

Józef Koszela

Geologiczno-inżynierskie uwarunkowania rekultywacji osadnika odpadów po wzbogacaniu rudy uranowej w Kowarach

Engineering geological aspects of the pond remediation of the uranium mills tailings in Kowary

Streszczenie: Praca przedstawia udział geologii inżynierskiej w całości prac rekultywacyjnych osadnika „Kowary”, zawierającego odpady ze wzbogacania rudy uranowej. Przedstawiono wymagania stawiane rekultywacji, konwencjonalne i niekonwencjonalne uwarunkowania geologiczne oraz przedstawiono pozageologiczne, głównie formalnoprawne problemy, wywierające istotny wpływ na prace geologiczne i przebieg rekultywacji. Zasadniczy wpływ na skuteczność techniczną i ekologiczną rekultywacji miały: budowa geologiczna podłoża, konstrukcja istniejących zapór ziemnych, jakość zgromadzonych odpadów, warunki hydrogeologiczne, „dziedzictwo” eksploatacji górniczej, dobór naturalnego materiału mineralnego pokrywy osadnika.

Słowa kluczowe: geologia inżynierska, składowisko odpadów, odpady ze wzbogacania rudy uranowej, rekultywacja

Abstract: The paper focuses on the engineering geological part of the remediation process completed several years ago in Kowary, where a tailings pond of low-radiation uranium wastes existed. The scope of the project is presented, specific geological situation and other formal requirements influencing geological works and remediation details. The following factors are identified as playing fundamental roles, both from the technical and ecological viewpoint: geological site situation, type of existing embankments of the pond, specific type of wastes, hydrogeology, mining “heritage” of the region, selection of the mineral material to be as a natural cover of the pond.

Key words: engineering geology, tailings pond, uranium mill tailings, remediation

Wprowadzenie

Rekultywacja osadnika „Kowary”, zawierającego niskoaktywne odpady ze wzbogacania rudy uranowej, jest pierwszym tego typu przedsięwzięciem w Europie zrealizowanym kompletnie: od badań poprzez projektowanie, do wykonawstwa. Osadnik „Kowary”, a także jego rekultywacja, pod wieloma względami ma charakter eksperymentu w skali przemysłowej. Eksperymentalny charakter miało w Polsce przedsięwzięcie wzbogacania rudy uranowej, eksperymentalny charakter miała budowa osadnika na nachylonym stoku, z rzeką u podnóża, na terenie krzyżujących się dwóch uskoków i możliwych wpływów podziemnej eksploatacji górniczej, prototypowy był również sposób rekultywacji osadnika z odpadami o konsystencji płynnej i półpłynnej, wykazującymi podwyższone promieniowanie jonizujące, i wreszcie – bezprecedensowe było praktyczne sprawdzenie funkcjonowania olbrzymiej liczby przepisów prawa przy rekultywacji tak nietypowego obiektu.

Celem niniejszego artykułu jest pokazanie na przykładzie osadnika „Kowary” znaczenia konwencjonalnych i niekonwencjonalnych uwarunkowań geologiczno-inżynierskich dla rekultywacji składowiska mokrych odpadów powstających w procesie wzbogacania rudy.

Historia osadnika

Pierwszą kopalnię rud uranowych w Polsce wybudowano w Kowarach na Dolnym Śląsku, w miejscu, gdzie okruszcowanie uranowe znane było już przed II wojną światową i gdzie od średniowiecza eksploatowano hydrotermalne rudy żelaza. W latach 1962–1964 na jej terenie wybudowano osadnik służący składowaniu mokrych odpadów z planowanego wzbogacania rudy ubogiej. Pierwotnie urobek bezpośrednio po wydobyciu sortowano na trzy grupy: rudę bogatą, rudę ubogą i skałę płonną. Rudę bogatą eksportowano do Związku Radzieckiego, a rudę ubogą, o zawartości uranu od 0,03 do 0,1%, i skałę płonną składowano na oddzielnych hałdach. Po rezygnacji z górnictwa uranowego rozpoczęto eksploatację i wzbogacanie ubogiej rudy zmagazynowanej na hałdach w Kowarach oraz dowiezionej z innych polskich kopalń, głównie z Radoniowa. Technologia wzbogacania rudy polegała na mieleniu jej, zadawaniu piroluzytem i wytrawianiu 5-procentowym kwasem H_2SO_4 , flotacji, wydzieleniu koncentratu uranowego i zrzuceniu odpadów ciekłych do stawu osadowego (osadnika). Przerobowi 1 T rudy towarzyszyło powstawanie 2,2 T niskoaktywnych odpadów (Grabas, 2006). Produkcja koncentratu uranowego trwała do 1969 r., tj. do wyczerpania się zasobów rudy. Następnie obiekty produkcyjne przekazano Politechnice Wrocławskiej, która zaadaptowała je najpierw do eksperymentalnego pozyskiwania metali ziem rzadkich z rud importowanych, a następnie do wyrobu elementów metalowych i produkcji nietypowych preparatów chemicznych. Każdy z tych procesów generował ciekłe odpady produkcyjne, które zrzucano do osadnika.

