

Microbial Aspects of HLW Repository

Ing. Petr Polívka, Centrum výzkumu Řež, petr.polivka@cvrez.cz

Mgr. Alena Ševců, PhD., Technická Univerzita Liberec, alena.sevcu@tul.cz

Abstract

A high level waste (HLW) includes the highly radioactive materials produced as a byproduct of the reactions that occur inside nuclear reactors. HLW is possible divided on spent fuel when it is accepted for disposal and material remaining if is spent fuel reprocessed. HLW are concluded into canister for final disposal into deep geological repository for a long time, at least 100 000 years. To achieve a mechanically and chemically resistant container, is it necessary to quantify influence of microorganisms in environment of a repository.

Key words: HLW, DGR, repository, microorganisms, degradation, corrosion, radioactive waste

Úvod

Již od začátku využívání jaderné energie se předpokládá, že pro uložení spotřebovaného jaderného paliva a vysoce aktivního odpadu (HLW) bude nejvhodnější varianta ukládání v podzemních vrstvách. Z tohoto důvodu se proto stalo nejvhodnějším místem pro uložení HLW hlubinné geologické úložiště (DGR). HLW budou uzavřeny do kontejneru z oceli nebo mědi (což je koncept severských států FIN, S) a v galeriích budou orientovány horizontálně nebo vertikálně. Kontejnery budou buď obklopeny inženýrskými bariérami, kterou tvoří bobtnající bentonity obvykle v granitovém prostředí nebo budou umístěny přímo do mocné vrstvy (stovky m) jílové horniny. Bariérové systémy (EBS) jsou sestavené z kombinace kovových materiálů a jílových bariér, které jsou navrhovány s hlediskem pro funkci celého systému. Při selhání kontejneru nahrazuje jeho schopnost výplňový materiál. EBS jsou v dlouhém časovém horizontu náchylné k poškození. Tento projekt se zabývá aspekty zaměřenými na mikrobiální vlivy.

Vysoceaktivní aktivní odpady

Na HLW umístěné v kontejneru v úložišti působí řada faktorů. Pokud se uvažuje možná mikrobiální kontaminace, jsou pro hodnocení bezpečnosti důležité tyto procesy:

- koroze kovů
- illitizace, transformace smektitových jílu na illit
- degradace betonu.

Koroze nakonec způsobí, že u kanystru dojde k porušení, což povede k uvolnění radionuklidů. Illitizace následně změní bobtnání jílového bufferu, což může výrazně snížit funkci bariéry. Degradace betonu může předčasně destabilizovat uzávěr a systémem těsnění betonových konstrukcí. Mikrobiální činnost může ovlivnit rychlost procesů v každé složce systému bariér, a tak ve výsledku ovlivnit funkci úložiště. V této části se výzkum zaměří na mikrobiální korozi materiálu z uhlíkové oceli určenou pro kontejner.

Experimentální zaměření

Na základě konceptů ukládání byly vybrány reprezentativní materiály pro kontejner z uhlíkové a nerezové oceli, u kterých bude sledována rychlost koroze v různých podmínkách. Budou požitý odebrané podzemní vody, ale i inokulované vody s obsahem sulfát (SRB) a železo (IRB) redukující bakterií, které nejvíce ovlivňují probíhající procesy. Dále bude testováno v prostředí chudých vod a vod zcela bez přítomnosti živých bakterií. Ve vodách po sterilizaci se budou sledovat stejné procesy jako ve vodách s bakteriemi. Provedení bude probíhat v striktně anaerobním prostředí za přítomnosti velmi

nízké koncentrace zbytkového kyslíku ($C(O_2) < 1 \text{ ppm}$), tj. v silně redukčním prostředí ($E_h < -350 \text{ mV}$). Mnoho mikroorganismů využívá efektivně vodík, vznikající během koroze, jako donor elektronů mimo jiné pro tvorbu sulfanu a acetátu. Za přítomnosti vodíku se předpokládá urychlení anaerobní koroze železa a sulfidů. Mikrobiální korozní produkty jsou silně korozivní pro ocel (ale i pro měď). Komunity mikroorganismů budou analyzovány pomocí fluorescenční mikroskopie. Ramanovou spektroskopií budou charakterizovány korozní produkty železa.

Hlavní otázky

Řešení klíčové otázky pro geologického ukládání HLW se týká faktorů ovlivňující tvorbu sulfidů v geosféře, včetně uměle vnesených látek a mikroorganismů při konstrukci úložiště, a to do jaké míry mohou mikroorganismy (SRB a IRB) urychlit korozi kanystru v blízkém poli, buď tvorbou vodíku nebo díky přítomnosti sulfidů. Dále je důležité určit podmínky v prostředí (včetně hustoty bufferu), za kterých příslušné bentonity inhibují mikrobiální aktivitu a pochopit, zda mikroorganismy mohou urychlit degradaci bufferů na bázi bentonitů a jaký mají vliv na dlouhodobé chování a těsnění systémů. Dále má být charakterizován vliv mikrobiální aktivity na dlouhodobém období na vlastnosti bentonitu a těsnění systémů v konkrétní koncepci geologického ukládání. Je také potřeba získat systematické informace o účinnosti konkrétních bentonitových bufferů a jejich vlastnosti (hustota, pH, tlak) a inhibici mikrobiální aktivity.

Zhodnocení a závěr

Cílem projektu MIND je získat bližší informace o procesech a aspektech vlivů mikroorganismů na vysoce radioaktivní odpadu a spotřebované palivo při geologickém ukládání. Klíčovou otázkou je proto pochopení, do jaké míry mohou mikroorganismy urychlit korozi kontejneru v blízkém poli. Tato problematika úzce souvisí s řešením, které se týká podmínek v bufferech a zde možný rozvoj mikrobiální aktivity.

Výsledky experimentů jsou zaměřeny na identifikaci a kvantifikování mikrobiálních vlivů, které mohou být použity v evropském měřítku pro budovaná úložiště. Výstupy mají přispět ke kritickému zhodnocení potenciálních mikrobiálních procesů probíhajících na kanystru, bufferu, těsnění a zátce v HLW v systému DGR.

Literatura

[1] Libert M., Schutz M. A., Esnault L., Féron D., Bildstein O. Impact of microbial activity on the radioactive waste disposal: long term prediction of biocorrosion processes. *Biochemistry* 97 (2014) 162-168.

WEBS: www.skb.se, www.posiva.fi, www.surao.cz

Poděkování

This project has received funding from the *Euratom research and training programme 2014-2018* under grant agreement No 661880.

Tato práce vznikla za finanční podpory projektu SUSEN CZ.1.05/2.1.00/03.0108, který je realizován v rámci Evropského fondu regionálního rozvoje (ERDF).