

Żelazny Most – wyjątkowy obiekt w skali świata

KGHM Polska Miedź SA wydobywa 30 mln t rudy rocznie. W tym samym czasie do dolnośląskiego Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most kieruje ok. 28 mln t odpadów poflotacyjnych. Zadaniem OUOW jest ich gromadzenie oraz retencjonowanie i klarowanie wody technologicznej. Procesy te mają zaspokoić potrzeby hydrotransportu i gospodarki wodnej w obszarze hydrotechnicznego zagospodarowania wód kopalnianych. Płynny szlam transportowany jest do OUOW siecią rurociągów z trzech Zakładów Wzbogacania Rud (ZWR). Woda jest deponowana w czaszy, następnie klarowana w stawie osadowym i ponownie zawracana do procesu produkcyjnego prowadzonego w ZWR. Nadwyżki wody używanej w KGHM, dokładnie oczyszczone i nieszkodliwe dla środowiska, po oczyszczeniu w OUOW są kierowane do Odry.

Znaczenie obiektu

Obecnie Żelazny Most to jedyne miejsce, w którym składuje się i unieszkodliwia odpady poflotacyjne ze wszystkich kopalni należących do KGHM Polska Miedź SA. OUOW odgrywa więc kluczową rolę w produkcji koncentratu miedziowego, bez którego niemożliwe byłoby wytwarzanie samego surowca. Rozbudowanie obiektu o Kwaterę Południową zagwarantowało nie tylko zabezpieczenie potrzeb KGHM, ale przede wszystkim nieprzerwane utrzymanie obecnego poziomu wydobycia miedzi przez najbliższych kilkadziesiąt lat, co jest ważne dla gospodarki naszego państwa.

Obiekt hydrotechniczny

OUOW uznano za jeden z najlepiej zaprojektowanych, wzniesionych i monitorowanych obiektów hydrotechnicznych na świecie. Żelazny Most ze względu na utrzymywany w czaszy akwen ma status budowli hydrotechnicznej klasy I, będącej przykładem bezpiecznego i skutecznego gospodarowania odpadami. Jednocześnie OUOW to jeden z największych obiektów hydrotechnicznych na świecie.

Fazy rozbudowy obiektu:

- I (1974–1985) – budowa zapory wschodniej i zachodniej do rzędnej 134,50 m n.p.m. i pojemności 130 mln m³,
- II (1985–1995) – rozbudowa do rzędnej 150 m n.p.m. i pojemności 230 mln m³,

- III (1995–2016) – rozbudowa do rzędnej 180 m n.p.m. i pojemności 620 mln m³,
- IV (od 2016) – rozbudowa do rzędnej 195 m n.p.m. i planowanej pojemności ok. 960 mln m³.

Parametry techniczne OUOW (stan na kwiecień 2023 r.)

Obiekt główny:

- przewidywany czas eksploatacji: 1977–2042,
- maksymalna wysokość zapór: 80 m,
- objętość odpadów: 722 mln m³,
- średni roczny przyrost: 18 mln m³/r,
- długość zapór: 14,3 km,
- całkowita powierzchnia: 14,1 km²,
- powierzchnia czynna: 10,8 km²,
- powierzchnia plaż: 4,7 km²,
- powierzchnia akwenu: 6,7 km²,
- ilość wody procesowej: 0,5 mln m³/dzień,
- objętość wody w akwenu: 10 mln m³,
- odpady niezagęszczone: 1,12–1,15 g/cm³.

Kwatera Południowa:

- przewidywany czas eksploatacji: 2021–2042,
- maksymalna wysokość zapór: 40 m,
- całkowita długość zapór: 6 km,
- całkowita powierzchnia: 6,1 km²,
- odpady zagęszczone: średnie $\rho = 1,5 \text{ t/m}^3$.



