

Kierunki eksploracji i eksploatacji złóż kopalin (kompatybilność z rozwojem inwestycji w OZE i magazyny energii)

Jan A. Stefanowicz

ZMIANY

Gospodarka, a w szczególności sektor energetyczny, wydobywczy i górnictwa, przechodzą okres gwałtownych i chaotycznych zmian. **Zmiany obejmują**, obok wymogów klimatycznych, **także zapotrzebowania na surowce mineralne**. W miejsce węgla, węglowodorów, coraz większe stają się zapotrzebowania na określone metale **oraz produkty sektora chemicznego, niezbędne do nowych technologii** wzbogacania, elektrolizy, produkcji urządzeń dla elektrowni wiatrowych, fotowoltaiki, agregatów prądotwórczych, wodnych, ciepłych czy elektrolizy w produkcji wodoru.

ZMIANY

W ciągu ostatnich 10 lat stopniowo następowały znaczące **globalne zmiany w zapotrzebowaniu na surowce mineralne**, w tym metale i surowce energetyczne.

Kluczowe trendy to dynamiczny wzrost popytu na minerały kluczowe dla transformacji energetycznej, OZE oraz postępujący spadek popytu na tradycyjne surowce energetyczne (węglowodory).

ZMIANY

Kierunek globalnej transformacji **wymusza konieczność redefiniowania kierunku poszukiwań i planowania rozpoznawania kopalin pod potrzeby zmieniającej się struktury gospodarki** i tym samym struktury bazy zasobowej kraju oraz planowania wydobycia w perspektywie 10-15 lat w powiązaniu z planowaniem w UE i krajowych strategiach.

To także wyzwanie dla przeprowadzenia przeglądu i badań, szczególnego reprocessingu posiadanych niepełnych danych geologicznych z lat 1960-1995, w tym rdzeni, dokumentacji otworów (wierceń) czy złóż w kat D-C2.

KIERUNEK

Rozpoznaje się również użyteczność nowych metali czy związków, jako katalizatorów.

Sztuczna inteligencja (AI) potrzebuje tysięcy serwerów, a serwery to dyski i karty pamięci.

Produkcja paneli fotowoltaicznych idzie już w miliony, a farm wiatrowych w dziesiątki tysięcy.

Na liście surowców krytycznych w USA, co istotne dla Polski, znalazły się m.in. miedź, srebro i ren. Bloomberang NEF szacuje, że do 2030 r. północnoamerykańska **produkcja akumulatorów wzrośnie siedmiokrotnie.**

KIERUNEK

Sektory elektromaszynowy, samochodowy, energetyki, informatyki, telekomunikacji, potrzebują nowych, nieodnawialnych surowców mineralnych, **co wymusza ich poszukiwanie, rozpoznanie, wzbogacanie, przetwarzanie**. Nasz kraj posiada w zasobach Ziemi nie w pełni rozpoznane takie dobra jak m.in. surowce krytyczne według standardów UE.

Są to głównie metale, ale też surowce chemiczne czy ciepło Ziemi, wreszcie przestrzeń, zarówno w górotworze jako obiekty wydobywcze, jak i kawerny projektowane w złożach soli na magazyny m.in. energii/wodoru.

WZROST POPYTU

Wzrost popytu na surowce mineralne napędzany jest przede wszystkim przez rozwój technologii czystej energii oraz AI. Chodzi tu głównie o produkcję i budowę:

- Pojazdów elektrycznych (EV), co napędza popyt na metale do produkcji baterii, takie jak **lit, nikiel, kobalt i grafit**. Popyt na lit wzrósł o około 30% tylko w 2023 r.,
- Odnawialnych źródeł energii: Rozbudowa infrastruktury turbin wiatrowych i fotowoltaicznej zwiększa zapotrzebowanie na **srebro, krzem, gal, ind, tellur** (panele), **neodym, miedź i aluminium**. Miedź jest kluczowa w systemach przesyłowych i okablowaniu, systemy energetyczne, przemysł i gospodarstwa domowe stają się bardziej zelektryfikowane i zarządzane przez AI.
- Magazynów energii, serwerów AI, które wymagają **litu, kobaltu i niklu**, a konkurują o środki surowcowe i finansowe z samochodami EV.
- Rośnie wykładniczo zapotrzebowanie na pierwiastki ziem rzadkich, takich jak np. **neodym**, które są niezbędne do produkcji magnesów trwałych w turbinach wiatrowych, silnikach EV i elektronice.