W 1999 r. osadnik całkowicie wyłączono z eksploatacji i podjęto działania w kierunku rekultywacji. Wykonano badania stanu środowiska, przeprowadzono badania chemiczne, biologiczne i radiologiczne zawartości osadnika i jego otoczenia, przeprowadzono badania geologiczno-inżynierskie podłoża osadnika i zawartości osadnika oraz materiału zapór (Koszela, Dzikowska, Koszela-Marek, 2000; Ossowski, Koszela, Koszela-Marek, 2000; Grabas, 2006). Zbadano także warunki górnicze, hydrogeologiczne, hydrologiczne i oceniono stan geotechniczny obiektu. Prace badawcze wykonano na Politechnice Wrocławskiej (Koszela, Dzikowska, Koszela-Marek, 2000; Ossowski, Koszela, Koszela-Marek, 2000; Brząkała, Koszela, 2002). Na podstawie uzyskanych wyników, kierując się wymaganiami docelowymi i przyjętą koncepcją rekultywacji, wykonano projekt techniczny rekultywacji osadnika (Brząkała, Koszela, 2002; Koszela i in., 2000; Grabas, 2006). Następnie, po zatwierdzeniu go, przystąpiono do prac terenowych. Kierownikiem całości badań i głównym projektantem rekultywacji był autor niniejszego artykułu. Generalnym wykonawcą terenowych prac rekultywacyjnych została niemiecka firma GEOS ImbH z Freibergu, która wygrała przetarg ogłoszony przez Unię Europejską na wniosek Politechniki Wrocławskiej. Rekultywację osadnika „KOWARY” zakończono w 2001 r.

Charakterystyka techniczna osadnika

Typ osadnika: budowla ziemna, nadpoziomowa, zboczowa (stokowa).

Rodzaj zapór (obwałowania): zaporą ziemno-kamienistą, w kształcie łuku, dwukrotnie nadbudowywana, częściowo podparta gabionowym murem oporowym.

Wysokość maksymalna zapór: 16 m.

Zajmowany obszar: 2,3 ha (staw osadowy wraz z zaporami).

Ilość odpadów: 300 tys. ton.

Materiał składowany: zawiesina wodna zmielonego gnejsu (frakcja pyłowa i piaszkowa) wraz z chemicznymi odczynnikami wzbogacania rudy i środkami alkalicznymi środowisko (głównie wapno), ścieki zawierające metale ciężkie oraz ścieki bytowe.

Stan fizyczny odpadów: słabo zagęszczony piasek i pył, muł o konsystencji płynnej i półpłynnej, woda nadosadowa.

Uszczelnienie osadnika: dno osadnika – glina zwietrzelinowa „in situ” nierówno rozprzestrzeniona oraz miejscami glina dostarczona z zewnątrz („głina obca”); podnóże zapory w części odwodnej – glina obca; wyższe partie zapory – zwietrzelinowy materiał skalno-gliniasty (zwietrzelina gnejsu i granitu), z przemieszką materiału mineralnego z „plaż” osadnika.

Zabezpieczenia techniczne: przelew wody nadosadowej z wyprowadzeniem jej do rzeki; gabionowy mur oporowy wybudowany u podnóża zapory zachodniej po powodzi w 1997 r. (w korycie rzeki Jedlicy); przypora ziemna zapory, wybudowana od strony zabudowy mieszkaniowej po katastrofie obsunięcia się części północnej zapory (początek lat 70. XX w.).

