

SKŁADOWANIE ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W ZŁOŻACH SOLI

UKD 621.039.7:553.632

Wysady solne od końca lat pięćdziesiątych naszego stulecia są rozważane jako miejsca składowania odpadów promieniotwórczych. Zwrócono wówczas uwagę na fakt, że największe złoża soli nie zostały zniszczone przez ponad 200 mln lat od czasu ich powstania. W wyniku ponad 30 lat badań zyskaliśmy nie tyle gotowe rozwiązania, co raczej nowe pytania. W pracy przedstawiono zarys problematyki na podstawie doświadczeń kilkunastu państw, które opowiedziały się za tą koncepcją. Są to głównie państwa europejskiego basenu cechsztyńskiego.

Źródłem odpadów radioaktywnych jest nie tylko energetyka jądrowa, lecz także i inne gałęzie przemysłu. W składowiskach można również magazynować odpady toksyczne różnego pochodzenia.

W złożach soli rozważa się cztery metody ich składowania: w wyrobiskach górniczych, w wierceniach prowadzonych z wyrobisk górniczych, w głębokich wierceniach szerokośrednicowych i w komorach wylugowanych z wierceń.

W wyrobiskach składa się odpady w beczkach lub kontenerach; w otworach wiertniczych w odpowiednich pojemnikach w kształcie cygar. Do wylugowanych komór odpady ciekłe można wprowadzać bezpośrednio przez otwór wiertniczy (zmieszane z substancją zestalającą). Konstrukcja pojemników na odpady silnie aktywne to odrębny problem z dziedziny inżynierii materiałowej. Wybór soli jako składowiska to metoda bierna, w której główną barierą izolującą jest skała. Druga metoda — aktywna to składowisko, w którym bariera ma charakter techniczny. W wielu państwach analizuje się także przydatność skał ilastych i granitów.

W budowie składowisk w złożach soli najbardziej zaawansowane są Niemcy. W Morsleben znajduje się składowisko odziedziczone po byłej NRD. Od 1979 r. magazynuje się tam w starej kopalni beczki z odpadami

nisko i średnioaktywnymi. W Dolnej Saksonii w opuszczonej kopalni w Asse od lat sześćdziesiątych prowadzi się badania w następujących dziedzinach: geologia górnicza, hydrogeologia, właściwości mechaniczne skał, geotermia, migracja solanek, migracja radionuklidów. Koszt całości badań w cenach z 1985 r. ocenia się na 2,5 mld marek. Asse traktowane jest jako składowisko badawcze i tymczasowe, właściwe składowisko jest budowane w Gorleben (również Dolna Saksonia). W 1999 r. planowano otwarcie składowiska, lecz nie wiadomo, jak plany te zostaną zmodyfikowane w zjednoczonych Niemczech. Na marginesie burzliwej publicznej dyskusji na temat składowisk, jaka tam rozgorzała, stwierdzono, że społeczność naukowa musi ostrożnie dyskutować, gdyż opinia publiczna nie rozumie naukowej różnicy zdań i sądzi, że problem jest nie rozwiązany.

Poważne badania przeprowadzono w Danii. Z sześciu wysadów położonych w północnej Jutlandii wybrano wysad Mors, choć wysady Uglev, Vejrum, Monsted i Batum mogą być również przydatne. Część badań prowadzono równolegle przez grupy duńskie i zagraniczne (RFN, USA).

Złoża soli mogą mieć charakter pokładowy, sfałdowany (jak Wieliczka) lub wysadowy. W USA rozważano składowanie odpadów radioaktywnych w złożach pokładowych i w wysadach. Złoża pokładowe są znacznie bardziej stabilne. W Niemczech czy w Danii wybrano wysady z konieczności. W Polsce mamy możliwość wyboru ze względu na bogactwo złóż soli.

Wewnętrzna budowa wysadów jest bardzo skomplikowana, tak że niemożliwe jest pełne poznanie bez prac górniczych. W profilu cechsztynu w Polsce występują przewarstwienia soli potasowych i anhydrytu, które mogą stanowić poważne przeszkody w budowie składowiska. Istotne znaczenie ma współczesna aktywność wysadów.

W Polsce postglacjalne ruchy wysadów udokumentowano w Inowrocławiu i Górze. Kontrowersyjny jest problem niezależnych ruchów poszczególnych części wysadów. Ruchy takie mogły mieć miejsce w wysadach inowrocławskim i kłódzkim (7).