Rozbudowa była szczególnie trudna ze względu na sytuację geologiczną i sejsmologiczną w tym rejonie. Jednak przy wsparciu międzynarodowych specjalistów udało się uniknąć wielu zagrożeń, które mogły wystąpić. Podczas analiz przyjmowano najbardziej krytyczne założenia dotyczące wpływu, jaki obiekt wywrze na środowisko i na odwrót. Prawdopodobnie dzięki temu na konferencji geotechnicznej w Seulu w 2023 r. wydano opinię, że OUOW Żelazny Most to najlepiej zaprojektowany, wykonany i monitorowany tego typu obiekt na świecie.

Deponowanie odpadów

Stosowana technologia namywu wykorzystuje zjawiska naturalnej segregacji i sedimentacji towarzyszące deponowaniu odpadów poflotacyjnych zrzucanych do wnętrza obiektu w rejonie zapór podwyższających w postaci mieszaniny wody (ok. 90%) i zmielonej skały, które transportowane są z ZWR do OUOW siecią ciśnieniowych, wielkośrednicowych rurociągów magistralnych.

W wyniku segregacji odpady gruboziarniste osadzają się w strefie przyzaporowej, tworząc plaże o szerokościach nawet do 700 m, a odpady drobnoziarniste spływają do akwenu, gdzie sedimentują, tworząc praktycznie nieprzepuszczalne dno.

Bezpieczeństwo

Ogromne rozmiary i stała rozbudowa obiektu sprawiają, że utrzymanie jego niezależnego, prawidłowego działania to wyzwanie. Konieczne jest szczegółowe monitorowanie wielu parametrów charakteryzujących procesy fizyczne zachodzące podczas eksploatacji. Ich obserwacja pozwala identyfikować niekorzystne zjawiska fizyczne, wskazujące na aktywność, która mogłaby zagrażać bezpieczeństwu Żelaznego Mostu. Zadanie utrudnia duże zróżnicowanie oraz zmienność miejscowych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Wciąż zmieniają się m.in. układ naprężeń, odkształceń, warunki filtracyjne oraz procesy środowiskowe spowodowane antropopresją.

Metoda obserwacyjna

Metodę tę stosuje się przy projektowaniu rozbudowy oraz eksploatacji obiektu. Pozwala lepiej rozłożyć środki, zwiększyć efektywność OUOW i znacząco zmniejszyć ryzyko popełnienia błędów, który ograniczyłoby zarówno trwałość, jak i bezpieczeństwo budowli. Przyjęty system monitoringu spełnia najwyższe światowe standardy. Ponad 16 tys. punktów pomiarowych dostarcza informacji na podstawie rozpoznania geologicznego, m.in. monitoringu geotechnicznego, hydrogeologicznego, sejsmicznego i środowiskowego. Dodatkowo zastosowano najnowsze metody badań *in situ*, pobór próbek NNS, monitoring geodezyjny GeoMos i laserowy skaner lotniczy LIDAR. Program Litos lokalizuje wstrząsy eksploatacyjne i ocenia ich energię w czasie rzeczywistym.

Systemy monitoringu

OUOW dysponuje monitoringiem badawczym oraz ostrzegawczym. Ten pierwszy ma na celu:

- weryfikację założeń, jakie przyjęto na etapie projektowania i identyfikacji,
- ocenę intensywności procesów rozwijających się na obszarze obiektu, w podłożu i najbliższym otoczeniu pod względem bezpieczeństwa, sprawności technicznej oraz oddziaływania na środowisko.

Natomiast monitoring ostrzegawczy służy wczesnemu wykrywaniu zjawisk, które wpływają lub będą mogły wpłynąć na zmniejszenie bezpieczeństwa Żelaznego Mostu.



