)

Technologie recyklingu z zużytych urządzeń elektronicznych, np. magnesy neodymowe, baterie litowo-jonowe. Wytyczne dotyczące recyklingu w krajach UE i na świecie. Proekologiczne i ekonomiczne aspekty zamkniętych łańcuchów dostaw.

12. Substytucja i projektowanie materiałowe. (2h)

Przykłady ograniczania zużycia wybranych pierwiastków, np. dysprozu i europu. Poszukiwanie alternatywnych materiałów o zbliżonych właściwościach. Wpływ na przemysł elektroniczny i energetykę odnawialną.

13. Kierunki rozwoju eksploatacji surowców krytycznych. (2h)

Nowe projekty górnicze w Europie, Ameryce Północnej i Afryce. Górnictwo głębokomorskie (złoża na dnach oceanów). Potencjał eksploatacji kosmicznej (planetoidy, Księżyc - wizje przyszłości).

14. Wyzwania badawcze w geomechanice przy wydobyciu REE, RAW i CEM. (2h)

Najnowsze osiągnięcia i kierunki kontynuacji badań nad statecznością wyrobisk eksploatacyjnych. Metody *in-situ* i testy laboratoryjne skał w kontekście nowych typów złóż. Rola digitalizacji (Big Data, sztuczna inteligencja) w planowaniu górniczym.

15. Innowacje i przyszłość eksploatacji pierwiastków ziem rzadkich oraz krytycznych, również w kontekście technologii eksploatacji. (2h)

Automatyzacja i robotyzacja procesów górniczych. Zrównoważone technologie górnicze. Możliwości współpracy interdyscyplinarnej (geomechanika, chemia, inżynieria materiałowa, automatyka).

Wykład

- stacjonarne: 30 h
- niestacjonarne: 18 h

Liczba punktów ECTS: 2

Description:

Lecture

1. Introduction to the subject of critical raw materials and rare earth elements. (2h)

Definitions and criteria for criticality of raw materials. History and importance of REE, RAW and CEM. Discussion of major technological and economic applications. Geological characteristics of deposits of rare earth elements and critical metals.

2. Classification of rare earth elements (light and heavy). (2h)

Geological processes forming deposits of REE / RAW / CEM and critical raw materials, including: lithium, cobalt, tungsten and platinum.

3. Methods of exploration and evaluation of deposit quality in a geomechanical context. (2h)

Analysis of rock mass properties. Geophysics and exploration drilling. Resource assessment methods and rock mass stability analysis.

4. Deposit geomechanics - rock mass models and their application. (2h)

Models of strength and deformation of rock masses (Mohr-Coulomb, Hoek-Brown). Design of workings in difficult geological-mining conditions.

5. Methods of open-pit mining of deposits of critical elements. (2h)

Characteristics of open-pit mining systems. Evaluation of geotechnical conditions and parameters of slope angles- and slope properties. Examples of major open-pit REE, RAW and CEM extraction mines, e.g., Bayan Obo in China, Mount Weld in Australia.

6. Underground excavation methods and safety aspects. (2h)

Specifics of deep underground mining of elements and critical metals. Control of rock mass deformation, seismic and geotechnical monitoring. Ventilation and safety systems.

7. Enrichment and refining technologies for rare earth ores. (2h)

Flotation, gravity separation, magnetic separation. Solvent extraction, ion exchange. Hydrometallurgical and pyrometallurgical aspects.

8. Environmental aspects and waste management. (2h)

Waste containing radioactive elements, e.g.: thorium and uranium. Reclamation of post-mining areas. Monitoring of water and air quality in the area of mining sites.

9. Geopolitics and the market for critical raw materials. (2h)

Distribution of resources, major producers and consumers. Raw material policies of countries and supply diversification strategies. Examples of raw material crises (embargoes, export restrictions).

10. Geomechanics and the design of new exploitation systems. (2h)

Numerical modeling (FEA, DEM) in the design of mining systems. Stability and rock risk analysis during mining. Effects of residual stresses and tectonic dislocations on the mining process.

11. Recycling and recovery of critical elements. (2h)

Recycling technologies from waste electronic devices, e.g.: neodymium magnets, lithium-ion batteries. Recycling guidelines in EU countries and worldwide. Environmental and economic aspects of closed supply chains.

12. Substitution and material design. (2h)

Examples of reducing consumption of selected elements, e.g.: dysprosium and europium. Search for alternative materials with similar properties. Impact on electronics industry and renewable energy.

13. Directions of development of exploitation of critical raw materials. (2h)

New extraction projects in Europe, North America and Africa. Deep-sea mining (deposits on the bottoms of the oceans). The potential of space mining (asteroids, the Moon - visions of the future).

14. Research challenges in geomechanics in REE, RAW and CEM mining. (2h)

Recent developments directions for continuing research on stability of excavations. In-situ methods and laboratory testing of rocks in the context of new types of deposits. The role of digitalization (Big Data, artificial intelligence) in mining planning.

15. Innovation and the future of rare earth and critical earth element exploitation, including in the context of exploitation technology. (2h)

Automation and robotization of extraction processes. Sustainable mining technologies. Opportunities for interdisciplinary cooperation (geomechanics, chemistry, materials engineering, automation).