Największym problemem dla górników soli są zagrożenia wodne. Na cztery kopalnie z wyrobiskami górnictwem w soli, na Nizie Polskiej, dwie zostały zniszczone w wyniku katastrofalnego zalania — Inowrocław 1907 i Wapno 1977. W Niemczech zanotowano kilkadziesiąt takich przypadków (w tym wiele szybów zalanych jeszcze w czasie drążenia). Dlatego w Gorleben, aby uniknąć katastrofy, wybrano metodę mrożenia szybów, co wybitnie podnosi koszty. Dlatego też, rozpoznanie warunków hydrogeologicznych jest sprawą szczególnej wagi.

Dokładne rozpoznanie budowy złoża jest niemożliwe bez wielu wierceń i prac górniczych, a to — jak uważamy — wyklucza możliwość wykorzystania wysadu jako zbiornika. Tak więc, dobrze zbadane wysady Inowrocławia i Kłodawy należy traktować jako analogię i sądzić, że w innych wysadach napotkamy podobne problemy, takie jak:

- wewnętrzną komplikację tektoniczną, aż do odrębnie sfałdowanych części wysadów,
- współczesne, postglacjalne ruchy wysadów,
- wyrzuty gazów,
- sole potasowe, które są bardziej mobilne niż kamienne,
- spękania (bardziej kruchego niż sól) anhydrytu, które mogą być drogami migracji cieczy.

W przypadku zastosowania wyrobisk w wysadach solnych jako zbiorników produktów naftowych należy liczyć się z tymi samymi problemami co w przypadku zbiorników odpadów promieniotwórczych, jednak traktowanymi bardziej permissywnie.

Powszechnie przyjmuje się, że powyżej 200°C sól (halit) nabiera właściwości plastycznych, jednak właściwości soli zmieniają się zależnie od stopnia czystości (domieszki), rozmiarów kryształów, zawartości wody i okresu geologicznego. Woda znacznie ułatwia deformację soli. Właściwości innych minerałów, szczególnie soli potasowych są bardziej niekorzystne niż halitu, tzn. przeważnie łatwiej się one uplastyczniają.

W ostatnich latach przeprowadzono wiele badań nad solą ze względu na jej przydatność dla składowisk, przy czym należy podkreślić, że wyniki doświadczeń są prawdziwe tylko dla formacji, z których pochodziły próbki.

Najbardziej restryktywne zalecenia żądają, aby temperatura kontaktu zbiornika odpadów i soli kamiennej nie przekraczała 100°C, a dla karnalitu 75°C (2). Część odpadów wydzielających dużą ilość ciepła trzeba więc będzie składować tymczasowo (w celu schłodzenia) przed ostatecznym złożeniem w soli.

Istotne znaczenie ma przewodność cieplna soli. Uważa się, że jeżeli maksymalny wzrost temperatury przy ścianie opakowania z odpadami radioaktywnymi wyniesie 10°C, to w odległości 15 m od zbiornika wzrost temperatury w ciągu 1000 lat nie przekroczy 10°C. Ciepło wydzielane przez zbiornik z odpadami promieniotwórczymi ma także pozytywne znaczenie. Oczekuje się, że zbiornik będzie się powoli pogrążał w głąb złoża. W zależności od przyjętego modelu (zbiornik kulisty, cylindryczny, elisoidalny) otrzymano prędkości opadania pojemnika od 0,21–3,5 m/1000 lat (1).

Od czasów pierwszych amerykańskich badań nad

przydatnością złóż soli do składowania odpadów promieniotwórczych znany jest problem jaki stanowi obecność inkluzji faz ciekłych lub gazowych (1) w soli. W trakcie jednego z doświadczeń blok soli, ogrzany do 400°C, eksplodował. Było to spowodowane obecnością w soli gazowo-ciekłych wrostków (inkluzji), które stanowiły do 0,2% wagi skały. Powyżej 250°C ciśnienie solanki w inkluzji powoduje pękanie skały. Inkluzje były przedmiotem licznych badań. Stwierdzono, że migrują one w kierunku zbiornika substancji promieniotwórczej, wydzielającego ciepło, z prędkością 1 m/100 lat. Solanka zawarta w inkluzji atakuje ścianki zbiornika, działając silnie korozyjnie.