Wpływ na środowisko

KGHM minimalizuje wpływ eksploatacji OUOW Żelazny Most na środowisko przez wprowadzenie kurtyn wodnych, które zapobiegają pyleniu. W ramach działań zapobiegających pyleniu stosowane są również bezpieczne dla środowiska preparaty wiążące wierzchnią warstwę odpadów. KGHM rozbudował też systemy drenażowe i rowy opaskowe u podstawy zapór oraz przeprowadził prace melioracyjne na bliższym i dalszym przedpolu zapory obiektu. W celu ograniczenia infiltracji wody nadosadowej do wód podziemnych zainstalowano barierę w postaci studni drenażu pionowego. Te działania przełożyły się na jakość wód powierzchniowych w otoczeniu Żelaznego Mostu – odpowiadają one najbardziej restrykcyjnym normom czystości.

Monitoring

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa, a także zapisami decyzji administracyjnych monitoring obejmuje:

- badanie wielkości opadu atmosferycznego w stacji meteorologicznej reprezentatywnej dla lokalizacji OUOW,
- badanie substancji i parametrów wskaźnikowych w wodach powierzchniowych, odciekowych i podziemnych z listy określonej w przepisach dotyczących kwalifikacji wód,
- pomiar poziomu wód podziemnych w otworach obserwacyjnych,
- kontrolę osiadania powierzchni OUOW na bazie ustalonych reperów,
- pomiar objętości wód odciekowych,
- pomiary powietrza atmosferycznego, gleby i roślin,
- kontrolę stanu zdrowotnego zwierząt gospodarskich,
- kontrolę zdrowia dzieci do 18. roku życia,
- monitoring sejsmiczny.

Kwatara Główna

Odpady gruboziarniste (z kopalni Lubin i Rudna) namywa się z koron zapór zewnętrznych i tworzy z nich plaże o łagodnym spadku w stronę centralnej części czaszy. Później służą do budowy zapór. Odpady drobnoziarniste (z Polkowic) są zrzucane do centralnej części obiektu. Po zagęszczeniu deponuje się je w centralnej części Kwatery Południowej. Ten system namywu sprawia, że do rozbudowy wystarczą niemal same odpady gruboziarniste z rejonu plaż, co jest równoznaczne ze zminimalizowaniem potrzeby dostarczania materiału z zewnątrz.

Kwatara Południowa

Bezpieczeństwo rozbudowy Kwatery Południowej i jej działania zapewnia nowa technologia deponowania odpadów. Metodę *upstream* (do środka) zamieniono na *downstream* (na zewnątrz), co znacznie zwiększa bezpieczeństwo obiektu.

Oprac. Redakcja, zdjęcia: KGHM Polska Miedź SA

Dlaczego Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most uchodzi za jeden z najlepiej zaprojektowanych i monitorowanych obiektów hydrotechnicznych na świecie?