OBIEG ZAMKNIĘTY

Równolegle rozwija się **recykling elektroniki, jak i samochodów**, urządzeń gospodarstwa domowego. Spadnie tym samym koszt odzyskiwania metali **dzięki systemom czy wręcz zarządzaniu przez sztuczną inteligencję (AI)**. W niektórych krajach europejskich wzrost odzysku surowców z modułów fotowoltaicznych osiągnął w 2023 r. nawet 95%.

POTENCJAŁ

Surowce krytyczne niezbędne dla rozwoju odnawialnych źródeł surowców dla AI i magazynów energii to metale, w szczególności **miedź, srebro, pierwiastki ziem rzadkich oraz lit, nikiel i kobalt**. Popyt na te surowce rośnie wraz z zapotrzebowaniem na technologie czystej energii. Vincent Beiser w publikacji pt. „Wyścig o najważniejsze metale. Brudne oblicze czystej energii i cyfrowych technologii” zauważył, iż **będziemy potrzebować wykładniczo więcej akumulatorów nowych generacji żeby przeprowadzić transformację energetyczną**. Natomiast Katrina Kramer szacuje, że **ponad 5 miliardów osób na świecie posiada urządzenie przenośne zasilane aktualnie akumulatorem litowo-jonowym**.

ROLA AI

W korporacjach, przedsiębiorstwach przemysłu wydobywczego, oprogramowania i algorytmy sztucznej inteligencji, w tym uczenia maszynowego i LLM (Large Language Models), są coraz częściej wykorzystywane do optymalizacji procesów biznesowych, poprawy efektywności i podejmowania bardziej świadomych decyzji. Dotyczy to także geologii i górnictwa. AI, jej **algorytmy i modele językowe są dostosowywane do poszukiwań, rozpoznawania złóż i wspomagania tworzenia PRG i PZZ oraz PRZG.**

PRZYKŁADY

Produkcja **paneli słonecznych**, a w szczególności ogniw krzemowych, wymaga aktualnie podstawowych surowców, z których kluczowe to:

- Krzem: stanowi **główny materiał półprzewodnikowy w ogniwach fotowoltaicznych**. Chociaż krzem jest drugim najobficiej występującym pierwiastkiem w skorupie ziemskiej, jego czysta produkcja **wymaga wysokoenergetycznego procesu oczyszczania, aby uzyskać czysty krzem**;
- Srebro: wykorzystywane jest do tworzenia elektrod w różnych ogniwach. Jest to jeden z najbardziej krytycznych surowców ze względu na jego ograniczoną dostępność i wysokie koszty;
- Technologie cienkowarstwowe: **wykorzystywanie tlenku kadmu (CdO) lub selenek miedziowo-indowo-galowy (CIGS)**.

PRZYKŁADY

- W ogniwach cienkowarstwowych stosuje się również metale takie jak tellur, kadm, gal i ind;
- Jeżeli uwzględnić synergię zapotrzebowania surowcowego dla rozwoju OZE z wykładniczym rozwojem AI, największym konsumentem energii, to nawet szacowane dotychczas zapotrzebowania surowcowe wydają się niedoszacowane. **Oznacza to rywalizację zarówno globalną, jak i w ramach UE – konkurencja na rynku.**

Energia, czysty krzem i woda (chłodnicza) stają się i będą głównym źródłem wzrostu kosztów w sektorze wydobywczym.

Przyszłość to ogniwa tandemowe, tak przewiduje rynek.

PRZYSZŁOŚĆ

Perowskity – technologia z potencjałem wyprucia krzemu:

- Bardzo tania produkcja (drukowanie metodą atramentową, szerokie zastosowanie – elastyczność, lekkość, ultracienkość. Polska firma Saule Technologies jest światowym **pionierem w komercjalizacji drukowanych ogniw perowskitowych**;
- Ogniw tandemowe: Największą nadzieją jest **łączenie perowskitów z tradycyjnymi ogniwami krzemowymi**
- Ogniw typu N: zastępują starsze ogniw typu P (np. PERC);
- TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact): dobry współczynnik bifacjonalności, generowanie energii z obu stron – masowe przechodzenie;
- HJT (Heterojunction Technology – Heterozłącze): **wykorzystywanie łącznie monokrystaliczny krzem z cienkimi warstwami krzemu amorficznego.**



**Dziękuję za
uwagę**