Wymagania rekultywacyjne

1. Zgodnie z art. 4, ust. 18 ustawy z dnia 3.02.1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. nr 16, poz.78 z późn. zm.) rekultywacja powinna wyeliminować dotychczasowe zagrożenia oraz przywrócić gruntom zdewastowanym wartości użytkowe lub przyrodnicze przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg.
2. Składowane odpady powinny pozostać w obrębie dotychczasowego składowiska.
3. Wprowadzane materiały budowlane nie powinny pogarszać stanu skażenia i bezpieczeństwa środowiska.
4. Czas trwania terenowych prac rekultywacyjnych nie może być rozciągnięty na kilka lat.
5. Podstawowymi skutkami rekultywacji powinny być:
 - trwała likwidacja wód nadosadowych,
 - eliminacja możliwości zatapiania się sprzętu i ludzi w błotnistym osadzie,
 - ograniczenie wysokości promieniowania jonizującego do poziomu tła,
 - usunięcie groźby występowania osuwisk w obrębie zapór i możliwości wydobycia odpadów poza składowisko,
 - rozproszenie radonu,
 - minimalizacja wpływu odpadów na środowisko wodne,
 - „wkomponowanie” składowiska w istniejący krajobraz.

Konwencjonalne rozpoznanie geologiczno-inżynierskie

Budowa geologiczna podłoża składowiska. Składowisko „Kowary” jest zlokalizowane na tektonicznej granicy dwóch jednostek: granitu karkonoskiego i jego metamorficznej osłony. Granica ta przebiega pod północną częścią składowiska i ma kierunek NE-SW. Oprócz tego wzdłuż osi rzeki Jedlicy przebiega „uskok Jedlicy”. Na krawędzi wschodniego skrzydła tego uskoku znajduje się podstawa najwyższej części zapory składowiska. Zarówno granit, jak i gnejs przykryte są kilkumetrową warstwą zwietrzliny, wykształconej w niższych partiach jako rumosz skalny, a w wyższych – bezpośrednio pod składowiskiem – jako glina zwietrzelinowa (okruchy i rumosz skalny z wypełnieniem gliniastym). Skały niezwierteżone cechują się stosunkowo silnym spękaniami, przy czym większość szczelin wypełniona jest materiałem ilastym (Koszela, Dżidowska, Koszela-Marek, Ossowski, 2000; Grabas, 2006).

Wody podziemne w rejonie składowiska nie są związane z jednym, ciągłym horyzontem wodonośnym. Położenie ich zwierciadła zmienia się, łatwo reaguje na powierzchniowe sploty wody i podlega lokalnym drenażom rzeki Jedlicy oraz podziemnych wyrobisk górniczych (Ossowski i in., 2001). Najistotniejszy z punktu widzenia geologii inżynierskiej jest drenaż w kierunku odpowietrznej strony zapór i rzeki Jedlicy (Brząkała, Koszela, 2002).

Geologiczno-inżynierska budowa składowiska

Dno składowiska: Dnem składowiska jest wyrównana pierwotna powierzchnia terenu, nachylona w kierunku zachodnim, ku rzece Jedlicy. Dno zbudowane jest w przewadze z gliniastej zwietrzliny skalnej, a tylko w niewielkiej części przykryte zostało gliną dowiezioną z zewnątrz („głina obca”). Maksymalna miąższość zwietrzliny i rumoszu wynosi 7 m. W składzie granulometrycznym ponad 70% stanowi materiał gliniasto-pyłasty. Udział frakcji kamienistej wynosi do 3%, a frakcji piaskowo-żwirowej (0,1 do 63 mm) ok. 20–25%.

Zapory: Najwyższą częścią zapór jest odcinek zachodni. W tym miejscu podstawę zapory stanowi wschodni brzeg rzeki Jedlicy. Budowa korpusu zapory jest niejednorodna. W dolnej części korpus wykonany jest z miejscowego materiału skalnego, to znaczy z gliniastej zwietrzliny skalnej, a w wyższych partiach ze zwietrzliny skalnej i rozkruszonej skały płonnej z domieszkami i przewarstwieniami drobnego materiału okrucowego, pochodzącego z „plaż” osadnika. Odwodna strona zapór pokryta jest nieciąglą warstwą gliny „obcej”. Niejednorodność materiału w zaporzach wiąże się z tym, że była ona dwukrotnie nadbudowywana.

Zawartość składowiska (odpad): Zasadniczą masę odpadu w składowisku stanowią rozkruszone i w różnym stopniu przerobione chemicznie skały rudonośne (głównie gnejs). Rozkład uziarnienia w niszy składowiska odpowiada zasadom sedymentacji grawitacyjnej w środowisku wodnym i układowi technicznemu miejsc zrzutu odpadu. Dominuje materiał o uziarnieniu pyłu i piasku (przeciętna średnica 0,2 mm). Występują też warstewki i przemieszki materiału ilastego, z zawartością substancji organicznych. Substancje organiczne pochodzą z procesu flotacji (jako odczynniki), ale też z odpadów bytowych. Oprócz tego materia organiczna pojawiła się wtórnie, jako efekt rozwoju mikroorganizmów (Grabas, 2006).