**prof. dr hab. inż.
WALDEMAR ŚWIDZIŃSKI,
Instytut Budownictwa Wodnego
PAN w Gdańsku**

Odpowiedź na to pytanie wydaje się stosunkowo prosta. OUOW Żelazny Most jest obecnie jedynym miejscem deponowania odpadów poflotacyjnych jako produktu ubocznego produkcji miedzi dla całego KGHM Polska Miedź SA. Stanowi więc kluczowe ogniwo, bez którego produkcja ta byłaby wykluczona. Biorąc pod uwagę bardzo wysoki łączny wolumen produkowanej miedzi w KGHM, obiekt ten musi mieć zapewnioną odpowiednio dużą pojemność. Stąd jego rozmiary lokujące go w czołówce największych tego typu obiektów na świecie. Dodatkowo, skoro jest to jedyne miejsce, w którym odpady mogą być deponowane, musi on być w ciągłej rozbudowie, zachowując maksymalne warunki bezpieczeństwa. Rozbudowa tego obiektu odbywa się metodą do środka i ku górze, co oznacza, że nie potrzebujemy nowej powierzchni, a zwiększamy pojemność obiektu przez podnoszenie jego zapór zewnętrznych. Już praktycznie na samym początku eksploatacji OUOW przyjęto bardzo efektywny ekonomicznie sposób konstrukcji tych zapór, wykorzystując do tego gruboziarniste odpady odkładane wewnątrz obiektu, blisko wylotów instalacji namywającej odpady na plażach. Projektowanie kolejnych, wyższych obwałowań odbywa się metodą obserwacyjną, która zakłada projektowanie na podstawie wyników monitorowania zachowania się obiektu. Aby więc bezpiecznie podnosić zapory utrzymujące deponowane wewnątrz odpady, musimy mieć rozbudowany system monitoringu, który w przypadku OUOW Żelazny Most z uwagi na ilość i jakość zainstalowanej aparatury kontrolno-pomiarowej nie ma swojego odpowiednika nigdzie indziej na świecie. Jest to również skutkiem olbrzymich rozmiarów obiektu oraz wyjątkowej przestrzennej zmienności warunków geologicznych podłoża pod obiektem, będących rezultatem historycznych procesów naturalnych, które ukształtowały budowę geologiczną tego terenu w dalekiej przeszłości. Do tego dochodzi zmienność tych warunków spowodowanych wzrastającym obciążeniem wywołanym rosnącym ciężarem samego obiektu, którą musimy ciągle monitorować. I w końcu, odpowiadając na zadane pytanie, należy wyraźnie podkreślić, że dla takiej spółki jak KGHM Polska Miedź SA, globalnego gracza na światowym rynku metali nieżelaznych, bezpieczeństwo jest wartością najwyższą.



**dr inż. PAWEŁ STEFANEK,
główny inżynier, kierownik
Wydziału Bezpieczeństwa,
Monitoringu i Rozwoju OUOW,
KGHM Polska Miedź SA**

OUOW Żelazny Most to jeden z najlepiej monitorowanych obiektów tego typu na świecie. Wielopoziomowa kontrola, zastosowanie najnowocześniejszej technologii monitoringu, współpraca z wieloma środowiskami naukowymi z uczelni polskich i zagranicznych dają najwyższe możliwe gwarancje bezpieczeństwa. Od 1999 r. rozbudowa obiektu prowadzona jest z zastosowaniem metody obserwacyjnej. Monitoring dotyczy m.in. zjawisk filtracji oraz przemieszczeń poziomych i pionowych w korpusie zapory i w podłożu, aktywności parasejsmicznej i wybranych parametrów ekologicznych. Geodezyjna sieć obserwacyjna służąca do badań deformacji korony i przedpola zbiornika Żelazny Most składa się z ponad 1000 punktów pomiarowych, w jej skład wchodzi punkty kontrolowane, punkty automatycznego monitoringu, inklinometry, repery powierzchniowe i wgłębne, szczelinomierze.

Dla zapewnienia ciągłości składowania, bezpieczeństwa obiektu i jego otoczenia oraz szybkiego reagowania na zaistniałe sytuacje uruchomiono automatyczny system monitoringu geodezyjnego, który w połączeniu z siecią tradycyjnych punktów geodezyjnych stanowi w pełni zintegrowany system. Sieć ponad 2000 piezometrów oraz 400 przetworników ciśnienia zainstalowanych w zaporach i na przedpolu obiektu służy do obserwacji zmian poziomu i ciśnienia wody w osadach i podłożu.

Prowadzone są pomiary ilości wody odpływającej z poszczególnych węzłów drenażowych. Stałej kontroli i analizie podlega także ewentualny wpływ obiektu na otoczenie i środowisko naturalne. Systematyczne badania, prowadzone we współpracy z niezależnymi instytucjami, obejmują monitoring wód podziemnych, wód powierzchniowych, powietrza, hałasu, gleby, roślin konsumpcyjnych i paszowych, stanu zdrowotnego ludzi oraz zwierząt hodowlanych. Wyniki potwierdzają, że Żelazny Most prowadzony jest w sposób, który nie stwarza zagrożenia dla środowiska i spełnia wszystkie konieczne wymogi w zakresie ochrony środowiska.