Lecture:

- full-time studies: 30 h
- part-time studies: 18 h

Number of ECTS credits: 2

Literatura:

1. Bajda, M., Gil, J.: „Zasoby i eksploatacja pierwiastków ziem rzadkich w Polsce”. Wydawnictwo AGH, Kraków 2021.
2. Bęben, A.: „Geomechanika górnicza w praktyce”. Wydawnictwo AGH, Kraków 2020.
3. Bolewski, A., Parafiniuk, J.: „Mineralogia i petrografia pierwiastków strategicznych”. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
4. Dziuba, Z.: „Projektowanie eksploatacji górniczej w trudnych warunkach geologicznych”. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2020.
5. Gawor, L., Kasza, P.: „Krytyczne surowce mineralne: występowanie, pozyskiwanie, zastosowanie”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2021.
6. Kaliski, M.: „Polityka surowcowa Unii Europejskiej a rynek metali krytycznych”. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2020.
7. Kamyk, Z.: „Wzbogacanie i rafinacja surowców mineralnych”. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 2018.
8. Kowal, M.: „Substytucja i recykling pierwiastków ziem rzadkich w przemyśle”. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2022.
9. Makowicz, T.: „Nowoczesne metody górnictwa głębinowego surowców strategicznych”. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2022.
10. Nowak, P.: „Zagrożenia środowiskowe w eksploatacji rud metali krytycznych”. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2019.
11. Petryński, K., Maciejewski, D.: „Metody hydrometalurgiczne w pozyskiwaniu REE”. Wydawnictwo AGH, Kraków 2021.
12. Piotrowski, W.: „Monitoring deformacji górotworu w kopalniach surowców krytycznych”. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2020.

13. Rogulski, J.: „Geopolityczne aspekty rynku pierwiastków strategicznych”. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2021.
14. Szymański, Z.: „Kontrola stabilności wyrobisk podziemnych w złożach pierwiastków ziem rzadkich”. Politechnika Śląska, Gliwice 2018.
15. Wiśniewski, L.: „Recykling metali krytycznych z odpadów elektronicznych”. Wydawnictwo Ekotech, Gdańsk 2022.

Bibliography:

1. Andrews-Speed, P.: “The Governance of Energy in China: Transition to a Low-Carbon Economy”. Palgrave Macmillan, London 2019.
2. BGS (British Geological Survey): “Rare Earth Elements: Mineral Profile”. BGS Publications, Keyworth 2020.
3. Christensen, J., Li, X., Tang, K.: “Rare Earths Industry: Technological, Economic, and Environmental Implications”. Elsevier, Amsterdam 2021.
4. Evans, D.: “A Practical Guide to Rock Mechanics”. CRC Press, Boca Raton 2019.
5. Garson, M., Geyer, R.: “Critical Metals Handbook”. Wiley, Chichester 2020.
6. Habashi, F.: “Textbook of Hydrometallurgy”. Metallurgie Extractive Québec, Quebec 2018.
7. Jha, A.: “Rare Earth Materials: Properties and Applications”. Springer, Cham 2019.
8. Kesler, S. E., Simon, A. C.: “Mineral Resources, Economics and the Environment”. Cambridge University Press, Cambridge 2021.
9. Li, D., Zhao, L.: “Geotechnical Engineering for Underground Mines”. Taylor & Francis, London 2022.
10. Linnen, R. L., Samson, I. M.: “Rare-Element Geochemistry and Mineral Deposits”. Geological Association of Canada, St. John’s 2018.
11. Lottermoser, B.: “Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts”. Springer, Berlin 2019.
12. Meyer, R., Bras, B.: “Process Design for Resource Efficiency in the Recycling of Critical Metals”. Elsevier, Amsterdam 2021.
13. Rumble, G.: “Global Geopolitics of Critical Raw Materials”. Routledge, New York 2020.
14. Shekhar, S., Yadav, G.: “Advanced Modeling of Underground Excavations and Rock Mechanics”. Taylor & Francis, London 2022.
15. Weng, Z., Mudd, G. M.: “Global Rare Earth Element Supply vs. Demand: Economic and Environmental Implications”. CRC Press, Boca Raton 2019.

Efekty uczenia się:

Wiedza: zna i rozumie podstawowe problemy współczesnej cywilizacji w odniesieniu do osiągnięć nauki i Techniki.

zna i rozumie podstawowe problemy współczesnej cywilizacji w odniesieniu do osiągnięć nauki i techniki

Umiejętności: potrafi samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie.

Kompetencje społeczne: jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu.

Learning outcomes:

Knowledge: knows and understands the basic problems of modern civilization in relation to the achievements of science and technology

Skills: is able to independently plan and implement his own lifelong learning

Social competence: is ready to critically evaluate the knowledge he possesses and the content he receives, to recognize the importance of knowledge in solving cognitive and practical problems, and to consult experts in case of difficulties in solving the problem independently.

Metody i kryteria oceniania:

Wykład

Zaliczenie w formie pisemnej w formie testu zawierającego pytania otwarte i/lub wielokrotnego wyboru
Kryterium zaliczenia: minimum 55% poprawnych odpowiedzi. Możliwość obniżenia progu 55% dla studentów aktywnie uczestniczących w zajęciach.

Assessment methods and assessment criteria:

Lecture

Written credit in the form of a test containing open-ended and/or multiple-choice questions Passing criterion: a minimum of 55% correct answers. The possibility of lowering the threshold of 55% for students actively participating in classes.

**Przynależność do grup przedmiotów w cyklach:
Element of course groups in various terms:**

Opis grupy przedmiotów Course group description	Cykl pocz. First term	Cykl końc. Last term
przedmioty obieralne studia stacjonarne i niestacjonarne stopień studiów - dowolny kierunek studiów - dowolny, semestr dowolny elective courses full-time and part-time studies degree - any field of study - any semester - any	2025/2026 aktualny w: 2026/2027	