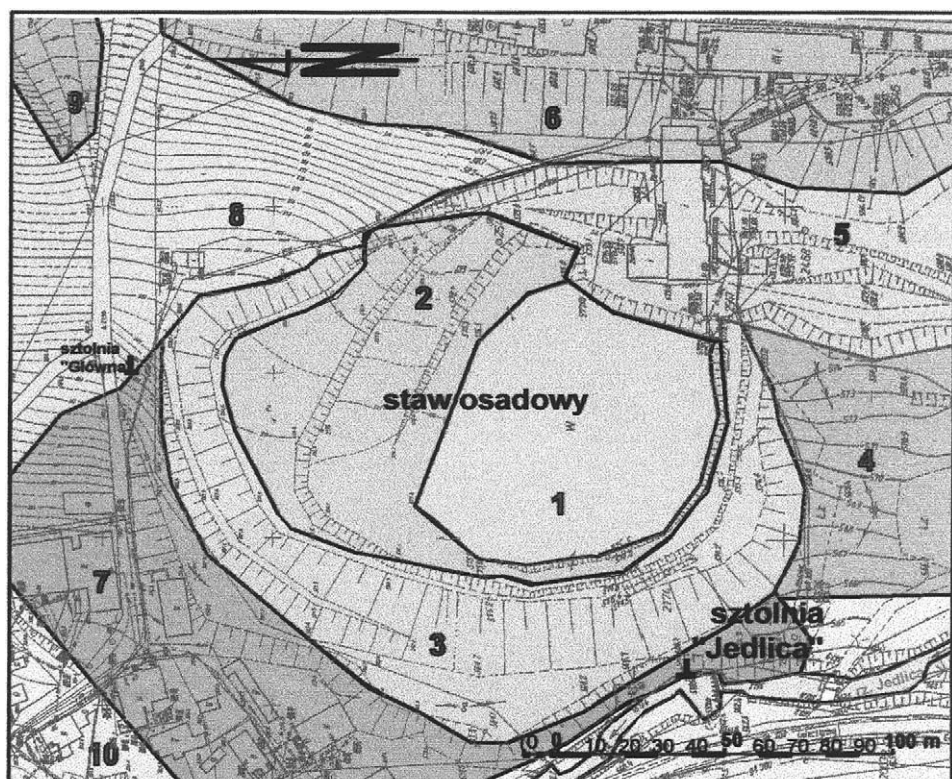
W stropie osadów, tam, gdzie znajdował się tzw. akwen z wodą nadosadową, występuje ciemna warstwa grubości do 0,5 m, wykazująca cechy namułu o konsystencji półpłynnej. Jest to osad związany z działalnością „posturanową”.

Wydzielenia (klasyfikacje) geologiczno-inżynierskie. Grunty stanowiące materiał budowlany zapór oraz grunty antropogeniczne, będące odpadem zgromadzonym w osadniku, sklasyfikowano według ich historii w osadniku (etapy budowy) i według cech fizyko-mechanicznych. Rozprzestrzenienie gruntów pokrywowych określono na podstawie kartowania geologiczno-inżynierskiego i przedstawiono je na mapie (ryc. 1).

Obecność różnorodnych substancji chemicznych mogła mieć wpływ na właściwości fizyko-mechaniczne gruntów antropogenicznych. Z uwagi jednak na brak odpowiednich metod badawczych, niezbędne do projektowania parametry geotechniczne oznaczano metodami standardowymi, przyjętymi w geologii inżynierskiej i w geotechnice.

Stopień skomplikowania budowy geologiczno-inżynierskiej pokazano na przykładowym przekroju (ryc. 2).

Ocenę aktualnych i przyszłych warunków wodnych w obrębie składowiska przeprowadzono w oparciu o badania przepuszczalności wodnej poszczególnych gruntów. Podstawowym parametrem oceny przepuszczalności był współczynnik