Obecność inkluzji i ich właściwości powodują wiele kontrowersji wokół wykorzystania złóż soli dla celów składowisk. Dyskutowane poglądy dają się streścić w dwu przeciwstawnych, ekstremalnych opiniach:

1. Obecność inkluzji wyklucza możliwość składowania odpadów promieniotwórczych w solach. Aktywny chemicznie roztwór w inkluzji może w polu termicznym przemieszczać się z prędkością ponad 5 mm/r. przy 260°C. Ponieważ na prędkość migracji wpływa zbyt wiele czynników niedostatecznie zbadanych oraz ze względu na obecność wody w formach innych niż inkluzje, nie można stworzyć odpowiedniego modelu teoretycznego wpływu pojemników z odpadami na sytuację w złożu. Składowanie odpadów radioaktywnych w złożu solnym może spowodować znaczne skażenie wód podziemnych (6).

2. Obecność inkluzji jest praktycznie bez znaczenia przy odpowiedniej konstrukcji pojemników (1).

Składowisko odpadów promieniotwórczych powinno spełniać następujące warunki (3):

- miejsce musi być dostatecznie duże dla systemu składowania i ma zapewniać odpowiednią objętość skał buforowych oraz odpowiedni obszar na powierzchni;
- składowisko powinno być zlokalizowane w środowisku geologicznym, o odpowiedniej dla danych odpadów litologii i głębokości;
- składowisko powinno być oddzielone od obiegu wód podziemnych;
- fizykochemiczne i geochemiczne właściwości otoczenia powinny ograniczać transport radionuklidów;
- składowisko powinno być zlokalizowane w obszarze o małej aktywności tektonicznej i sejsmicznej;
- przy wyborze lokalizacji należy brać pod uwagę antropogeniczne i naturalne zjawiska mogące wywołać niestabilność składowiska;
- należy rozważyć cenne złoża w otoczeniu składowiska, obecne i potencjalne, które mogłyby być przedmiotem eksploatacji;
- należy rozważyć zjawiska powierzchniowe mogące mieć wpływ na składowisko (niestabilne warunki geomorfologiczne, klimat i in.).

Zwraca się także uwagę na kompleksowość zagadnienia przy wyborze lokalizacji i inne kryteria, jak np. gęstość zaludnienia. Ze względu na ich ogólny charakter powyższe warunki należy traktować jako konieczne, lecz niedostateczne.

Szczegółowe kryteria dla wysadów (4) są następujące:

- wysad powinien mieć odpowiednią powierzchnię (co najmniej 7 km² na głębokości 600 m);
- sól nie może występować głębiej niż około 1000 m;
- wysad musi być strukturą stabilną; dla odpadów wysokoaktywnych i transuranowych należy zapewnić stabilność na 250 000 lat, a więc zbadać stabilność wysadu w ciągu ostatnich 250 000 lat;

— stabilność hydrogeologiczna musi być zapewniona w tym samym okresie co strukturalna;

— obecność złóż przewidzianych do eksploatacji lub eksploatacja wysadu w przeszłości wykluczają użycie go jako składowiska.

W Polsce, w wyniku analizy złóż soli pod kątem ich przydatności dla składowania odpadów promieniotwórczych, jako optymalne, z geologicznego punktu widzenia, wybrano złoża pokładowe w okolicach Łeby i Zatoki Puckiej oraz niektóre wysady. Ponieważ uzyskanie wiarygodnych wyników takich analiz musi trwać wiele lat, wydaje się celowe kontynuowanie badań już zapoczątkowanych w Państwowym Instytucie Geologicznym.

L I T E R A T U R A

1. Disposal of High-Level Waste from Nuclear Power Plants in Denmark. Salt Dome Investigation. Rep. Prep. by ELSAM and ELKRAFT, 1981.
2. H e r r m a n n A.G. — Z. Dt. Geol. Ges., 1980 vol. 131 s. 433—459.
3. IAEA safety series, 1983 nr 60.
4. K r e i t l e r C.W. — The university of Texas at Austin. Geological Circular 1980 nr 80—5.
5. R o e d d e r E. — Acta Geol. Pol., 1982 vol. 32 s. 109—133.
6. T a r k a R. — Bull. Acad. Pol. Sci., Earth Sci., w druku.