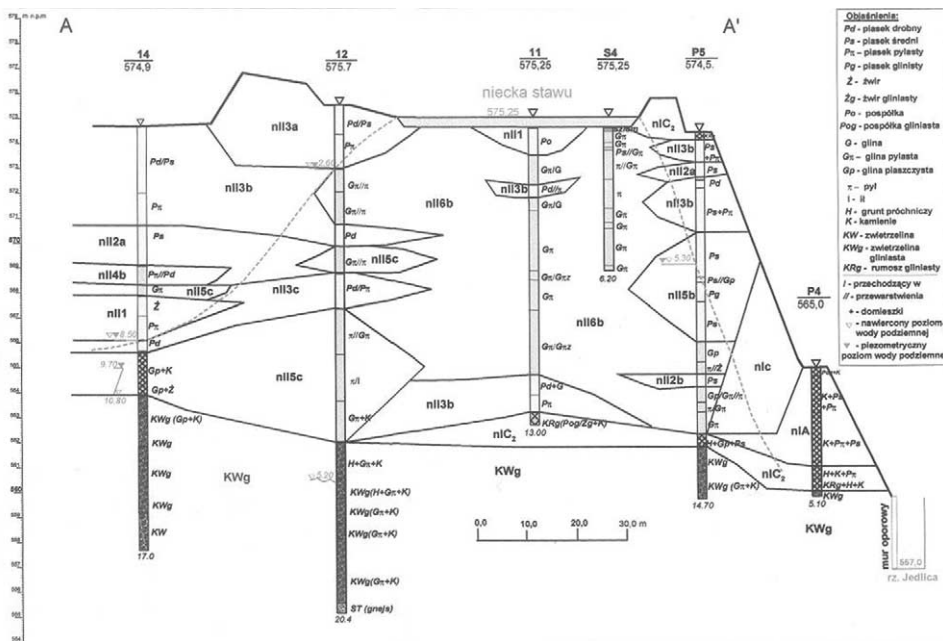
- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | osad z dekantacji ścieków przemysłowych (namuł), miąższość 2-20 cm | 6 | nasyp budowlany - pokopalniany teren zabudowany (gruz skalny, glina, kruszywo), miąższość do 15 m |
| 2 | odpad mineralny z przeróbki skał (namyty osad „plażowy”), miąższość do 12 m | 7 | nasyp niebudowlany przedpola zapory (zwierzelina gliniasta granitu i gnejsu), miąższość do 6 m |
| 3 | nasyp budowlany zapory ziemnej (gruz kamienny z glina), miąższość do 12 m | 8 | zwierzelina granitu (gruz kamienny, glina), miąższość do 4 m |
| 4 | nasyp niebudowlany - pozostałość zlikwidowanych hałd kopalnianych (gruz skalny), miąższość do 3 m | 9 | wychodnia granitu |
| 5 | mineralny nasyp niekontrolowany (gruz skalny, glina, cz. antropogeniczne), miąższość do 5 m | 10 | aluwia terasy zalewowej i nadzalewowej, miąższość do 5 m |

Ryc. 1. Mapa geologiczno-inżynierska rejonu osadnika „Kowary”

Fig. 1. Engineering geological map of the vicinity of the tailings pond “Kowary”

filtracji „k”. Bardzo ważna była przepuszczalność materiału gliniasto-skalnego. Charakteryzowała się ona współczynnikiem filtracji w przedziale $3,9 \cdot 10^{-5}$ do $6,1 \cdot 10^{-6}$ cm/s. Oprócz tego w zapory wbudowany jest również materiał piaszczysty z plaż, który tworzył uprzywilejowane kierunki migracji wody.

Z laboratoryjnych oznaczeń współczynników filtracji wynikało, że „szczelność” niecki osadnika jest przestrzennie bardzo zróżnicowana. Ten obraz jeszcze bardziej uległby komplikacji, gdyby udało się określić rolę spękań podłoża. Tymczasem dla



Ryc. 2. Przekrój geologiczno-inżynierski przez osadnik „Kowary”

Fig. 2. Engineering geological cross section of the tailings pond “Kowary”

celów bilansu wodnego i rekultywacji pożądany był wynik zgeneralizowany. Dlatego też wykonano terenowe badania przepuszczalności gruntów metodą zalewania otworów wiertniczych. Uzyskane wyniki przyjęto za miarodajne (Ossowski, Koszela, Koszela-Marek, 2001).

Omawiając problematykę hydrogeologiczną osadnika, warto zwrócić uwagę na mechaniczne znaczenie obecności substancji chemicznych. Wapno, na przykład, używane do alkalizacji środowiska osadnika, w połączeniu z kwasem siarkowym powodowało wytrącanie się siarczanu wapnia, czego efektem wtórnym była kolmatacja dna składowiska. Kwasy i ługi wprowadzane do osadnika powodują z reguły hydrolizę minerałów ilastych i skaleni, co, jak wskazuje praca Koszeli (2004), może mieć pozytywny wpływ na „szczelność” składowiska.

Niekonwencjonalne aspekty geologii inżynierskiej

Niekonwencjonalne zadania geologii inżynierskiej wynikały ze specjalnych oczekiwań projektantów rekultywacji. Badania geologiczno-inżynierskie, poza rutynowym zakresem, powinny być ukierunkowane na rozwiązanie następujących problemów:

- ustalenie kategorii geotechnicznej przedsięwzięcia,
- kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych na etapie prac rekultywacyjnych i po ich zakończeniu,

- relacja niejednorodności budowy geologicznej i stateczności zapór: bez ingerencji inżynierskiej, w czasie robót i po wprowadzeniu zmian związanych z rekultywacją,
- ocena podatności odpadów na konsolidację i tempa wydzielania się cieczy,
- wpływ pracy ciężkich maszyn na stan geotechniczny poszczególnych elementów składowiska,
- pozastandardowa interpretacja właściwości gruntów antropogenicznych, z uwzględnieniem zmian wywołanych rozwojem procesów biologicznych i technogennych, np. rozwój mikroorganizmów acidofilnych w odpadach, geotechniczny skutek pozostawienia samosiewnych roślin na zboczach zapór itp.,
- określenie występowania w podłożu nieudokumentowanych wyrobisk górniczych (wielowiekowe górnictwo) i ocena ewentualnych skutków geotechnicznych ich występowania,
- dobór skał jako materiału konstrukcyjnego warstwy pokrywowej osadnika (wypełnienie mineralne, tłużeń konstrukcyjny, warstwa izolacyjna, gleba), spełniających następujące kryteria: możliwie największe tłumienie promieniowania jonizującego, odporność fizyko-chemiczna, zapewnienie trwałej alkalizacji środowiska, granulacja dostosowana do innych materiałów i zadań (np. drenaż wody, zbieranie i rozpraszanie radonu), racjonalność zastosowania (optymalna ilość, dostępność na rynku, cena, odległość i możliwość dowozu),
- geologiczno-inżynierskie prognozy przekształceń środowiska spowodowane rekultywacją.

Dopiero po przeprowadzeniu kompleksowych prac geologiczno-inżynierskich (konwencjonalnych i niekonwencjonalnych) projektanci dysponowali wynikami, na podstawie których mogli opracować i wdrożyć techniczne rozwiązanie rekultywacji osadnika „Kowary” (Koszela i in., 2000). Jego ideę przedstawiono na rycinie 3.

Wśród geologiczno-inżynierskich warunków rekultywacji osadnika „Kowary” istotne znaczenie miały dopływy i odpływy wód podziemnych i powierzchniowych. Bazą projektową odwodnienia i drenażu stał się bilans wodny osadnika i ocena stateczności zapór. Z niej wynikały następujące zasadnicze ustalenia i wymagania:

- a) odwadnianie lateralne nie jest konieczne dla istniejącego osadu, ale jest niezbędne jako drenaż na brzegach pozbawionego wody nadosadowej, zasypywanego akwenu (stawu);
- b) na stropie osadów w akwenu (stawie) musi być zainstalowany drenaż wody wydzielającej się z osadu w wyniku konsolidacji;
- c) konieczne jest odprowadzanie na zewnątrz osadnika wód zbierających się na poziomym ekranie przeciwinfiltracyjnym;
- d) niezbędne jest odcięcie dopływu wód powierzchniowych na teren rekultywowanego osadnika;
- e) spływ wód opadowych z powierzchni osadnika powinien odbywać się w kierunku omijającym najwyższe części zapory zachodniej i południowej.

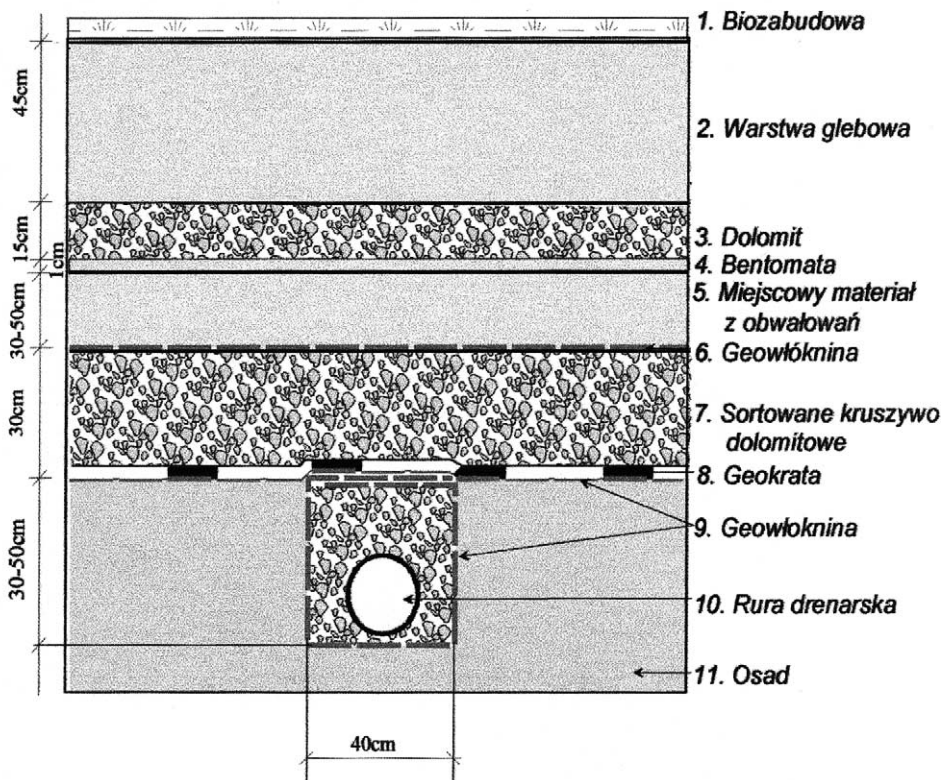
Problem (a) rozwiązano przez ułożenie okrężnej rury filtracyjnej z polietylenu w osłonie z geowłókniny i wyprowadzenie wody do studni zbiorczej usytuowanej na zewnątrz zapory, zaopatrzonej w zwrotnicę odpływu do lokalnej oczyszczalni ścieków lub do rzeki (w zależności od jakości wody).

Problem (b) rozwiązano przez zastosowanie ciągłej warstwy drenażowej z tłuczni dolomitowego, ułożonej na geowłókninie i na geokracie, z wyprowadzeniem wody do wspomnianej wyżej studni zbiorczej za pomocą kanału drenażowego, zbudowanego z rury drenażowej i tłuczni dolomitowego, w otulinie z geowłókniny. System jest niewrażliwy na osiadanie podłoża $< 0,40$ m.

Problem (c) rozwiązano przez zainstalowanie na powierzchni ekranu z bentomaty rurowych ciągów drenażowych, z ujściem do studni zbiorczej (jak wyżej).

Problem (d) rozwiązano za pomocą umocnionych rowów melioracyjnych, zbudowanych prostopadłe do kierunków napływu wody opadowej i płytkiej wody powierzchniowej, z odprowadzeniem wody kanałem otwartym do rzeki Jedlicy.

Problem (e) rozwiązano przez ukształtowanie powierzchni terenu, z dwustronnym nachyleniem do rowu biegnącego środkiem rekultywowanego stawu, z wyprowadzeniem wody rowem i przepustem pod południowo-wschodnią częścią zapory do rzeki.



Ryc. 3. Schemat ideowy pokrywy rekultywacyjnej osadnika „Kowary”

Fig. 3. General concept of the remediation cover of the tailings pond “Kowary”

Utrudnienia realizacyjne

Utrudnienia realizacyjne miały różny charakter. Najczęściej były to trudności formalnoprawne, z którymi uczestnicy procesu rekultywacji osadnika wcześniej się nie spotkali, albo nie byli ich świadomi. Okazało się, że pozamerytoryczne sprawy często mogą wybić się na plan pierwszy. Od rozwiązania tych problemów, które niestety jest czasochłonne, zależał kierunek dalszego postępowania, np. pozyskiwanie finansów, prowadzenie uzgodnień, zatwierdzanie dokumentacji i projektów itp. Do najważniejszych problemów, z którymi przyszło się uporać przy realizacji rekultywacji osadnika „Kowary”, zaliczyć należy:

1. Brak formalnych dowodów likwidacji kopalni „Wolność” oraz wykreślenia z właściwego rejestru jej „obszaru i terenu górniczego”, pomimo że kopalnię fizycznie dawno już zlikwidowano.
2. Nieuregulowane prawnie i nie kwestionowane dotychczas przez żadną ze stron stosunki własnościowe terenu lokalizacji składowiska (Politechnika Wrocławska, Urząd Miasta i Gminy Kowary, powiatowy rejestr gruntów).
3. Niejasny – w świetle przepisów prawa budowlanego – status składowiska, którego nie zamierza się budować, lecz które już istnieje i ma być rekultywowane; w szczególności trudna do rozstrzygnięcia była wątpliwość i wynikające z tego konsekwencje – czy osadnik jako składowisko jest „stałą budowlą hydrotechniczną”, czy „tymczasową budowlą hydrotechniczną”? (Rozp. MOŚZiL z dn. 20.12.1996, art. 4, p. 1., art. 28, ust. 2, p. 2, art. 34, ust. 1 i 2; Dz.U. 97.21.111).
4. Jaki status formalnoprawny mają składowane w osadniku odpady, czy są to odpady radioaktywne, odpady o podwyższonej radioaktywności, czy inne?
5. Czy zgromadzone odpady nie stanowią tzw. złoża wtórnego?
6. Dyskusyjne stanowisko co do procedury, jaką należy zachować przy wykonywaniu prac geologicznych.
7. Czy ze względu na podwyższone promieniowanie jonizujące geolodzy, ekipy wiertnicze i pracownicy fizyczni powinni mieć ograniczony czas pracy, kto o tym powinien decydować i jak zaplanować ewentualną rotację pracowników?
8. Czy badania laboratoryjne prób gruntów o podwyższonej radioaktywności mogą być wykonywane w laboratorium uczelnianym i jakiego typu ograniczenia powinno się wprowadzić?
9. Czy nie ma ograniczeń i specjalnych wymagań względem przechowywania i likwidacji próbek geologicznych?
10. Jak zakwalifikować formalnie mur oporowy, wybudowany po powodzi w 1997 r. dla ochrony zapory składowiska, usytuowany w obrębie brzegu koryta rzeki Jedlicy; czy jest to budowla wodna? Kto powinien ją konserwować i monitorować, zwłaszcza że przechodzi przez nią wylot sztolni odwodnieniowej z kopalni „Wolność”?
11. Czy w świetle przepisów o ochronie budowli hydrotechnicznych potrzebna jest odpowiednia decyzja dotycząca usunięcia drzew samosiewnych z zapory i z korony składowiska, poprzedzona operatem dendrologicznym? (ma to związek z p. 3).

12. Kto może, a kto ma obowiązek przejąć teren zrekultywowany i na kogo spada obowiązek prowadzenia monitoringu?
13. Komu powinny być przesyłane wyniki monitoringu oraz kto, w jakim trybie i na czyj koszt powinien reagować na negatywne wyniki monitoringu?

Wszystkie wymienione wyżej trudności zostały pokonane, a rekultywacja składowiska „Kowary” została zakończona pomyślnie, z zachowaniem planowanych terminów i bez przekraczania kosztów.

Uwagi końcowe

Omówione powyżej prace geologiczne należały do podstawowych „składowych” całego procesu rekultywacji. Osadnik „Kowary” został zrekultywowany kompletnie w 2001 r. Zastosowane rozwiązania sprawdziły się w praktyce, uzyskały pozytywne recenzje specjalistów krajowych i bardzo dobre opinie specjalistów z Unii Europejskiej. Za te rozwiązania autorzy przedsięwzięcia otrzymali w roku 2002 nagrodę Prezesa Rady Ministrów za wybitne krajowe osiągnięcia naukowo-techniczne.

Literatura

- Brząkała W., Koszela J., 2002. Geotechniczne aspekty rekultywacji stawu osadowego w Kowarach. *Geotechnika w budownictwie i górnictwie*. Ofic. Wyd. PWR, Wrocław, s. 229–243.
- Grabas K., 2006. Zagrożenia środowiska na terenach poeksploatacyjnych rud uranu oraz ich likwidacja. *Prace Nauk. IIOS PWR 79, Seria: Monografie 46*.
- Koszela J., 2004. Improvement of Soil Properties Applied to Capping and Multilayer Barriers. W: *The long term stabilization of uranium Mill tailings*. AN.IX, Intern. Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria, s. 233–247.
- Koszela J., Dzikowska K., Koszela-Marek E., Ossowski J., 2000. Ocena warunków geologiczno-inżynierskich osadnika odpadów po przeróbce rud uranowych w aspekcie rekultywacji. *Mat. Konf.: „Tereny zdegradowane – możliwości ich rekultywacji”*. AR Szczecin, s. 117–124.
- Koszela J. i in., 2000. Projekt wypełnienia niecki osadnika. Geobad, Wrocław (praca niepublikowana).
- Ossowski J., Koszela J., Koszela-Marek E., 2001. Wodoprzepuszczalność gruntów antropogenicznych w osadniku „Kowary”. *Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 2, s. 139–144.

